



2º Simpósio de Engenharia Ambiental e Sanitária

Caderno de artigos completos

Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 20 de outubro 2019.

Comitê Científico

| Nome | Instituição |
|---------------------------------|-----------------|
| ALAN GOMES MENDONÇA | UNIR |
| ALINE DOS SANTOS BETIOLO | UNIR |
| ALYNE FOSCHIANI HELBEL | MP/RO -UNIR |
| ANA LÚCIA DENARDIN DA ROSA | UNIR |
| ANA PAULA ALVES GONÇALVES | IFRO |
| DANSTIN NASCIMENTO LIMA | UNIR |
| DECAUITA POLIANA P. DA SILVA | UNIR |
| DOUGLAS SILVÉRIO GOMES | SEDAM/RO - UNIR |
| ELISABETE LOURDES DO NASCIMENTO | UNIR |
| ETIENNE OLIVEIRA SILVA | ICMBio - UNIR |
| FABRÍCIA MARTINS SILVA | UNIR |
| IRIZÁDINA MARIA DA S. BANDEIRA | CAERD –UNIR |
| JOÃO PAULO PAPAEO C. MOREIRA | SEDAM/RO - UNIR |
| JOSILENA DE JESUS LAUREANO | UNIR |
| KARINE LUNA CAVALHEIRO | UNIR |
| LÍDIA BRUNA TELES GONZAGA | UNIR |
| MAYK DA SILVA SALES | UNIR |
| PRISCILA LUSTOSA | UNIR |
| ROBSON ALVES DE OLIVEIRA | UNIR |
| RODRIGO MOREIRA MARTINS | UNIR |
| TATHYANA RODRIGUES L. ROCHA | UNIR |
| THALITTA SILVA COTA | UNIR |

UNIR - Universidade Federal de Rondônia

IFRO - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

SEDAM/RO – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental/ Rondônia

MP/RO – Ministério Público do Estado de Rondônia

CAERD - Companhia De Águas E Esgotos De Rondônia

ICMBio- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)

ÁGUA SUBTERRÂNEA EM RONDÔNIA: USOS E CAPTAÇÕES DAS QUATRO MAIORES CIDADES DO ESTADO.

GROUNDWATER IN RONDONIA: USES AND ABSTRACTIONS OF THE FOUR LARGEST CITIES IN THE STATE.

¹Luis Carlos da Costa Junior, ¹Raissa Fonseca Ferreira, ²Mikelle Perboni Gutierrez

¹*Faculdade Panamericana de Ji-paraná – UNIJIPA*

²*Faculdade Panamericana de Ji-paraná – UNIJIPA*

*Autor correspondente: e-mail: luisjunior1998.lj@gmail.com

RESUMO

As alterações das condições naturais das águas podem ser avaliadas conforme o tipo de uso em consuntivo e não consuntivo. As reservas de águas subterrâneas, são limitadas e dependem da situação atual de exploração dos aquíferos. As agências, órgãos, secretarias e usuários estaduais de águas subterrâneas utilizam a plataforma do SIAGAS como base nacional compartilhada para difusão de dados desse recurso. O objetivo deste trabalho foi verificar os usos e captações da água subterrânea dos maiores municípios de Rondônia, através do SIAGAS. Rondônia apresenta 2.935 poços registrados. O maior número de registros são os poços tubulares, porém há uma grande quantidade de poços definidos como desconhecidos pelo sistema. Quanto ao uso, os poços são classificados em sua maioria como Outros, seguido pelo uso urbano e industrial. A Situação de funcionamento dos poços, em sua maioria são desconhecidos, ou está definido como Outros. Não há clareza ou conhecimento da situação real de exploração dos aquíferos do estado de Rondônia. Apesar das limitações do SIAGAS, a plataforma é uma importante ferramenta de gestão das águas subterrâneas.

Palavras chaves: Poços, hidrogeologia, SIAGAS.

ABSTRACT

Changes in the natural conditions of the waters can be evaluated according to the type of consumptive and non-consumptive use. Groundwater reserves are limited and depend on the current state of aquifer exploitation. State agencies, agencies, secretariats and groundwater users use the SIAGAS platform as a shared national base for disseminating data from this resource. The objective of this work was to verify the groundwater uses and abstractions of the largest municipalities of Rondônia, through SIAGAS. Rondônia has 2.935 registered wells. The largest number of records are tubular wells, but there are a large number of wells defined as unknown by the system. As for use, the wells are mostly classified as Other, followed by urban and industrial use. The operating status of the wells is mostly unknown, or is set to Other. There is no clarity or knowledge of the actual exploitation situation of the aquifers of the state of Rondônia. Despite the limitations of SIAGAS, the platform is an important groundwater management tool.

Keywords: Wells, hydrogeology, SIAGAS.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado de mananciais superficiais e subterrâneos, abrangendo aproximadamente 14% das águas doces do Planeta Terra [3].

O país possui uma reserva de águas subterrâneas estimada em cerca de 112.000 km³, considerando uma profundidade de até 1.000 metros, com um volume de recarga de 3.500 km³ anuais [7].

A distribuição da água no país ocorre de maneira desigual, onde a classificação é feita por regiões de acordo com a disponibilidade hídrica per capita m³ /habitantes/ano sendo as regiões classificadas em Abundante, Muito Rico, Rico, Pobres e Crítica.

O estado de Rondônia é classificado como abundante [1], recebe essa classificação por contar com bons mananciais subterrâneos, em particular o sistema aquífero Parecis classificado como um aquífero poroso.

No que tange sobre as informações das águas subterrâneas, os órgãos gestores estaduais, Secretarias dos Governos Estaduais, Agência Nacional de Águas e Usuários dos Recursos Hídricos Subterrâneos, utilizam a plataforma digital do SIAGAS como base nacional compartilhada para armazenagem, manuseio, intercâmbio e difusão de dados desse recurso [11].

Destaca-se que qualquer atividade humana que altere as condições naturais das águas é considerada um tipo de uso. Cada tipo de uso pode ser classificado como uso consuntivo ou não consuntivo. [2]

Os usos consuntivos são aqueles que retiram água do manancial para sua utilização, como a irrigação, indústria e o abastecimento humano. Já os usos não consuntivos não envolvem o consumo direto da água, como por exemplo, o lazer, a pesca e a navegação [2].

Nesse sentido, conforme [2] os principais usos da água são para irrigação, abastecimento humano e animal, industrial, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer.

Todavia, as reservas de águas subterrâneas, apesar de renováveis, são limitadas e dependendo da situação atual de exploração dos aquíferos em determinadas regiões, pode superar as recargas naturais, o que pode provocar acentuado rebaixamento dos níveis d'água e interferências múltiplas entre poços [10].

Além disso, a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas em conjunto com ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção, em conformidade com a legislação e normas pertinentes [1].

Diante do exposto referente aos usos, exploração e importância da gestão das águas subterrâneas, faz-se necessário o acompanhamento da situação atual das águas subterrâneas.

Desta forma, o presente artigo teve como objetivo verificar as principais formas de uso e captações da água subterrânea nos quatro maiores municípios do estado de Rondônia em critério populacional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo, utilizou-se o SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas), desenvolvido pelo SGB (Serviço Geológico do Brasil) a fim de verificar a quantidade de poços cadastrados no Estado de Rondônia, identificar os principais tipos de poços utilizados na captação da água subterrânea do estado e as principais formas de uso a que se destinam, durante o período de 29 de maio de 2018 até 27 de junho de 2018.

O SIAGAS é composto por uma base de dados de poços, permanentemente atualizada, e de módulos capazes de realizar consulta, pesquisa, extração e geração de relatórios, a partir do mapeamento e pesquisa hidrogeológica em todo o país, integrado com outros sistemas [11].

Após a busca no sistema, os dados foram tabulados em planilha eletrônica (Excel), e organizados em tabelas e gráficos.

Para a análise dos dados, optou-se por selecionar os 4 (quatro) municípios com maior número populacional do Estado, que são respectivamente Porto Velho (capital de Rondônia), Ji-Paraná, Ariquemes e Vilhena, conforme censo 2010 [14].

Os dados registrados são utilizados com o objetivo de monitoramento integrado das águas subterrâneas.

Esse monitoramento é fundamental para o controle da utilização dos recursos hídricos onde visa assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos [5].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 POÇOS CADASTRADOS

Atualmente existe um total de 313.547 poços cadastrados no país. Destes, 2.935 estão localizados em Rondônia [16].

O estado com maior número de poços cadastrados é São Paulo, com 32.816, enquanto o Amapá possui o menor número com 105 poços [11].

O SIAGAS permite o acesso aos poços cadastrados desde 15 de julho de 2009, e através deste sistema foi possível analisar os poços cadastrados no estado de Rondônia e suas principais informações.

A Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, preconiza que a gestão e a autorização para o uso de águas subterrâneas, são de competências dos estados [5].

Em Rondônia a Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002 Institui a Política, e cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado [4].

No estado a SEDAM (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental), através da Coordenadoria de Recursos Hídricos (COREH), é responsável pela emissão de outorgas do Direito de Uso de Recursos Hídricos, sendo necessário o Licenciamento Ambiental.

A Norma de Outorga e os formulários específicos que disciplinam o Uso de Recursos Hídricos no Estado de Rondônia estão aprovados na Portaria GAB/SEDAM nº 081/2017 [9].

Os poços do estado recebem a discriminação de poços profundos e classificam-se por tipo ou processo em tubular, escavado e outros [9].

De acordo com [8], os tipos e características dos poços são assim definidos conforme a (Tabela 1).

Tabela 1. Nomenclatura dos poços segunda sua forma de captação.

| POÇOS | |
|--|--|
| Escavado diâmetro > 0,5m | Tubular: diâmetro < 0,5m e revestido de tubos. |
| Cacimba: diâmetro > 0,5m e que não possui revestimento em sua parede. | Freático: capta água de aquíferos livres. |
| Cacimbão: diâmetro > 1m e < 5m, com acima da <u>revestimento parcial ou total em sua parede.</u> | Artesiano: nível potenciométrico está _____ camada confinante. |

Amazonas: diâmetro > 5m e com revestimento parcial ou total em sua parede (I) Artesiano não jorrante: nível potenciométrico está abaixo da cota do terreno. (II) Artesiano jorrante: nível potenciométrico está acima da cota do terreno.

Fonte: Vasconcelos - 2015 – Adaptado [8]

3.2 NATUREZA, USO E SITUAÇÃO DOS POÇOS

Dentre os dados gerados pelo SIAGAS, utilizou-se, conforme classificado pelo sistema, as informações: 1) Natureza do poço (Tubular, amazonas, etc.); 2) Usos da água (doméstico, urbano, industrial, etc.) e 3) Situação do poço (em funcionamento ou não).

As figuras que se seguem (Figuras 1, 2, 3 e 4) demonstram a Natureza, Uso e Situação dos poços e recursos subterrâneos, respectivamente em ordem crescente em número populacional dos municípios de Vilhena, Ariquemes, Ji-Paraná e Porto Velho.

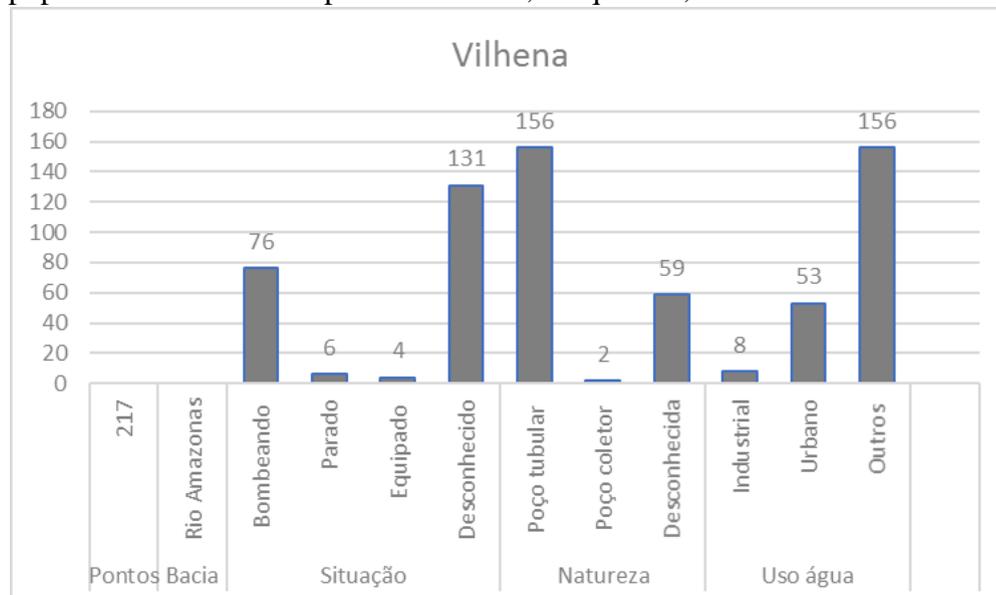


Figura 1. Tipos de poços e usos da água do município de Vilhena.

Dados: SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, 2018.

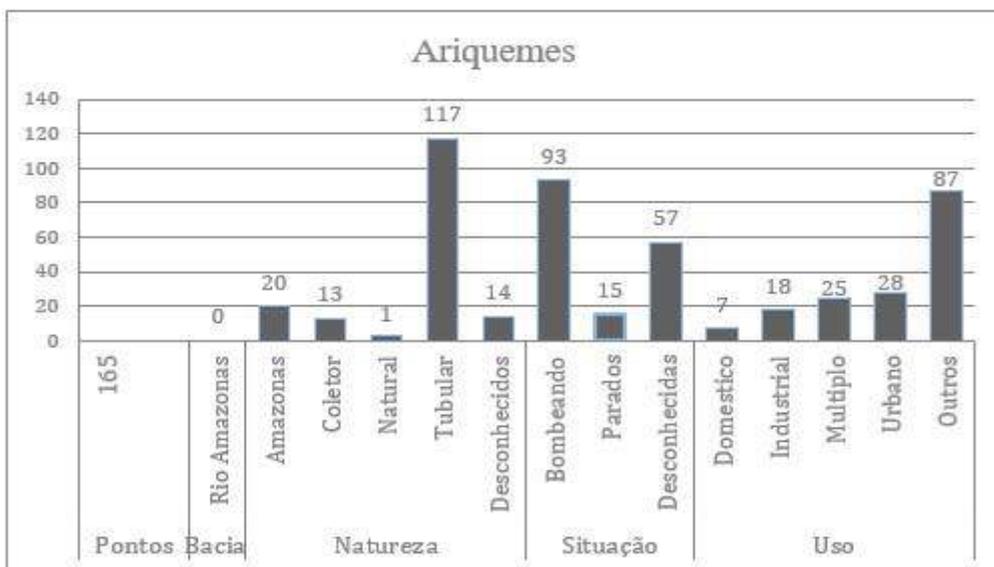


Figura 2. Tipos de poços e usos da água do município de Ariquemes.
Dados: SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, 2018.

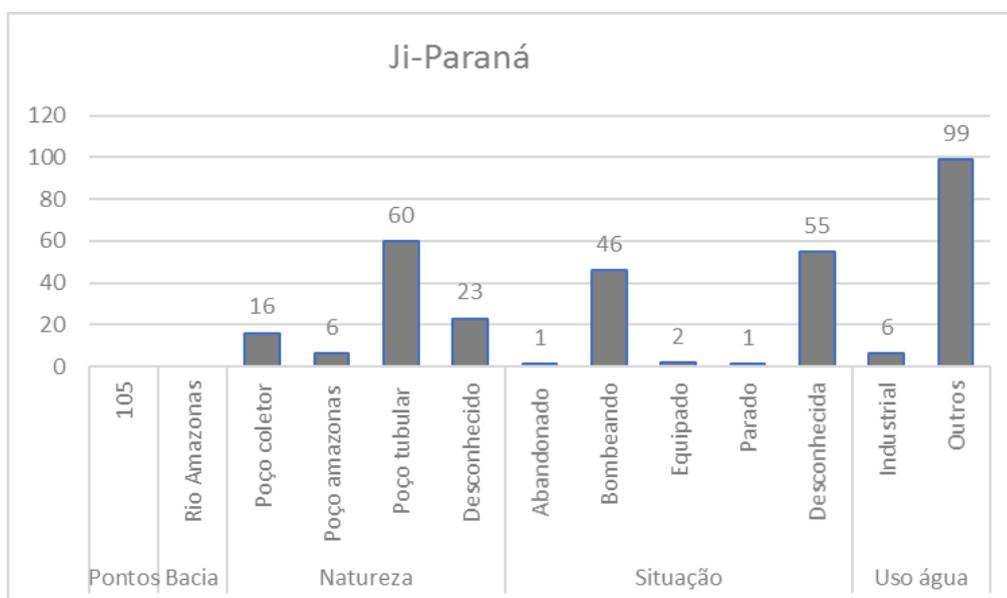


Figura 3. Tipos de poços e usos da água do município de Ji-Paraná.
Dados: SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, 2018.

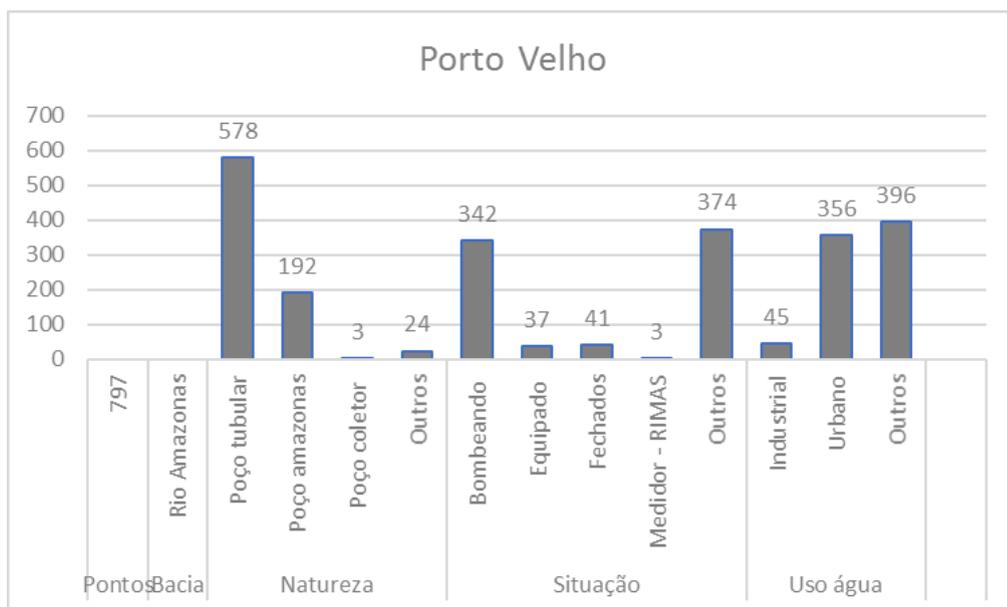


Figura 4. Tipos de poços e usos da água do município de Porto Velho.
Dados: SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, 2018.

A partir dos dados observados nas figuras acima, verifica-se que há uma diversidade e variação nos tipos e classificações nas três categorias analisadas (natureza, uso e situação da água).

Em relação à Natureza do poço, os maiores números registrados são de poços tubulares em todos os municípios analisados, seguido em número, ou por poços amazonas ou desconhecidos.

De acordo com [10] o poço tubular profundo possui como característica ser escavado com auxílio de máquina para o acesso a água subterrânea, geralmente com diâmetro de 4 a 36 polegadas e profundidade de até 2.000 metros.

Os poços cacimba, raso, cisterna ou amazonas, são escavados manualmente e revestidos com tijolos ou anéis de concreto. Com aproximadamente 1 m diâmetro, captam água do lençol freático e possuem geralmente profundidades de até 20 metros, esses poços não precisam de licenciamento ou autorização governamental dos órgãos gestores [8].

Em 2011, no Aquífero Parecis existiam 129 poços tubulares cadastrados, atingindo vazões de até 264 m³/h, utilizados para o abastecimento humano, na agricultura, indústria, lazer e turismo [6].

O Aquífero Parecis é o aquífero que abastece o município de Vilhena e se destaca com as maiores vazões do estado [17].

Os dados registrados apresentam uma quantidade significativa de poços intitulados como desconhecidos pelo sistema.

A importância de se conhecer a natureza dos poços implica sobretudo no aspecto construtivo empregado nesses poços, tendo em vista que conforme supracitado, apenas os poços tubulares exigem licenciamento.

No Brasil temos uma quantidade de aproximadamente 2,5 milhões de poços tubulares, porém, 88% desses não são licenciados e trabalham de forma clandestina [15].

Em 2017 foram realizadas 128 outorgas pela SEDAM para o estado de Rondônia, outorgada a maior quantidade de poços para o município de Porto Velho, capital do estado, com 49, seguido do município de Vilhena (08 outorgas).

Destaca-se também, que no município de Porto Velho, além das classificações de tubular e Amazonas, houve a categoria “Outros” com relação à natureza dos poços. Todavia não há legendas ou informações que elucidem tal classificação no SIAGAS.

Outro fator importante que se destaca com relação ao conhecimento da natureza do poço é o risco de contaminação das águas subterrâneas.

Conforme [20] os aspectos construtivos inadequados envolvidos nas obras de fonte de abastecimento e esgotamento sanitário são apontados como um dos principais mecanismos de contaminação e perigo às águas subterrâneas. Entre os quais se cita a impermeabilização da parede do poço, que evita a infiltração de água suja ou poluída, manter o poço tampado e seu entorno cercado para evitar a circulação de pessoas e animais.

Além disso, há diversos estudos no Brasil que apresentam contaminação fecal e/ou agentes tóxicos em poços rasos urbanos ou em áreas rurais. Assim como também em Rondônia, onde a qualidade microbiológica da água consumida por diversas populações estava comprometida em virtude da inconformidade da forma construtiva dos poços e ainda a proximidade da fossa [19].

Com relação ao Uso, há um predomínio em todos os municípios avaliados dos poços classificados como Outros, seguido pelo uso urbano e em menor número o uso industrial.

No Brasil os principais usos da água são para abastecimento público, industrial, comercial, agrícola, lazer, saneamento e geração de energia [13].

De acordo com a SEDAM, no ano de 2017, a maioria das outorgas foram destinadas para o abastecimento urbano, seguido pelo uso industrial, conforme a (Tabela 2).

Tabela 2. Uso das águas no ano de 2017.

| TIPO DE USO | Porcentagem | Quantidade |
|------------------|-------------|------------|
| IRRIGAÇÃO | 1% | 1 |
| MINERAÇÃO | 1% | 1 |
| PISCICULTURA | 1% | 1 |
| RECREAÇÃO | 1% | 1 |
| RESTAURANTE | 1% | 1 |
| TERMOELÉTRICA | 1% | 1 |
| ABAST. PÚBLICO | 2% | 3 |
| CRIAÇÃO ANIMAL | 2% | 2 |
| HOSPITAL | 2% | 2 |
| HOTEL | 2% | 2 |
| SANEAMENTO | 2% | 3 |
| LAV. DE VEICULOS | 3% | 4 |
| GER. DE ENERGIA | 4% | 5 |
| CONDOMÍNIO | 5% | 7 |
| POSTO DE COM. | 15% | 21 |
| INDUSTRIAL | 27% | 35 |
| CONSUMO HUMANO | 30% | 38 |
| TOTAL | 100% | 128 |

Fonte: Sedam (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental) - adaptada.

Dentre os municípios analisados, o município que mais utiliza água subterrânea para uso industrial é a capital Porto Velho com 45 poços registrados, enquanto os demais municípios apresentaram: Vilhena (08), Ariquemes (18) e Ji-Paraná (6).

A capital de Rondônia está entre os cem municípios com maior quantidade de indústrias do Brasil [14], o que possivelmente justifique os números encontrados.

No SIAGAS a classificação “Outros” não apresenta uma legenda elucidando a que tipo de uso se refere, é exibido apenas a seguinte classificação: (Outros, Lazer, etc.).

Esse tipo de identificação torna-se importante em decorrência dos usos consuntivos e não consuntivos da água, os quais além de demonstrarem a vazão e finalidade de uso consumida no estado, possibilita um melhor controle e enquadramento da qualidade da água.

Em todos os municípios avaliados no estado de Rondônia, o maior uso destinado as águas subterrâneas estão classificadas como Outros, apresentando valores expressivos e superiores ao abastecimento urbano e industrial. Essa compreensão e identificação quanto ao uso da água torna-se de fundamental importância e relevância para um melhor embasamento e decisões assertivas no gerenciamento das águas do estado.

Quanto a Situação dos poços, a qual representa se os poços se encontram em funcionamento ou não, a maioria dos dados são desconhecidos, ou está definido como Outros.

Para os poços definidos como Outros, destaca-se o município de Porto Velho, em que o maior número de poços se encontra classificado nesta categoria (374), sendo maior inclusive que os poços que estão bombeando (342).

A situação outros abrange as situações: quadro de seco, obstruídos ou parados. Para a situação de seco, o nível da vazão no local de captação acaba reduzindo causando tal fator, para os obstruídos e os parados ocorrem situações de fechamento ou entupimento dos mesmos causando assim a inutilização destes poços.

Já para os poços classificados como desconhecidos, destaca-se que o segundo maior município do estado de Rondônia em número populacional, Ji-Paraná, desconhece a situação da maioria dos seus poços (55), enquanto (46) são os poços em situação de bombeamento, ou seja, funcionando.

A exceção de Porto Velho, os demais municípios também apresentam um número razoável de poços em situação desconhecida de funcionamento.

Desta forma, percebe-se que os dois maiores municípios do estado, entre os quais a capital, não se tem claro ou se desconhece a real situação de exploração dos aquíferos.

Segundo [18], esses resultados obtidos estão relacionados com os problemas do qual o SIAGAS enfrenta para a transferência dos dados para a plataforma, sendo eles:

- Alta rotatividade dos profissionais responsáveis pelo SIAGAS nos Órgãos Gestores;
- Falta de pessoal disponível para preencher as tabelas do SIAGAS;
- A necessidade de programas para agilizar a transferências entre os bancos de dados estaduais e o SIAGAS;
- A falta de consistência do cadastramento de poços realizados por terceiros (confiabilidade dos dados, duplo cadastramento, etc.);
- A falta e/ou precariedade dos relatórios de construção dos poços, pois, muitos “perfuradores” não utilizam as normas vigentes de construção de poços e muitos usuários desconhecem a sua utilidade e não o solicitam.

Desta forma, existem muitos dados não consistentes e incompletos repassados para a plataforma, sendo necessário portanto visitas *in loco* para determinar a real situação dos poços.

A falta dessas informações pode ocasionar vários problemas entre usuários de recursos hídricos, que vão desde a disponibilidade do recurso até a adequação legal dos poços. Para evitar esse tipo de conjuntura, a outorga se torna um instrumento indispensável para o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água [12].

A extensão desta base de dados é determinante para o conhecimento hidrogeológico do país e para tornar possível a execução de projetos hídricos. Porém, a sua expansão depende do conhecimento e do acesso aos trâmites da informação, além do esforço de todos os atores envolvidos no processo de alimentação e manutenção da base de dados.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente artigo possibilitou a construção do panorama da utilização da água subterrânea das quatro maiores cidades do estado de Rondônia em nível populacional, sendo elas Porto Velho, Ji-Paraná, Ariquemes e Vilhena.

Foram verificados os parâmetros Natureza, Uso e Situação da água subterrânea, obtidos através da plataforma digital do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas).

Rondônia apresenta 2.935 poços registrados no SIAGAS até a última atualização do sistema na data de 16/09/2019.

Quanto a Natureza dos poços registrados provenientes dos quatro municípios de Rondônia, o maior número de registros são os poços tubulares, seguido pelos poços amazonas.

Destaca-se nesse parâmetro, que há uma quantidade significativa de poços intitulados como desconhecidos pelo sistema.

É importante o conhecimento desta característica no que diz respeito aos aspectos construtivos empregado nesses poços, uma vez que só os poços tubulares exigem licenciamento, assim como também há uma maior facilidade de contaminação, podendo comprometer a qualidade destas águas.

Com relação ao Uso, há um predomínio de poços classificados como Outros, seguido pelo uso urbano e em menor número o uso industrial.

A identificação quanto ao uso destinado as águas são importantes devido aos volumes e vazões dos consumos diretos e indiretos que ocorrem em virtude da atividade

realizada. Além de possibilitar o controle e enquadramento da qualidade da água, conforme finalidade.

A compreensão e identificação quanto ao uso da água torna-se de fundamental importância e relevância para um melhor embasamento e decisões assertivas no gerenciamento das águas do estado, além de proporcionar conflitos entre os usuários do recurso.

Em relação a Situação de funcionamento dos poços analisados, grande parte continua em bombeamento, porém, destaca-se que a maioria dos dados são desconhecidos, ou está definido como Outros.

O município de Porto Velho, capital do estado, apresenta o maior número de poços classificados como outros.

Enquanto o segundo maior município do estado de Rondônia em número populacional, Ji-Paraná, desconhece a situação de funcionamento da maioria dos seus poços.

Não há clareza ou conhecimento da situação real de exploração dos aquíferos do estado de Rondônia.

A concepção ou complementação das leis estaduais para que durante o processo de outorga também seja entregue uma cópia do relatório de poço à CPRM/SGB é uma alternativa que pode auxiliar significativamente no cadastramento de poços com informações mais completas.

O SIAGAS enfrenta diferentes tipos de problemas no processo de transferência dos dados para a plataforma.

Todavia, apesar das limitações do SIAGAS, quanto ao desconhecimento e inconsistências de alguns dados publicados, a plataforma é uma importante ferramenta de gestão, análise, organização e estruturação dos dados relativos as águas subterrâneas.

Servindo desta forma, como se propõe, de base nacional compartilhada para armazenagem, manuseio, intercâmbio e difusão de dados desse recurso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] (ANA, 2017), Agência Nacional das Águas. **A gestão de recursos hídricos em Rondônia**. 2017. Disponível em: <<http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/panoramados-estados/ro>>. [Acesso em: 31 maio 2018].

- [2] (ANA), Agência Nacional das Águas. **POÇOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/porta1/ANA/aguas-no-brasil/saiba-quem-regula/aguas-subterraneas>>. [Acesso em: 31 maio 2018].
- [3] BICUDO. B. **ÁGUAS DO BRASIL: ANÁLISES ESTRATÉGICAS**. Instituto de Botânica, São Paulo 2010. 224 p. Disponível em: <<https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>>. [Acesso em: 01/05/2018].
- [4] BRASIL. **LEI COMPLEMENTAR Nº 255, DE 25 DE JANEIRO DE 2002**. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/images/COREH_DOWNLOADS/Lei_Complementar_n%C2%BA_255-2002.pdf>. [Acesso em: 30/05/2018].
- [5] BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19433.htm>. [Acesso em: 30/05/2018]
- [6] COSTA FILHO, W. D.; GALVÃO, M. J da T. G.; LIMA, J. B. de: LEAL O. **NOÇÕES BÁSICAS SOBRE POÇOS TUBULARES**. 1998. Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/publique/media/hidrologia/mapas_publicacoes/Nocoas_Basicas_Po cos_Tubulares.pdf>. [Acesso em: 30/05/2018].
- [7] FERREIRA, A. N. et al. **ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UM RECURSO A SER RECONHECIDO E PROTEGIDO**. Secretária de Recursos Hídricos e Ambiente, 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf>. [Acesso em: 01/05/2018].
- [8] VASCONCELOS, M. **Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura**. *Águas Subterrâneas*, 2015. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/28288/18401>>. [Acesso em: 24/06/2018].
- [9] PORTARIA Nº 081. PORTARIA nº Nº 081, de 23 de março de 2017. PORTARIA SEDAM Nº 081/GAB/SEDAM, DE 23 DE MARÇO DE 2017. **Procedimentos administrativos e documentação necessária para emissão de autorização de uso de recursos hídricos no âmbito do Estado de Rondônia.**, PORTO VELHO - RO: [s. n.], ano 2017, 23 mar. 2017. Disponível em: <file:/Academico/02_Portaria_SEDAM_N_081-GAB-SEDAM-2017.pdf> [Acesso em 2 set. 2019.]
- [10] ABAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (São Paulo BR). Carlos Eduardo Quaglia Giampá. ABAS. Junho de 2015. **ORIENTAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**: Coordenadoria de Recursos Hídricos, [S.l.: s. n.], ano 2005, v. 1, p. 1-52, 1 jun. 2015.
- [11] SIAGAS. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. 2019. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>>. [Acesso em: 22 maio 2018].

- [12] COMPANHIAS DE SANEAMENTO PÚBLICO. [S. l.: Agência Nacional das Águas.], 2016. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/perguntas-frequentes>> [Acesso em: 3 set. 2019].
- [13] USOS e ameaças à água. **SOS MATA ATLÂNTICA**, 2014. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/observando-os-rios/questao-da-agua/usuarios-da-agua/>>. [Acesso em: 3 set. 2019].
- [14] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cadastro Central de Empresas**. IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/portovelho/pesquisa/19/29765?tipo=ranking>>. [Acesso em: 3 set. 2019].
- [15] BRASIL, Trata. **Águas Subterrâneas: Perdas**. WebSite: [s. n.], 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>>. [Acesso em: 6 set. 2019].
- [16] SIAGAS. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. 2019. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>>. [Acesso em: 19 agosto 2019].
- [17] A MAIOR reserva de água doce do estado de Rondônia está em Vilhena. **Rondônia digital**, [S. l.], p. 1, 4 abr. 2019. Disponível em: <<http://rondoniadigital.com/a-maior-reserva-de-agua-doce-do-estado-de-rondonia-esta-em-vilhena/>> [Acesso em: 21 set. 2019].
- [18] CARVALHO, Flávia; EMÍLIO, José. SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA – SIAGAS HISTÓRICO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS. **XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, [S. l.], p. 1-18, 11 jul. 2007.
- [19] FERREIRA, R. F. *et al.* ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA COMUNIDADE SANTA ROSA, ENTORNO DA RESERVA BIOLÓGICA DO JARU, RONDÔNIA. **Anais XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Brasília-DF, ano 2015, p. 1-8, 2015.
- [20] IRITANI, M. A. e EZAKI, S. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. **GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE INSTITUTO GEOLÓGICO**, São Paulo, ano 2012, v. 1, ed. 3, p. 1-106, 2012.

ALBEDO EM ÁREAS DE PASTAGEM E FLORESTA NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

ALBEDO IN PASTURE AND FOREST AREAS IN SOUTH WEST AMAZON

Dara da Cunha Oliveira¹, Cássia Cortes Valadão¹, Renata Gonçalves Aguiar², Daíse da Silva Lopes¹

¹Discentes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Fundação Universidade Federal de Rondônia, *campus* de Ji-Paraná.

²Docente do Departamento de Engenharia Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná.

*Autor correspondente: e-mail: oliveiradara216@gmail.com

RESUMO

As transformações na cobertura e do uso da terra na Amazônia promovem alterações nos processos microclimáticos. O albedo é a razão entre o fluxo de radiação solar refletida por uma superfície pelo fluxo incidente sobre ela. Ele influencia na partição da energia que chega à superfície e na quantidade de radiação líquida disponível, sendo de fundamental importância para estudos de processos físicos, químicos e biológicos. Deste modo o objetivo deste trabalho foi analisar a variação horária e sazonal do albedo em áreas de floresta e pastagem no sudoeste da Amazônia. O albedo foi calculado por meio da relação da radiação solar refletida (Roc out) e a radiação solar global incidente (Roc in), nos períodos úmido e seco no ano de 2018. Os menores valores de albedo ocorreram ao meio do dia devido ao ângulo zenital. Com maiores variações no período seco, encontrou-se para a área de pastagem amplitude de 16,69 a 54,14%. As menores variações ocorreram no período úmido. maiores interferências aos valores de albedo são os aerossóis presentes na atmosfera, ocorrência de dias nublados, índice de área foliar e restrição hídrica.

Palavras-chave: Radiação. Floresta Amazônica. Desmatamento.

ABSTRACT

Changes in land cover and land use in the Amazon promote changes in microclimatic processes. Albedo is the ratio of the flux of solar radiation reflected by a surface to the flux incident upon it. It influences the partition of energy that reaches the surface and the amount of available liquid radiation, being of fundamental importance for studies of physical, chemical and biological processes. Thus the objective of this work was to analyze the hourly and seasonal variation of albedo in forest and pasture areas in southwestern Amazonia. Albedo was calculated by the ratio of reflected solar radiation (Roc out) and incident global solar radiation (Roc in) in the wet and dry periods in 2018. The lowest albedo values occurred at midday due to the angle zenith. With greater variations in the dry season, it was found for the pasture area amplitude from 16,69 to 54,14%. The smallest variations occurred in the humid period. major interferences to albedo values are the aerosols present in the atmosphere, occurrence of cloudy days, leaf area index and water restriction.

Keywords: Radiation. Amazon rainforest. Deforestation.

1. INTRODUÇÃO

As intensas modificações no uso e cobertura da terra na floresta da Amazônia decorrente do uso agrícola e principalmente pecuário [1] promovem modificações em diversos processos climáticos como na formação das nuvens, que sofrem alterações em resposta à emissão de partículas que atuam como núcleos de condensação [2], além de uma série de impactos ambientais em âmbitos local e global.

Os estudos envolvendo a radiação solar e radiação líquida disponível na superfície são relevantes pois, relacionam-se com processos químicos, físicos e biológicos [3]. A disponibilidade de energia solar ao longo do ano é fator determinante ao clima da região amazônica.

O albedo é a razão entre o fluxo de radiação refletido por uma dada superfície em todas as direções e o fluxo incidente sobre ela [4,5], controla diretamente a partição da energia que chega à superfície, pois representa a habilidade da mesma de refletir energia em todo espectro solar [5]. É considerado um importante parâmetro no balanço de radiação, sendo bastante utilizado em modelos climáticos e agrometeorológicos, em estimativas do fluxo de vapor d'água, saldo de radiação, dentre outros [6].

Deste modo, o presente estudo teve por objetivo analisar as variações horárias e sazonais do albedo em área de floresta tropical primária e pastagem no ano de 2018, localizadas ao sudoeste da Amazônia, em Rondônia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos durante o ano de 2018 em duas torres micrometeorológicas pertencentes ao Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – Programa LBA, em Rondônia.

A primeira torre, sob as coordenadas 10°11'11,4" S e 61°52'29,9" W no município de Ji-Paraná (Figura 1), está localizada na Reserva Biológica do Rio Jaru (Rebio Jaru) composta por floresta pristina sazonalmente seca, possui 61,5 metros de altura.

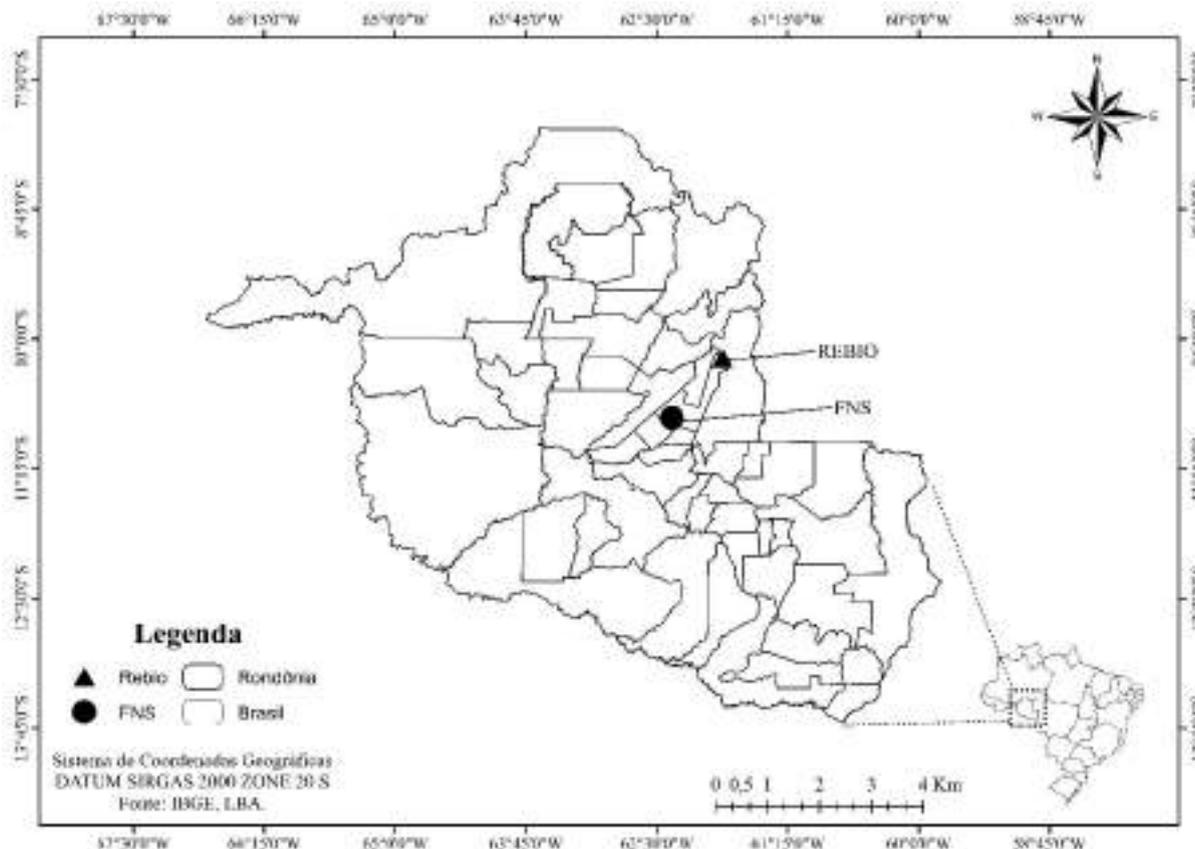


Figura 1. Localização das torres micrometeorológicas do Programa LBA na Reserva Biológica do Jaru (Rebio) e Fazenda Nossa Senhora (FNS).

A outra torre situa-se na Fazenda Nossa Senhora (FNS), sob as coordenadas 10°45'44" S e 62°21'27" W no município de Ouro Preto do Oeste (Figura 1), com aproximadamente 10 metros de altura. A FNS é formada por área de pastagem, constituída predominantemente pela gramínea *Brachiaria brizantha*.

Na região amazônica, a estação úmida pode variar de novembro a março, sendo a mais chuvosa de dezembro a fevereiro [7] e a estação mais seca de junho a agosto [8]. Analisou-se o albedo nos períodos úmido e seco, de janeiro a março para o período úmido e de junho a agosto para o período seco. Os valores que apresentaram comportamentos não representativos foram descartados. Sendo que para as duas torres, padronizou-se leituras em intervalos de 30 minuto, uma vez que as médias de ROC in e ROC out foram obtidas a cada 10 minutos na FNS.

O albedo foi calculado através da Equação 1.

$$\alpha_s = \frac{Roc\ out}{Roc\ in} 100 \quad (1)$$

Onde Roc out é a radiação solar refletida e Roc in a radiação solar global incidente.

As análises descritivas e inferencial (com um nível de significância de 0,05) foram realizadas no programa BioEstat 5.3 [9]. O teste de comparação foi realizado por meio do teste não paramétrico Mann-Whitney, haja vista que não houve aderência à distribuição normal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O padrão diário médio do albedo na FNS e na Rebio Jaru nos períodos úmido e seco (Figuras 2a e 2b) apresentaram comportamento análogo, com pico de reflexão ao amanhecer e entardecer e valores estáveis no decorrer do dia.

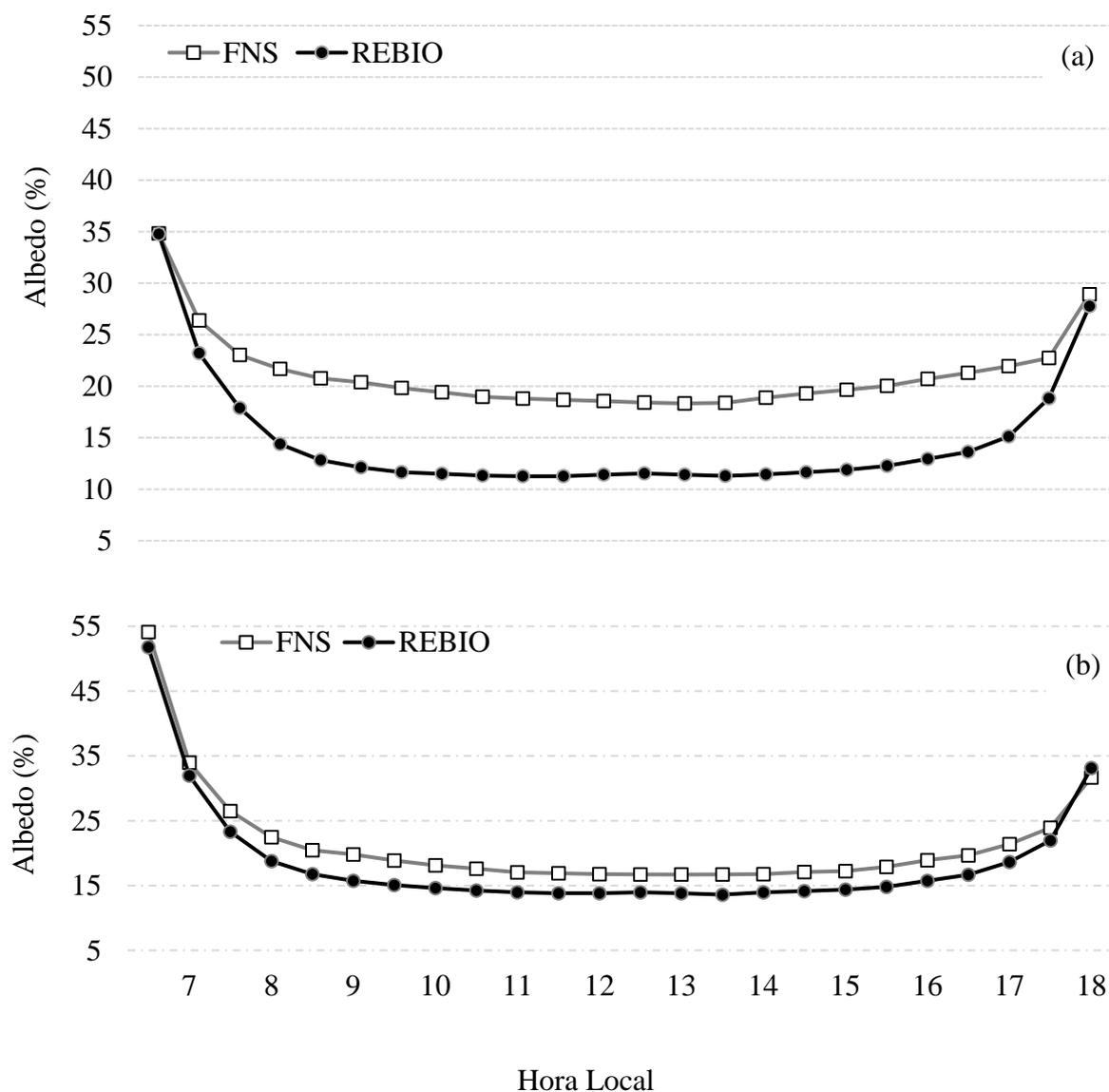


Figura 2. Ciclo diurno médio do albedo para o período chuvoso (a) e seco (b) na Reserva

Biológica do Jaru (Rebio Jaru) e Fazenda Nossa Senhora (FNS). $n_{\text{chuvoso}} = 7.960$ e $n_{\text{seco}} = 4.296$.

O valor médio horário durante o período seco foi de 20,94% na pastagem e 17,93% na floresta. Para o período chuvoso, obteve-se, albedos médios de 21,27 e 14,57% na FNS e Rebio, respectivamente.

Observou-se que para ambos os períodos os menores valores de albedo foram observados entre 11 h às 14 h. O aumento do ângulo de elevação solar nesse horário possibilita maior penetração de feixes de radiação pelo dossel da vegetação e maior absorção da radiação incidente pela superfície ou vegetação, ou seja, quando o ângulo zenital solar é mínimo, a variação do albedo é menor apresentando curvas diárias mais planas aos gráficos [10].

Os valores médios horários do albedo foram maiores no período seco na Rebio Jaru, com valores que variaram de 13,59 a 51,80% nesse período. Na FNS foi identificada maior amplitude no período seco também, com valores variando de 16,69 a 54,14%. Esse comportamento pode estar associado à menor umidade do solo, mudança na coloração e maior perda de folhagem nesse período, o que implica em maior reflexão ao longo do dia. Verificou-se nesse período maiores valores de albedo ao nascer do Sol, possivelmente em virtude da deposição de orvalho, que tem a capacidade de alterar cerca de 10% os valores de albedo de superfície [8] apud [11].

Durante o período chuvoso os valores médios horários do albedo variaram de 11,3 a 34,8% na Rebio Jaru e de 18,3 a 34,8% na FNS. Um maior índice de área foliar influencia também a variação do albedo que ocorre na Rebio Jaru. A maior interferência nesse período, relaciona-se à condição hídrica da vegetação e do solo, [6] há maior absorção de radiação eletromagnética do solo com maior teor de umidade, causando redução da reflectância, diminuindo o albedo. Os baixos valores também podem ser explicados pelos maiores registros de dias nublados que também atuam na diminuição da radiação refletida.

Nota-se que o albedo se manteve praticamente constante nos períodos analisados conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Desvio padrão do albedo diário ($W m^{-2}$)

| Períodos | Fazenda Nossa Senhora | Reserva Biológica do Jaru |
|-----------------|------------------------------|----------------------------------|
| Úmido | 0,06 | 0,08 |

Seco

0,09

0,10

Ao comparar por meio de teste de hipótese as médias da Rebio e da FNS, constatou-se diferença altamente significativa entre floresta e pastagem para os dois períodos analisados ($p = 0,001$), comprovando desta forma, que os valores para albedo variam entre os diferentes sítios, obtendo-se menores albedos para floresta e maiores albedos para áreas com menor cobertura vegetal [1].

4. CONCLUSÕES

Os menores albedos ocorreram no meio do dia. A variação horária foi relacionada ao ângulo zenital que influencia na incidência de radiação na superfície.

Os resultados diferiram significativamente entre a floresta e a pastagem. As maiores amplitudes de albedo foram obtidas no período seco, com valores mais elevados na Fazenda Nossa Senhora. No período úmido, foi observado menor valor nos dois sítios experimentais, com destaque para a Reserva Biológica do Jaru. Essa diferença pode estar relacionada à condição hídrica, ao índice de área foliar e à cobertura de nuvens que é maior no período chuvoso.

Essas análises evidenciaram que o albedo em área de pastagem é mais expressivo do que em área de floresta e que as mudanças na cobertura e no uso da terra na Amazônia podem provocar alterações nos processos microclimáticos.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (Programa LBA) pela disponibilização dos dados. Aos alunos bolsistas do Programa LBA e da UNIR - *Campus* de Ji-Paraná pela coleta e processamento dos dados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ZANCHI, F. B. *et al.* Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 335-348, 2009.

[2] WEBLER, A. D. *et al.* Changes in land use and energy partitioning in the southwest of

the Amazon [Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia]. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 868-876, 2013.

[3] GÓMEZ, J. M. R. *et al.* A irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, 2018.

[4] MOURA, M. A. L. **Balço de Radiação à superfície e fluxo de calor no solo em áreas de floresta nativa e pastagem no Oeste da Amazônia brasileira.** (Tese) Doutorado em Agronomia – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2000.

[5] KUSHARI, B.; KANITPONG, K. Surface Albedo of Bangkok Roads. **Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, v. 8, 2011.

[6] DOS ESTEVES, B. S. *et al.* Variações do albedo, NDVI e SAVI durante um ciclo da cana-de-açúcar no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 663-670, 2012.

[7] GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. F. The South America Monsoon circulation and its relationship to rainfall over west-central Brazil. **Journal of Climate**, v. 17, n. 1, p. 47–66, 2004.

[8] MARENGO, J. A. *et al.* Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, n. 5, p. 833–852, 2001.

[9] AYRES, M. *et al.* **BioEstat 5.3.** 2007. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Disponível em <<https://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads/programas/bio%20estat-versao-53/>>, [acesso em 20 de ago 2019].

[10] MOURA, M. A. L. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 163-168, 1999.

[11] MINNIS, P. *et al.* Asymmetry in the Diurnal Variation of Surface Albedo. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 4, p. 879-890, jul. 1997.

ANÁLISE DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM DIFERENTES TIPOS DE USO E COBERTURA DO SOLO UTILIZANDO INFILTRÔMETRO DE DUPLO ANEL

ANALYSIS OF SOIL WATER INFILTRATION IN DIFFERENT TYPES OF SOIL USE AND COVERAGE USING A DOUBLE RING INFILTROMETER

Renei Rocha De Carvalho¹, Mychelle Novais Soares², Warlen Dias Arruda², Leidiane Aparecida da Silva², Ivanir Alves da Silva²

¹ Professor no curso Tecnológico em Gestão Ambiental – IFRO/*Campus* Colorado do Oeste

² Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFRO/*Campus* Colorado do Oeste

* Autor correspondente: e-mail: renei.carvalho@ifro.edu.br

RESUMO

Infiltração é o processo pelo qual a água entra na superfície do solo e é um dos principais fluxos em seu balanço hídrico e no seu ciclo hidrológico. O conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo é importante para definir os métodos de conservação do solo, planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação e drenagem. Neste sentido o artigo apresenta os resultados de uma análise da infiltração acumulada (IA) e das taxas de infiltração (TI) de solo de quatro pontos amostrais coletados no *Campus* Colorado do Oeste do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia. Os dados foram obtidos com a ajuda de infiltrômetros de duplo anel. O trabalho foi conduzido no mês de setembro de 2018. Com os resultados obtidos foi possível concluir que cada tipo de cobertura interfere na infiltração, de acordo com a vegetação, compactação e manejo das atividades desenvolvidas no solo.

Palavras-chave: Taxa de Infiltração, Avaliação por Área; Infiltrômetro.

ABSTRACT

Infiltration is the process by which water enters the soil surface and is one of the main flows in the water balance and in the hydrological cycle of the soil. Knowledge of the velocity of infiltration of water in the soil is important to define soil conservation methods, planning and design of irrigation and drainage systems. In this sense, this study presents the results of an analysis of accumulated infiltration (IA) and soil infiltration rates (TI) of four sample points collected at the Colorado do Oeste *Campus* of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia. The data were obtained with the aid of double ring infiltrometers. The work was carried out in September, 2018. With the obtained results it was possible to conclude that each type of cover interferes in the infiltration, according to the vegetation, compaction and management of the developed activities in the soil.

Key-words: Infiltration rate; Evaluation by Area; Infiltrometer.

1. INTRODUÇÃO

A infiltração de água é dada pelo processo no qual ocorre a entrada de água no solo através de sua superfície e percorrendo os perfis deste. Essa penetração no solo decresce com o tempo, dependendo do umedecimento do perfil, grau de compactação, porosidade e tamanho e distribuição de suas partículas e assume um valor constante, denominado velocidade de infiltração básica [1].

Áreas de florestas apresentam solos com alta porosidade e grau de umidade elevadas, em decorrência da matéria orgânica existente, tornando-se assim um constituinte cimentante que mantém os solos agregados, sua decomposição favorece a atividade microbiana, de insetos e de animais, o que contribui para formar caminhos preferenciais preservando a porosidade para a movimentação da água no solo [1]. Outro fator que facilita a infiltração nessas áreas se dá ao sistema radicular das plantas, e com o seu desenvolvimento cria-se caminhos preferenciais para o movimento das águas no solo, elevando a taxa de infiltração, além desse fator, a presença da vegetação reduz o impacto das gotas de chuvas, reduzindo assim o escoamento superficial [2].

Em solos que há o desenvolvimento de atividades agrícolas e pecuárias, ocorrem alterações das características originais do solo, como a compactação ocasionada pela movimentação das máquinas e o pisoteio dos animais, dificultando assim o processo de infiltração e aumentando o escoamento superficial [2].

Solos expostos geralmente apresentam baixas taxas de infiltração. Devido à ausência de vegetação, as gotas da chuva, ao atingirem a superfície do solo podem promover a compactação, reduzindo a capacidade de infiltração. A intensidade dessa ação varia com a quantidade de cobertura vegetal, com a energia cinética da precipitação e com a estabilidade dos agregados do solo [2].

A velocidade de infiltração (VI) da água no solo é uma determinação que tem sido amplamente estudada e ainda não existe um consenso geral e bem estabelecido sobre qual é a melhor técnica para a sua determinação. Vários métodos de campo têm sido utilizados para determinar a VI de um solo, dentre eles pode-se destacar o método do infiltrômetro de anel, por ser simples e de fácil execução segundo [3].

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da infiltração acumulada e a taxa de infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso e cobertura do solo, em áreas localizadas no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia *Campus Colorado do Oeste*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Rondônia *Campus* Colorado do Oeste no dia 22 de setembro de 2018. O *Campus* Colorado do Oeste possui sua sede localizada na BR 435, Km 63, zona rural do município, sendo uma escola fazenda com área de 2.412,85 m², com coordenadas geográficas 13° 6' 42''S e 60° 29' 12''W. Possui cerca de 1.200 alunos matriculados em 2 cursos técnico (Agropecuária e Alimentos) e 4 cursos superiores (Engenharia Agrônômica, Zootecnia, Biologia e Gestão Ambiental), e alojamento com capacidade para 128 alunos residentes masculino e 80 femininos.

Figura 1 mostra a área de estudo utilizada para os ensaios de infiltração de água no solo.

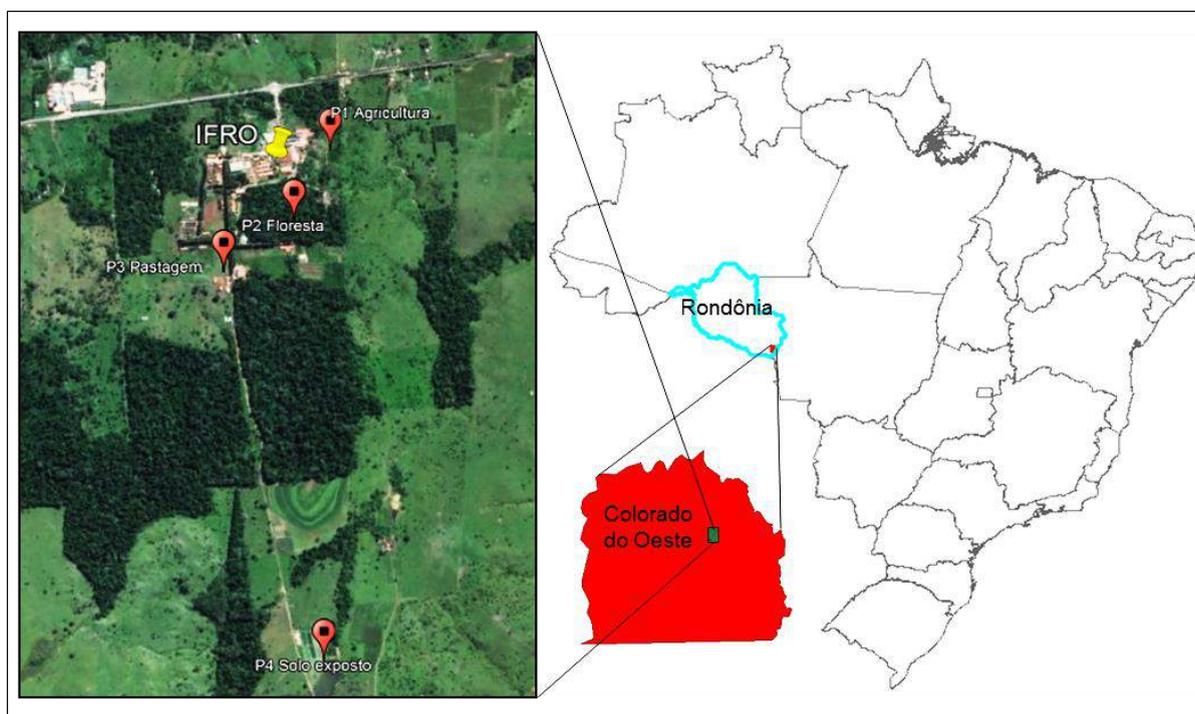


Figura 1 – Área de estudo.

Decidiu-se realizar a análise da infiltração de água no solo da área do IFRO/Colorado do Oeste, pois é uma área considerada extensa, na qual são desenvolvidas várias atividades, como criação de animais, peixes e agricultura, além de diversas outras atividades relacionadas a pesquisa e extensão no *Campus*. Com o desenvolvimento dessas

atividades torna-se bastante diversificada a composição do uso e cobertura do solo no local, o que diversifica também as taxas de infiltração.

Para avaliar o comportamento da infiltração do solo utilizado para agricultura (P1), solo de floresta (P2), solo de pastagem (P3) e solo exposto (P4) na área do *Campus*, foi necessário primeiramente confeccionar o infiltrômetro de duplo anel. O infiltrômetro foi confeccionado num estabelecimento que fabrica calhas e rufos para casas e, para isso, foi utilizado chapa de zinco de 0,43 mm. As dimensões do infiltrômetro é descrita na Figura 2.

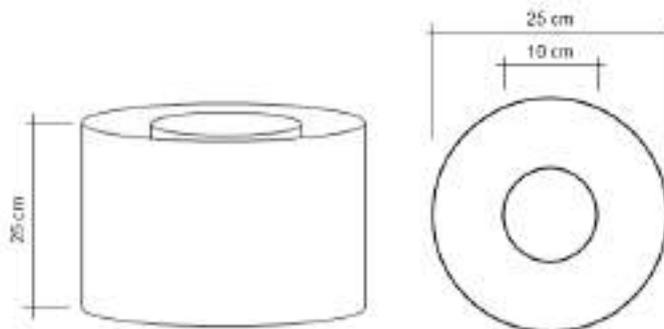


Figura 2 – Infiltrômetro de anéis concêntricos.

As coletas dos dados de infiltração foram realizadas em quatro pontos distintos localizados na área do IFRO *Campus* Colorado do Oeste. A seleção dos pontos de coleta, por estarem localizados numa extensa área, foi auxiliada por imagem de satélite (Google Earth). Analisando a imagem foram definidos os pontos nas áreas de agricultura, floresta, pastagem e solo exposto.

As medições das taxas de infiltração foram realizadas com o infiltrômetro de duplo anel. Para cada ponto selecionado, com o auxílio de um martelo, foi cravado no solo primeiro o anel interno cerca de 5 cm de profundidade, em seguida, alinhado ao anel central, foi cravado também o anel externo. Feito isso, os anéis foram abastecidos simultaneamente e fixado uma régua no centro do anel interno para medir o nível da água. Após isso, o nível de água foi marcado a cada 5 (cinco) minutos, com o auxílio de um cronômetro por um período de 30 (trinta) minutos. A Infiltração Acumulada (IA) e a Taxa de Infiltração (TI) foram determinadas pelas Equações 1 e 2, respectivamente.

$$IA = \Delta H_2 - \Delta H_1 \quad (1)$$

Onde:

IA = Infiltração Acumulada (cm);

ΔH_1 = Diferença anterior (cm);

ΔH_2 = Diferença atual (cm);

$$TI = \frac{IA}{t} \quad (2)$$

Onde:

TI = Taxa de Infiltração (cm/h);

t = tempo (min).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo foram analisadas a Infiltração Acumulada (IA) e a Taxa de Infiltração (TI) de água no solo em quatro diferentes tipos de uso e cobertura do solo, o solo usado para a agricultura, solo de floresta, solo de pastagem e solo exposto. Os resultados da taxa de infiltração de água no solo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Pontos, tipos de uso e cobertura do solo e taxa de infiltração de água no solo.

| Ponto | Tipo de Cobertura | Taxa de Infiltração (cm/h) |
|-------|-------------------|----------------------------|
| 1 | Agricultura | 14,2 |
| 2 | Floresta | 165,0 |
| 3 | Pastagem | 4,0 |
| 4 | Solo Exposto | 11,2 |

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que o solo de floresta apresentou maior taxa de infiltração, 165 cm/h, seguido pelo solo usado para agricultura que foi de 14,2 cm/h. Por outro lado, o solo de pastagem apresentou menor taxa de infiltração, 4,0 cm/h, seguido do solo exposto que apresentou TI de 11,2 cm/h. Os resultados do estudo de velocidade de infiltração de água no solo conduzido por [4] também mostraram valores elevados para solo com cobertura vegetal, quando comparado com solo sem cobertura vegetal, pois, segundo os autores, solos com cobertura vegetal tendem a ter maior velocidade de infiltração, devido a fatores como presença de canais formados por raízes,

presença de matéria orgânica e atividade microbiológica. Solos com presença de florestas apresentam elevadas taxas de infiltração, ao passo que solos descobertos apresentam baixas taxas de infiltração [5].

Com relação à medição da taxa de infiltração para o solo utilizado para a agricultura, foi observado que esta área é utilizada para a plantação de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) para fins de pesquisa no *Campus*.

O segundo ponto analisado foi o solo de floresta, a qual caracterizada em transição (Cerrado/Amazônica), apresenta conforme figura 1 fragmento de floresta nativa.

O terceiro ponto corresponde ao solo de pastagem, utilizado para a criação de bovinos para fins de pesquisa e suprimento do refeitório do *Campus*, o qual é utilizado por alunos e servidores no almoço e janta.

O quarto ponto diz respeito ao solo exposto, este se localiza na margem de um dos tanques de piscicultura utilizado para fins de pesquisa e também para o suprimento do refeitório. As Figuras 3a, 3b, 3c e 3d mostram os pontos de medições de infiltração no solo de agricultura, solo de floresta, solo de pastagem e solo exposto, respectivamente.

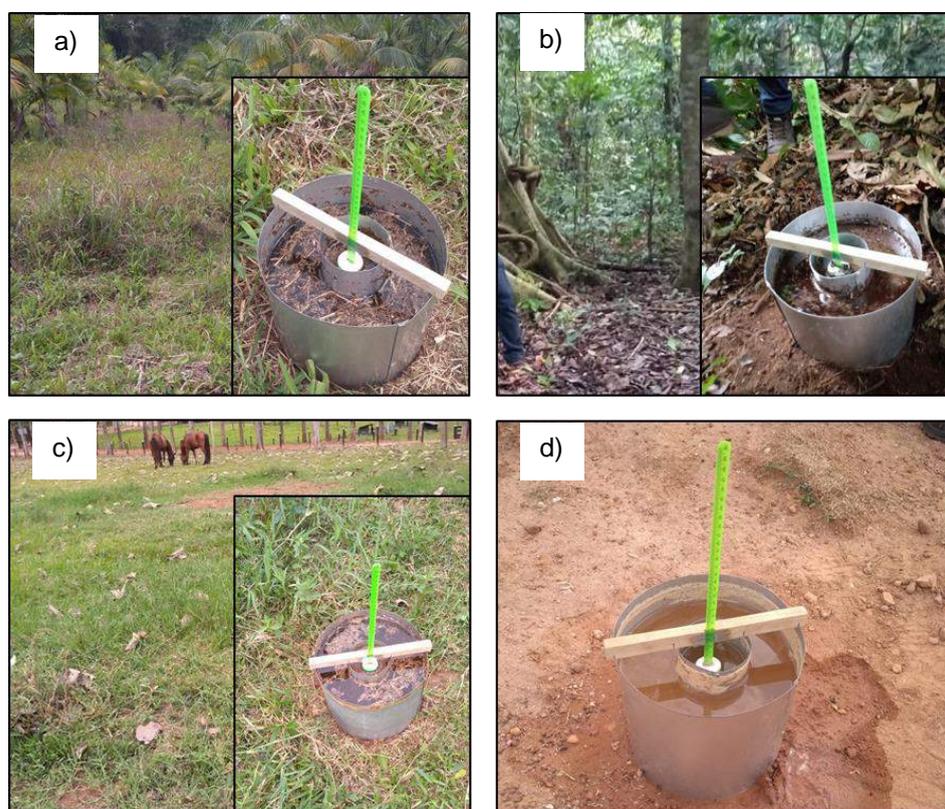


Figura 3 – Infiltração: a) solo de agricultura, b) solo de floresta, c) solo de pastagem e d) solo exposto.

Com relação a comparação da infiltração acumulada e da taxa de infiltração, vale ressaltar que não foi possível analisar graficamente o resultado obtido para o solo de floresta com os demais, pois a infiltração de água neste se deu de forma elevada que, em apenas seis minutos infiltrou todo o volume de água armazenado no infiltrômetro. A taxa de infiltração para o solo de floresta foi de 165 cm/h, resultado elevado também foi obtido por [6] em solo com cobertura de floresta em estágio avançado, que foi de 117,15 cm/h.

A Figura 4a apresenta a comparação da infiltração acumulada entre o solo de agricultura, solo de pastagem e solo exposto, onde pode ser observado que houve maior infiltração de água no solo de agricultura (7,1 cm), pois se trata de cultura de açaí, onde seu sistema radicular favorece a infiltração de água no solo. [7], o sistema radicular do açazeiro é do tipo fasciculado, relativamente denso, com raízes da planta adulta de aproximadamente 1 cm de diâmetro e extensão podendo atingir de 5 a 6 metros.

Por outro lado, a infiltração acumulada no solo utilizado para pastagem foi a menor dentre as demais, fato que pode ser justificado pela compactação do solo pelos animais. O manejo de animais sobre as pastagens causa modificações nas propriedades físicas do solo, e as pressões aplicadas pelo pisoteio dos animais ocasionam alterações na densidade e na porosidade do solo dificultando a infiltração de água [8].

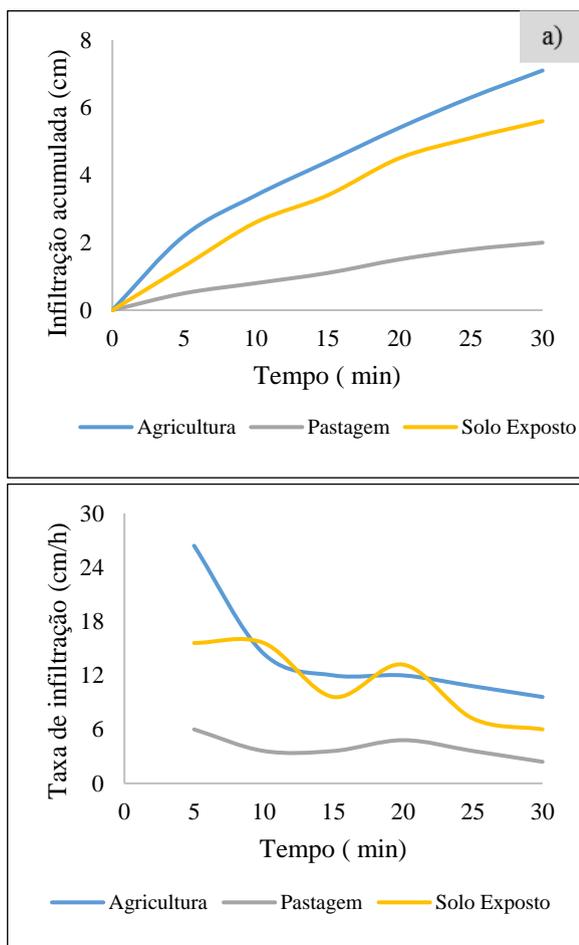


Figura 4 – Comparações: a) infiltração acumulada e b) taxa de infiltração.

Para a comparação da taxa de infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso e cobertura do solo (Figura 4b), pode-se observar que no solo de agricultura, a taxa foi elevada nos primeiros 10 minutos (26,4 cm/h) e a partir dos 25 minutos começou a se estabilizar (9,6 cm/h). A alta taxa de infiltração no solo de agricultura pode ser justificada por não ter movimentação de máquinas na área, o que pode compactar o solo. Já para o solo de pastagem, que apresentou menores taxas, não houve muita variação, sendo que a mesma se iniciou com 6 cm/h e estabilizando com 2,4 cm/h, a partir dos 30 minutos.

4. CONCLUSÕES

De acordo com as análises realizadas pelo estudo, conclui-se que o solo de floresta teve infiltração acumulada (IA) e taxa de infiltração (TI) mais elevadas que o solo de agricultura, solo de pastagem e solo exposto, pois os solos com cobertura vegetal

apresentam velocidade de infiltração maior devido a presença do sistema radicular das plantas, o que possibilita maior acúmulo de água no solo. Por outro lado, solos sem cobertura vegetal favorecem o escoamento superficial. O solo de pastagem foi o que apresentou menor infiltração acumulada e menor taxa de infiltração, isto porque este tipo de cobertura do solo é compactado pelo pisoteio dos animais, reduzindo os poros do solo, aumentando a densidade e dificultando a infiltração de água no solo.

5. REFERÊNCIAS

- [1] POTT, C. A., DE MARIA, I. C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.1, p. 19-27, 2003.
- [2] CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. *Hidrologia*. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p.115, 2006.
- [3] FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. S.; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.8, N.14; p. 369-378, 2012.
- [4] NUMES, J. A. S.; SILVEIRA, M. H. D.; SILVA, T. J. A. NUNES, P. C. M.; CARVALHO, K. S. Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em latossolo vermelho de cerrado. *Enciclopédia Biosfera*, v.8, n.15, p. 1685, 2012.
- [5] SANTOS, P. M. R.; SILVA, A. P. C.; SILVA, J. J. G., SANTOS, M. A. L. Avaliação da infiltração da água no solo pelo método de infiltrômetro de anéis. *INOVAGRI International Meeting*, 2017.
- [6] COSTANARO, T. C.; MAFFIA, V. P.; DIAS, H. C. T. Capacidade de Infiltração de água no solo em um fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa, MG. *Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade*, Taubaté, Brasil, p.149-156, 2009.
- [7] OLIVEIRA, M. S. P.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O.; MULLER, C. H. *Cultivo de açaizeiro para a produção de frutos*. EMBRAPA, 2002.
- [8] BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem capim elefante anão cv. Mott. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1047 1054, 2000.

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VILHENA-RO

ANALYSIS OF RAINFALL ON THE MUNICIPALITY OF VILHENA-RO

Renei Rocha De Carvalho¹, Ediony Lopes Cardoso², Angélica Luciana Barros de Campos³

^{1*} Professor no curso Tecnológico em Gestão Ambiental – IFRO/Campus Colorado do Oeste

² Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFRO/Campus Colorado do Oeste

³ Mestra em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Universidade de Brasília

*Autor correspondente: e-mail: renei.carvalho@ifro.edu.br

RESUMO

A disponibilidade de precipitação pluviométrica numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento doméstico e industrial, serve como base para dimensionamento de obras hidráulicas, tais como bueiros, pontes e barragens. Nos últimos anos, mais precisamente, no sul de Rondônia, o avanço do desmatamento para a agricultura e a pecuária têm alterado as condições climáticas, reduzindo a disponibilidade hídrica local. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar as variações das precipitações dos anos de 2013 a 2017. Para isto, foram utilizados dados da Estação Meteorológica Automática instalada no município de Vilhena/RO, nos quais foram determinadas as precipitações acumuladas, precipitações médias mensais, precipitação total anual e, por fim, foi realizada análise de ocorrências de eventos críticos, ou seja, precipitações máximas e mínimas ocorridas em cada mês para o período estudado. Na análise da precipitação média mensal, foi observado que os eventos críticos de máxima precipitação ocorreram no período chuvoso, com destaque para o mês de janeiro, que apresentou máxima de 558 mm, seguido por março e fevereiro, onde apresentaram máximas de 456 e 569 mm, respectivamente. Já para as precipitações mínimas, ocorreu no período de seca, nos meses de junho e julho, com precipitações de 2,6 e 0,0 mm, respectivamente. Dessa forma, com base nas análises dos dados de precipitações, torna-se possível que os agricultores se planejem para as atividades agrícolas, as quais levam em consideração os períodos secos e chuvosos.

Palavras-chave: Precipitações; Medições; Estações automáticas; Meteorologia.

ABSTRACT

The availability of rainfall in a basin during the year is the determining factor for quantifying, among others, the need for crop irrigation and domestic and industrial supplies, as well as serving as a basis for sizing hydraulic works such as culverts, bridges and dams. In recent years, more precisely in the south of Rondônia, the advance of deforestation for agriculture and livestock has changed climate conditions, reducing local water availability. Thus, the objective of this work was to analyze the variations of precipitation from 2013 to 2017. For this, data were used from the Automatic Meteorological Station installed in the municipality of Vilhena / RO, in which the accumulated precipitation, monthly average rainfall, were determined. total annual precipitation and, finally, analysis of critical event occurrences was performed, that is, maximum and minimum precipitation occurred in each month for the studied period. In the

analysis of the monthly average precipitation, it was observed that the critical events of maximum precipitation occurred in the rainy season, especially in January, which presented a maximum of 558 mm, followed by March and February, where they presented maximums of 456 and 569 mm. respectively. For the minimum precipitation, this event occurred in the dry season, in June and July, with precipitation of 2.6 and 0.0 mm, respectively. Thus, based on the analysis of rainfall data, it becomes possible for farmers to plan for agricultural activities, which take into account dry and rainy periods.

Keywords: Precipitations; Measurements; Automatic stations; Meteorology.

1. INTRODUÇÃO

Na análise dos impactos das mudanças climáticas, torna-se indispensável definir o ambiente como um sistema composto por elementos mais amplos do que apenas os recursos naturais. Desse modo, entende-se o ambiente como o meio de onde a sociedade extrai os recursos essenciais à sobrevivência e os necessários ao processo de desenvolvimento socioeconômico [1]. Segundo a legislação brasileira, Lei Federal nº 6.938/81, tem-se a definição de ambiente: “conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Desta maneira, estamos constantemente sofrendo as consequências das mudanças impostas pelo sistema ambiental no qual nos inserimos. Portanto, as mudanças no ambiente decorrentes de alterações do clima terão efeitos nas mais diversas atividades humanas [2].

Segundo [3], o ciclo hidrológico da água é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. O conceito de ciclo hidrológico está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera.

Como um dos componentes do ciclo hidrológico tem-se a precipitação, que é entendida, em hidrologia, como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitações e o estado em a água se encontra [4]. A disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento doméstico e industrial [4], sendo que, a determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo [5].

Não há dúvida de que a precipitação pluviométrica é o elemento meteorológico que apresenta a maior variabilidade espacial e temporal, tanto em quantidade quanto em distribuição mensal e anual, e espacial, quando se compara o valor observado, ou mesmo esperado, de um local para outro dentro da própria região [6]. Ela é responsável por grande parte do desenvolvimento agrário de uma região. Em regiões de recursos hídricos escassos, a contribuição de produtos para a rede alimentícia é mínima devido a problemas meteorológicos; por outro lado, a precipitação pluvial é a forma mais econômica e ambientalmente correta de uso da água na agricultura, pois não há necessidade de se importar água através de irrigação, além de manter em equilíbrio os recursos hídricos existentes em outras regiões diminuindo, conseqüentemente os custos de produção, mas preservando o meio ambiente [7].

Na maior parte das terras agricultáveis não se utiliza a irrigação, dependendo-se exclusivamente dos regimes pluviométricos. Emprega-se no Brasil, a precipitação mensal média no dimensionamento de projetos agrícolas, fato este, passível de ocasionar um erro para o produtor devido à grande variabilidade dos dados [7]. De acordo com [8], a precipitação mensal máxima utilizada é de 75% de probabilidade resultando, portanto, uma precipitação mínima de 25%, haja vista tratar-se de um valor inverso do outro, em termos probabilísticos.

A precipitação acontece por meio de chuva. A chuva é um dos vários tipos de precipitação do vapor d'água existente na atmosfera, sendo caracterizada pela queda da água em sua forma líquida. É possível, assim, caracterizá-la e classificá-la com base em diferentes critérios, como o índice de acidez ou a sua intensidade. No entanto, a seguir, destacaremos os principais tipos de chuva, conforme sua classificação mais comum, que se baseia em sua forma de ocorrência. Desse modo, têm-se três tipos de chuva principais: as convectivas, as orográficas e as frontais [9].

A precipitação determinada à disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica e, na região sul de Rondônia, o avanço do desmatamento para a agricultura pecuária tem alterado as condições do ciclo hidrológico, ocasionando transtornos para o ambiente natural e a sociedade local, favorecendo, no período chuvoso, o escoamento superficial, o que pode provocar a degradação do solo (erosões), e no período seco, a escassez de água em determinadas propriedades [10].

Diante disso, é importante realizar estudos de séries de precipitações para subsidiar projetos de infraestruturas urbanas, tais como dimensionamento de galerias pluviais. Dessa forma, este estudo tem como objetivo analisar os dados históricos de precipitação

pluviométrica para um período de cinco anos no município de Vilhena/RO.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Vilhena, que se localiza sob as coordenadas geográficas 12°44' S e 60°08' O, com altitude de 612 metros. Possui uma área de 11.519 km² representando 4,8% do estado, seu território tem como limite territorial as cidades de: Espigão d'Oeste - RO, ao noroeste, Chupinguaia - RO e Pimenta Bueno - RO, ao oeste, Colorado do Oeste - RO, ao sul e Comodoro - MT, ao sudeste. A Figura 1 apresenta a área de estudo.

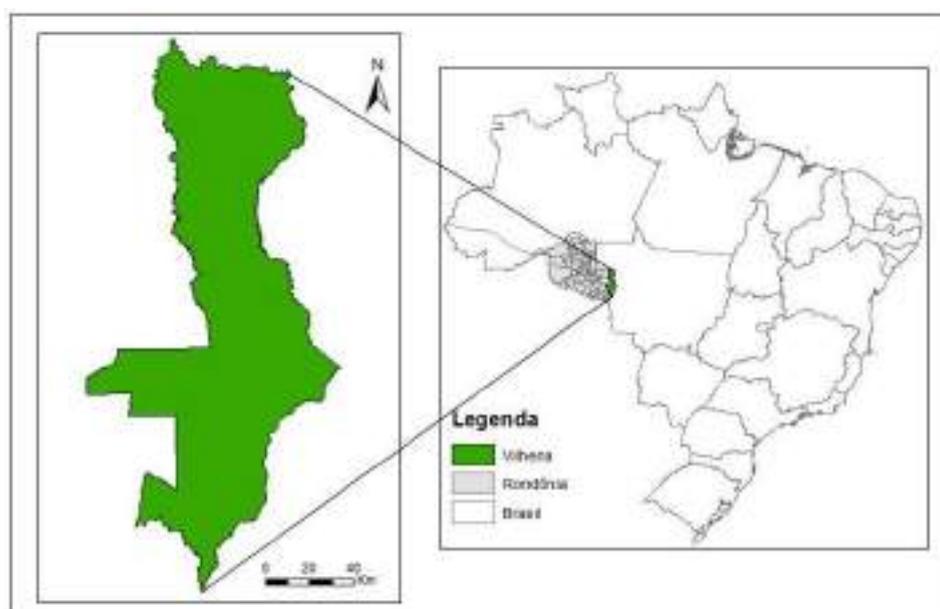


Figura 1 - Localização da área de estudo.

O município de Vilhena, de acordo com estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2018, possui população de 97.448 habitantes, sendo o quarto município mais populoso de Rondônia. Com o segundo melhor IDH de Rondônia, a cidade encontra-se em constante expansão nos setores da indústria, comércio e serviços, além de constituir um forte polo agrícola na região. Além disso, a cidade vem se tornando um grande polo educacional, atraindo diversos estudantes de uma macrorregião que abrange a região sul de Rondônia e norte do Mato Grosso.

Para execução do estudo foi adquirido dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) dos anos de 2013 a 2017. Para a análise dos dados, foi utilizada a precipitação

acumulada em cada mês do ano (Eq.1), em seguida, foi calculada a precipitação média mensal para o período analisado (Eq. 2) e, posteriormente, foi determinada a precipitação total anual para os cinco anos, que é a soma da precipitação de todos os meses de cada ano. Por fim, utilizando as funções “máximas” e “mínimas” do Excel, foi realizada a análise das ocorrências dos eventos críticos, ou seja, as precipitações máximas e mínimas ocorridas em cada mês para o período estudado.

$$P_{acum} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (Eq. 1)$$

Onde P_{acum} é a precipitação acumulada (mm), P_i é a precipitação no dia i (mm) e n é o número de dias do mês.

$$P_{méd} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (Eq. 2)$$

Onde $P_{méd}$ é a precipitação média (mm), P_i é a precipitação no mês i (mm) e n é o número de anos considerados na análise.

Optou-se por realizar essa análise para o município de Vilhena, pois este possui uma Estação Meteorológica Automática administrada pelo INMET, o qual disponibiliza dados horários, sendo esta estação, a que se localiza mais próxima do IFRO/Colorado, cerca de 60 km além disso, possui condições climáticas semelhantes à de Colorado do Oeste.

Os dados utilizados neste trabalho têm como fonte uma estação meteorológica automática, que coleta dados horários de diferentes parâmetros, tais como temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade dos ventos, radiação solar representativas da área em que está localizada [11].

Justifica-se este estudo pela importância das análises dos dados de precipitações, que auxiliam para a tomada de decisões acerca das infraestruturas urbanas, como por exemplo, o dimensionamento dos sistemas de drenagem das águas pluviais, para construção de pontes, que são realizadas baseadas na ocorrência de eventos críticos, além de servir como dados para ações da defesa civil em determinadas circunstâncias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada a análise de precipitações históricas para o município de Vilhena para o período de cinco anos, de 2013 a 2017, o qual consistiu na análise das variações das

precipitações. A Figura 2 apresenta os dados das precipitações mensais dos anos de 2013 a 2017.

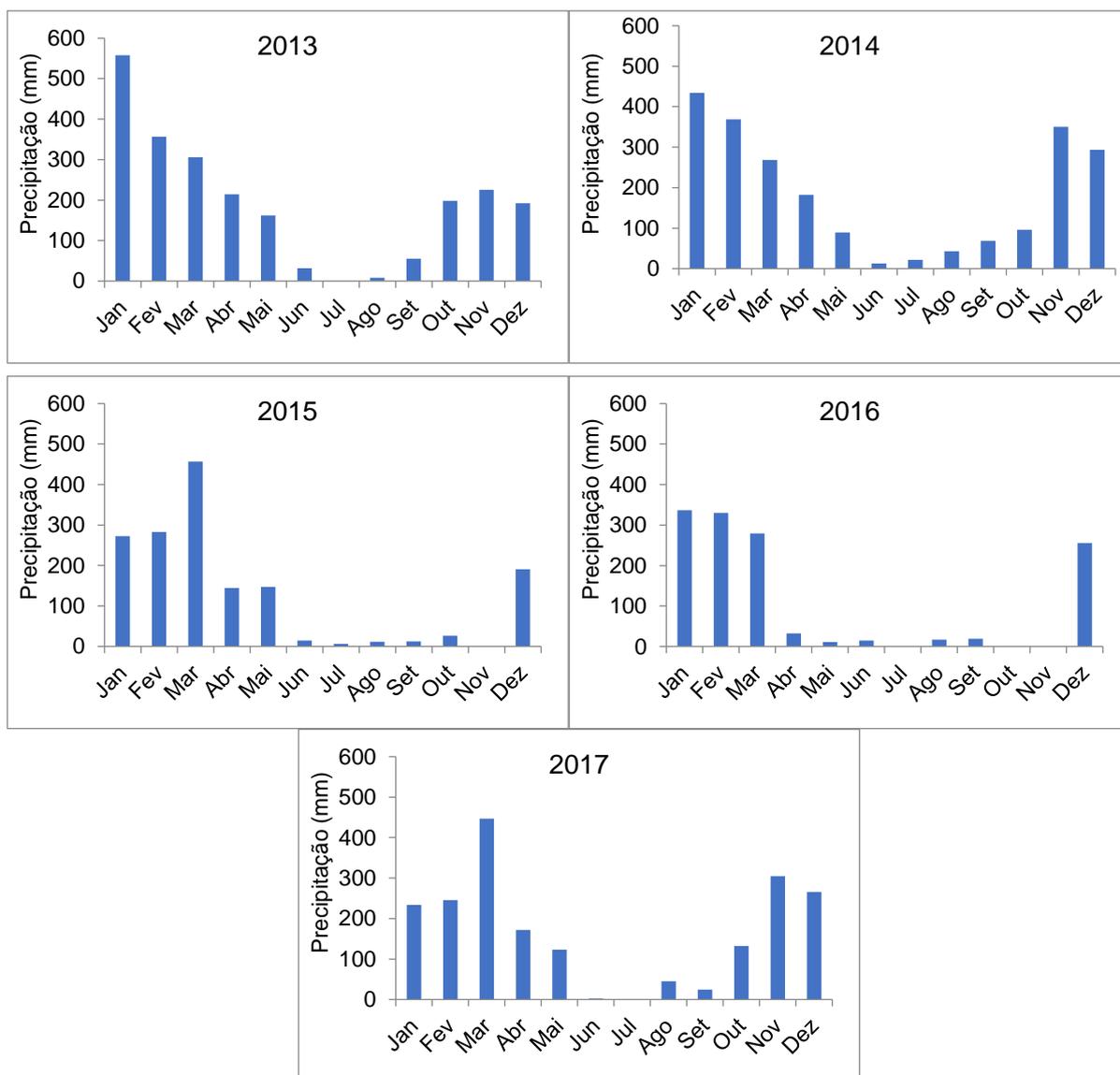


Figura 2 – Precipitações mensais para os anos de 2013 a 2017.

A análise da Figura 2, que apresenta as médias mensais de precipitações no período de cinco anos, mostra que os meses de precipitações mais elevadas, foram os meses de janeiro a março e os meses de outubro a dezembro. Dentre eles, os meses de janeiro e março foram os que apresentaram maiores volumes de precipitações.

Os meses de maio a setembro foram os meses com menores volumes de precipitações, o mês de julho foi o de menor volume precipitado, seguido do mês de junho. No ano 2013 houve maior precipitação nos meses de janeiro e fevereiro. Vale ressaltar que

nos meses de novembro de 2015, outubro e novembro de 2016 não foram registrados dados de precipitação na estação meteorológica. Isto se deve, provavelmente, a problemas apresentados pela estação. A Figura 3 apresenta a precipitação média dos anos de 2013 a 2017.

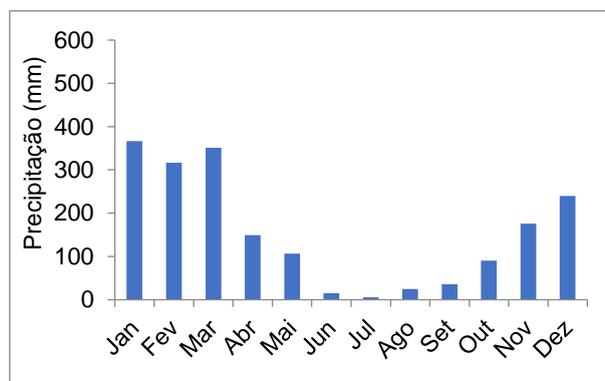


Figura 3 – Precipitação média.

A análise da Figura 3, no período de cinco anos, mostra que nos meses de janeiro e março foram os meses com maior precipitação mensal, seguido de fevereiro, novembro e dezembro. Os meses de abril a outubro foram os que apresentaram menores volumes de precipitações, com período crítico nos meses de junho a agosto. A Figura 4 apresenta a precipitação anual para o período analisado.

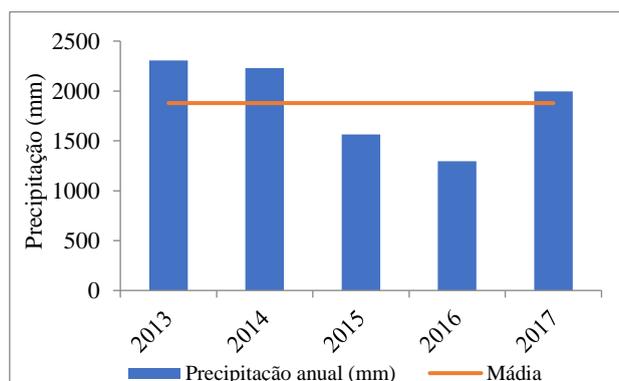


Figura 4 – Precipitações anuais e médias de precipitações.

Os maiores volumes de precipitações ocorreram nos anos de 2013 e 2014, com 2306,4 mm e 2229,4 mm, respectivamente, seguido dos anos 2017 e 2015, porém, o ano de 2016 foi o ano que apresentou menor volume precipitado, abaixo da média dos cinco anos. A Figura 5 apresenta as precipitações máximas e mínimas mensais para o período de

2013 a 2017.

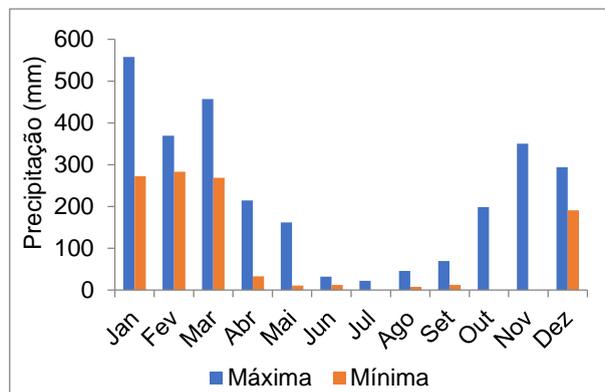


Figura 5 – Precipitações máximas e mínimas.

De acordo com a Figura 5, pode-se observar que os eventos críticos de máxima precipitação ocorreram no período chuvoso, com destaque para o mês de janeiro, que apresentou máxima de 558 mm, seguido por março e fevereiro, onde apresentaram máximas de 456 e 569 mm, respectivamente. Já para as precipitações mínimas, esse evento ocorreu no período de seca, nos meses de junho e julho, com precipitações de 2,6 e 0,0 mm, respectivamente.

Cabe ressaltar que a análise das precipitações máximas e mínimas é de extrema importância para a previsão de eventos críticos extremos, como por exemplo, grandes enchentes e estiagens. Além disso, os estudos de pluviometria servem de base para o dimensionamento de importantes obras, como drenagem urbana, pontes, barragens, dentre outras.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, ao longo do período analisado, do ano de 2013 a 2017, foi possível observar que ocorre uma tendência de padrão na distribuição temporal das precipitações ano após ano. Os eventos críticos de máximas precipitações começam no mês de novembro, se estendendo até março. Os eventos de mínimas precipitações ocorrem nos meses de junho a agosto.

Por fim, recomenda-se que sejam realizados estudos em escala temporal maiores, para que possam ser obtidos resultados mais precisos.

5. REFERÊNCIAS

- [1] SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. Oficina de Textos. São Paulo, 2008.
- [2] BORK, K.C.; MELO, T. M.; ADAM, K. N.; CASTRO, A. S.; LEANDRO, D.; CORRÊA, L. B. Projeções de temperatura e precipitação para detecção de mudanças climáticas na Bacia do Rio Taquari-Antas. Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**. v.2, n.2, p.25-37, 2016.
- [3] SILVA, L. D. B e CARVALHO, D. F. **Hidrologia**. Capítulo 2: Ciclo hidrológico. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>, [acesso 15 de ago 2019].
- [4] ARAI, F. K. **Caracterização da disponibilidade hídrica na Bacia Hidrográfica do Ivinhema, MS**. (Dissertação) Mestrado em Agronomia. Universidade Federal da Grande Dourados (Dourados), 2010.
- [5] TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS. Porto Alegre, 2009.
- [6] ALMEIDA, H. A.; FARIAS, M. P; CABRAL JUNIOR, J. B.; CABRAL, L. N. Variabilidade temporal e espacial da chuva nas localidades mais secas da Paraíba. In: **Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Fortaleza, 2010.
- [7] VIEIRA, J. P. G. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.7, p.762–767, 2010.
- [8] BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6 ed. UFV. Viçosa, 1995.
- [9] SOUZA, V.C. **Estudo da qualidade da água de chuva para fins de aproveitamento doméstico**. (Trabalho de Conclusão de Curso) Engenharia Civil. Universidade Federal de Juiz de Fora (Juiz de Fora), 2013.
- [10] RIBEIRO, A. A. Comparação entre dados meteorológicos obtidos por estações convencionais e automáticas no estado do Piauí, Brasil. **Irriga**, v.22, n.2, p.220-235, 2017.
- [11] RODRIGUES, R. V. C. **A atuação da gestão ambiental como medida profilática no controle do Escorregamento urbanos e nos processos hídricos do Rio de Janeiro**. (Monografia) Pós-graduação em Gestão Ambiental. Universidade Cândido Mendes (Rio de Janeiro), 2010.

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA E COBERTURA VEGETAL
DE ÁREA URBANA UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO EM
COXIM/MS**

**ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN URBAN TEMPERATURE AND
VEGETABLE COVERAGE USING REMOTE SENSING IN COXIM/MS**

Gustavo Tureta Pereira*¹, Sara Line Silveira Araújo¹, João Carlos Silva Cardoso¹,
Antonia Luziane Vieira Oliveira¹, Jéssica Lauany dos Santos Cesconetto¹, Karoline Paula
Peixoto¹, Rodrigo Martins Moreira².

¹Acadêmicos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Fundação Universidade
Federal de Rondônia (UNIR).

²Docente da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Departamento de
Engenharia Ambiental (DEA).

* Autor correspondente: e-mail: gustavotureta@gmail.com

RESUMO

Nos últimos anos, o processo de urbanização no Brasil se intensificou, causando preocupação com relação à qualidade de vida nos centros urbanos. A ocupação de espaços urbanos de forma desordenada causa inúmeras consequências negativas implicam na perda de vegetação e alteração do microclima urbano. Neste cenário, o uso de ferramentas de sensoriamento remoto para estudos da dinâmica do clima é de grande relevância. Este trabalho teve como objetivo analisar o processo de urbanização e áreas verdes e sua relação com a temperatura na cidade de Coxim-MS utilizando Sensoriamento Remoto. Foram utilizadas imagens Landsat 5, sensor TM e Landsat 8, sensores OLI e TIRs. A estimativa aparente da temperatura superficial foi obtida por meio da banda termal da região do infravermelho. O método utilizado para estimativa do índice de vegetação foi o SAVI. Quando analisada a área urbana observou-se que as áreas centrais apresentaram valores mais elevados de temperatura, o que está relacionado a diminuição de vegetação. O processo de ampliação da ocupação urbana se mostra presente quando comparada às imagens de 2000 e 2018, ainda, observa-se um aumento na temperatura máxima de 4,01 °C. Assim, quando avaliado as variações de temperaturas nos mapas, pode-se notar padrões que indicam que a presença de áreas verdes propicia temperaturas amenas no ambiente. Sendo assim neste trabalho fica evidente a importância contida no sensoriamento remoto para estudos da dinâmica do clima urbano e sua relação com preservação de vegetação.

Palavras chaves: SAVI. Ilhas de calor. Área verde. Geoprocessamento. Urbanização.

ABSTRACT

In recent years, the urbanization process in Brazil has intensified, causing concern about the quality of life in urban centers. The occupation of urban spaces in a disorderly manner causes numerous negative consequences implying the loss of vegetation and alteration of the urban microclimate. In this scenario, the use of remote sensing tools for studies of climate dynamics is of great relevance. This work aimed to analyze the process of urbanization and green areas and its relationship with temperature in the city of Coxim-MS using Remote Sensing. Landsat 5, TM and Landsat 8, OLI and TIRs sensors were used.

The apparent estimation of surface temperature was obtained by the infrared thermal band. The method used to estimate vegetation index was SAVI. When analyzing the urban area, it was observed that the central areas presented higher values of temperature, which is related to the decrease of vegetation. The process of expansion of the urban occupation is present when compared to the images of 2000 and 2018, still observes increase in the maximum temperature of 4.01 ° C. Thus, when assessing temperature variations in the maps, one can notice patterns that indicate that the presence of green areas provides mild temperatures in the environment. Thus, in this work, the importance of remote sensing for studies of urban climate dynamics and its relationship with vegetation preservation is evident.

Keywords: SAVI. Heat Islands. Green area. Geoprocessing. Urbanization.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o processo de urbanização no Brasil se intensificou, resultando em 80% da população residindo nas cidades [1]. Neste contexto, surge uma preocupação com relação à qualidade de vida nos centros urbanos, pois esse fator acrescentado à ausência de investimento e aliado ao mal planejamento de áreas verdes, ocasiona inúmeras consequências negativas no microclima local. Soma-se ainda que, a perda de vegetação nas cidades favorece o surgimento de ilhas de calor, fenômeno que se origina em regiões com pequenas concentrações de áreas verdes e uma alta quantidade de edificações. Esse fenômeno pode acarretar maior suscetibilidade de complicações à saúde, como oscilação de pressão arterial, desidratação, problemas renais, respiratórios, dentre outros [2].

Em relação ao ambiente urbano, áreas verdes possuem influência direta sob o conforto térmico, causando alterações na temperatura da área urbana. Com a aglomeração das árvores ocorre o processo de adensamento das copas, esse processo pode acarretar uma redução na temperatura do ar que pode chegar à 4 °C, quando comparada às áreas de influência direta à exposição à radiação solar [3, 4].

Neste cenário, o sensoriamento remoto e geoprocessamento traduzem-se em ferramentas chave para estudos do clima urbano. A análise espaço-temporal da alteração no uso e ocupação do solo fornece informações relevantes sobre a temperatura da superfície terrestre e favorece o monitoramento da distribuição espacial da vegetação [5-9].

Os avanços na área de geotecnologias permitiram à comunidade científica a elaboração de diversos estudos que avaliaram as mudanças na cobertura da Terra, sobretudo no monitoramento da vegetação e temperatura de superfície. [10] analisou o

comportamento da temperatura de superfície na região urbana do município de Araxá-MG onde averiguou que em áreas mais retiradas do centro e localizadas mais próximas a áreas de preservação permanente foram obtidas temperaturas mais baixas, por outro lado [11] fez uma estimativa da temperatura da superfície por meio de sensoriamento remoto na região da Amazônia Ocidental brasileira, a banda termal do satélite Landsat 8 foi utilizada como fonte de dados para ambos os dois estudos supracitados. [12] estudou o entorno da barragem de Botafogo-PE onde os autores analisaram a cobertura vegetal por meio de índices vegetativos como o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI – *Soil-Adjusted Vegetation Index*), Em contrapartida, [13] comparou os valores de SAVI e Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*) obtidos por sensoriamento remoto para a região de São Domingos do Cariri-PB através de imagens do satélite Landsat 5, de acordo com os autores, tanto o SAVI quanto o NDVI são passíveis de serem usados como indicador vegetativo de regiões em processo de desertificação, onde os seus resultados se aproximam da realidade e podem contribuir para a tomada de decisões em diagnósticos ambientais.

A integração de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento em plataformas de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são considerados uma tecnologia primordial para o desempenho de análises advindas de dados espaciais, que ao serem integradas fornecem alternativas que possibilitam melhor compreensão das dinâmicas do meio físico e sua interação com variáveis antrópicas [14]. Ainda, o estudo da evolução da temperatura da superfície em diferentes tipos e ocupações do solo urbano é chave para executar o planejamento ambiental e tomada de decisões [15].

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi analisar a relação entre a mudanças do uso e ocupação do solo com temperatura da superfície na cidade Coxim-MS, nos anos de 2000 e 2018, utilizando dados de sensoriamento remoto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho tem como área de estudo a zona urbana do município de Coxim, ao norte do Estado de Mato Grosso do Sul, com as coordenadas na latitude de 18°30'25" Sul e longitude de 54°45'36" Oeste. Compreende uma extensão territorial do município 6.409,224 km² e uma população de 29.145 habitantes de acordo com o censo de 2010 [16],

apresentando uma densidade demográfica de 5,02 hab/km², conforme mostrado na Figura 1.

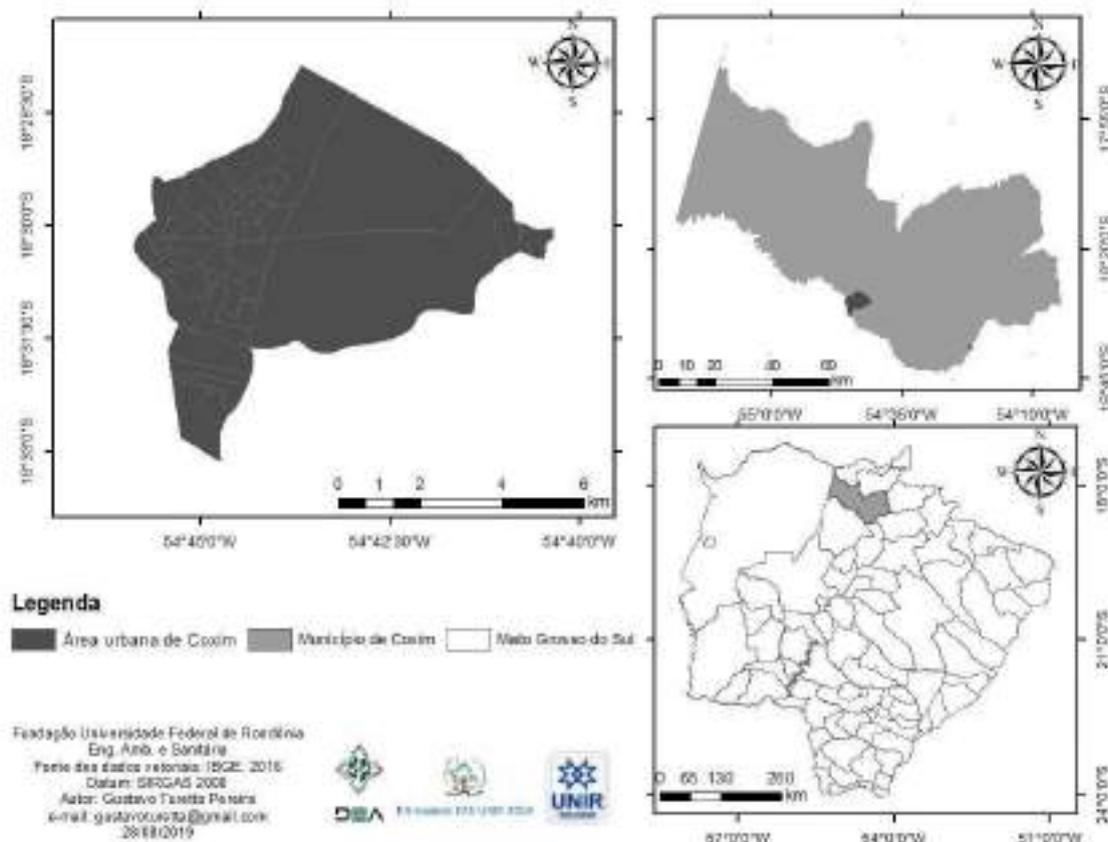


Figura 1- Mapa de localização da área urbana de Coxim-MS.

Fonte: autoria própria.

A maior parte do estado do Mato Grosso do Sul se enquadra como de clima tropical (Aw), de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, apresentando elevadas temperaturas no verão, acompanhadas de chuvas e seca no inverno [17]. As taxas médias de temperatura dos meses são acima de 20 °C e as temperaturas mínimas são abaixo de 18 °C.

2.2 AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DAS IMAGENS

No presente estudo utilizou-se imagens dos anos de 2000 e 2018, dos satélites Landsat 5 sensor *Thematic Mapper* (TM), órbita ponto 225/073 e Landsat 8 sensor *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), órbita ponto 225/073, respectivamente, adquiridas na plataforma do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Entre as bandas utilizadas, estão as bandas 3 (Vermelho), 4 (Infravermelho

próximo) e 6 (Infravermelho termal) do sensor TM, e 4 (Vermelho) e 5 (Infravermelho próximo) do sensor OLI e banda 10 (Infravermelho termal) do TIRs.

O *software* QGIS 2.18 [18] foi utilizado para o processamento digital das imagens e cálculo da temperatura de superfície e Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI).

2.3 ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

Foram executados todos os procedimentos de conversão dos valores dos níveis de cinza em reflectância ao topo da atmosfera e cálculo da temperatura ao topo da atmosfera foram realizadas no ambiente do *software* QGIS 2.18 [18].

O primeiro passo é a conversão do Número Digital (ND) para valores absolutos de reflectância, de acordo com [19] (EQUAÇÃO 1).

$$\rho\lambda' = \frac{M\rho * Q_{cal} + A\rho}{\text{Sen}(\theta_{SE})} \quad (1)$$

Onde:

$\rho\lambda'$ = reflectância espectral (Watts/(m² * srad * μm)).

$M\rho$ = Fator multiplicativo para reescalonamento do metadado da banda específica.

Q_{cal} = Valores dos pixels do produto já quantificados e calibrados, ou seja, a banda a ser usada (ND).

$A\rho$ = Fator aditivo para reescalonamento do metadado da banda específica.

SE = Elevação do sol.

O segundo passo foi o cálculo da temperatura, usando as calibrações disponíveis nos metadados das imagens e as constantes de emissividade por unidade [20], como mostrado na Equação 2:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} - 273,15 \quad (2)$$

Onde:

T: temperatura em °C.

K1: constante de conversão termal para a banda.

K2: constante de conversão termal para a banda.

$L\lambda$ = reflectância espectral (Watts/(m² * srad * μm)).

2.4 ESTIMATIVA DO SAVI

O SAVI foi proposto por [21] para ajustar o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) a áreas com cobertura vegetal esparsa, de modo a diminuir a interferência de reflectância do solo sobre a análise de vegetação. O SAVI é calculado a partir da seguinte Equação 3:

$$SAVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R+L)} \times (1 + L) \quad (3)$$

Onde:

NIR: banda correspondente ao Infravermelho Próximo.

R: banda correspondente ao vermelho.

L: variável de ajuste do solo.

O fator L foi adicionado à fórmula do NDVI representando a variável do solo, esse valor é utilizado com o intuito de minimizar a interferência do brilho do solo. O valor de L varia de 0 a 1, onde 0 áreas com vegetação densa, e sem influência do solo e 1 são áreas de estudo com altíssima quantidade de solo exposto. O fator $(1+L)$ foi adicionado a fim de normalizar os resultados dentre os valores de -1 a 1. O valor utilizado foi o de 0,5, esse valor é utilizado para vegetações intermediárias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Organizou-se, em forma de mapa temático, os dados de temperatura e SAVI estimado nos períodos estudados (FIGURA 2).

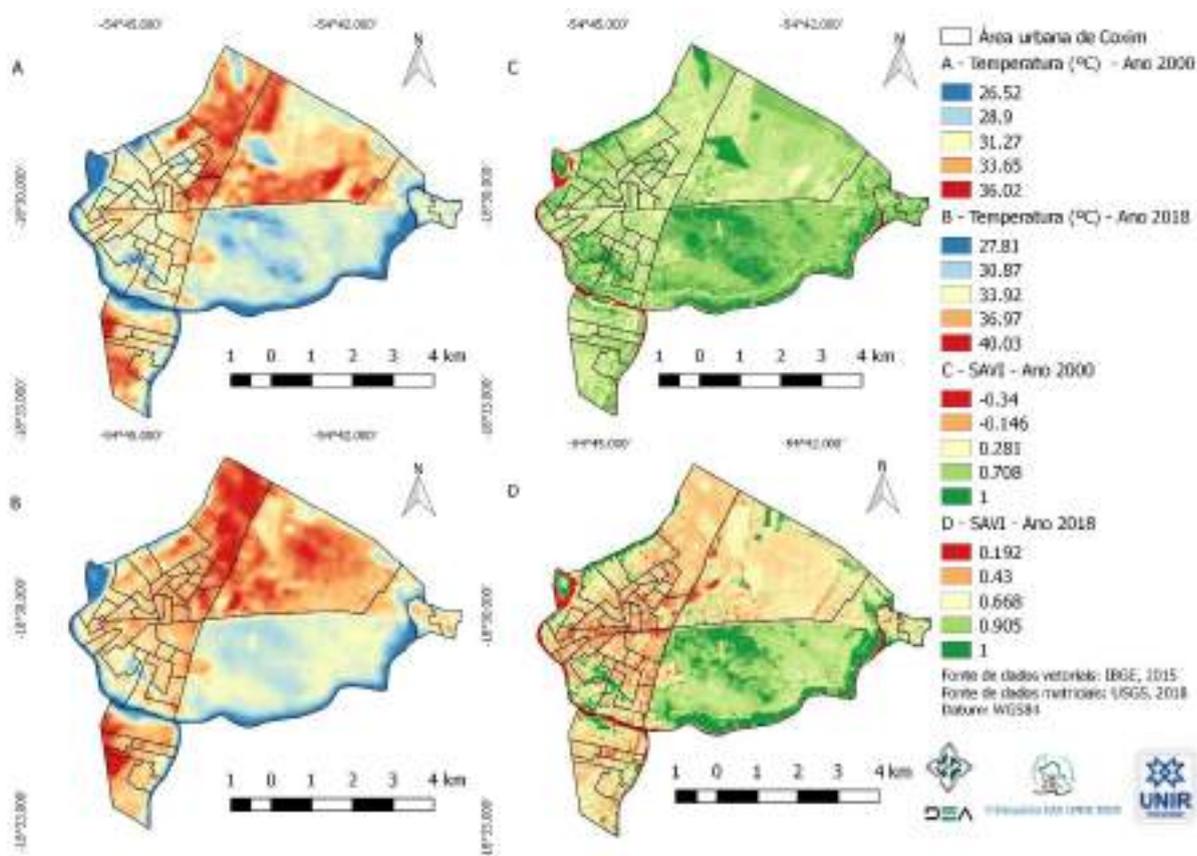


Figura 2 - Mapa com dados especializados de temperatura no ano de 2000 (A), 2018 (B) e SAVI no ano de 2000 (C) e 2018 (D).

Fonte: autoria própria.

De acordo com a Figura 2, as regiões mais quentes da extensão urbana na cidade de Coxim-MS no ano de 2000 se concentram na região central, onde a temperatura atinge em média 36,02 °C. Local com maior impermeabilização por edificações e menor quantidade de áreas verdes, que resultam na formação de ilhas de calor. No ano de 2018, esta mesma região continuou sendo a de maior temperatura, com um aumento de 4,01 °C. Podendo-se concluir que o uso e ocupação desta região ocasiona uma elevação da temperatura e impacta diretamente a qualidade de vida dos habitantes. [22] encontraram valores semelhantes na considerada “mancha urbana”, onde obteve-se as maiores temperaturas (30 °C a 36 °C) e como consequência predominava-se o desconforto ambiental.

Nas áreas mais arborizadas, foram classificadas como zonas ecótonos, pois apresentam a transição entre os biomas pantanal e cerrado, por [23] observa-se temperaturas mais baixas, sendo elas de 25,52 °C em 2000 e 27,81 °C no ano de 2018. Em 18 anos esta região sofreu o menor acréscimo na temperatura, evidenciando a relevância que as áreas verdes possuem no clima de uma cidade.

No ano de 2016, [24] encontraram valores semelhantes ao analisar a distribuição espacial da temperatura em Cáceres-MT, com as menores temperaturas variando de 27,48 °C a 29,00 °C, áreas verdes e áreas sem ou com pouca vegetação, respectivamente. Esses valores resultam da grande presença de umidade encontrada nesses ambientes, visto que essas áreas contêm grande aplicabilidade na absorção de radiação solar e regulação da temperatura, diminuindo o efeito de amplitude térmica. [25] colaboram com o exposto ao afirmar que grande parcela da energia que é obtida em locais com vegetação pode ser convertida em calor latente e transmitida à atmosfera por meio do processo de evapotranspiração. Segundo [26], as trocas de energia entre vegetação e a atmosfera, por meio do balanço de fluxo de calor latente e sensível, são de suma importância para a modelagem climática. Diante do exposto, as relações de troca de calor entre os distintos alvos da superfície terrestre são influenciadoras dos estudos da temperatura de superfície terrestre. Observa-se um aumento gradativo das temperaturas em todas as regiões da cidade.

No que diz respeito ao SAVI, determinou-se cinco classes com intervalos variando de -0,34 a 1 para o ano de 2000 e 0,192 a 1 para o ano de 2018 conforme Figura 2 C e Figura 2 D. Segundo [27], o SAVI é um aspecto relevante para a implantação de um padrão global simples e capaz de descrever a interação dinâmica entre o solo e a vegetação através de dados adquiridos por meio do sensoriamento remoto.

Ao estudar a cobertura vegetal através dos índices vegetativos Índice de Vegetação da Razão Simples (SR – *Simple Ratio Vegetation Index*), NDVI, SAVI, e o Índice de Vegetação Melhorado (EVI – *Enhanced Vegetation Index*), na sub-bacia do Vale do Rio Itapeçerica, Alto São Francisco, em Minas Gerais, [28] encontraram valores de SAVI variando entre -0,19 a 0,70 com média de 0,34. Neste mesmo estudo, para os índices de vegetação analisados foi constatado pelos autores que o SAVI obteve melhor desempenho em relação aos demais, fenômeno pelo qual pode ser explicado pelas características do solo na sub-bacia.

Do ano de 2000 para 2018 houve perda de vegetação em diversas partes da área urbana de Coxim. Paralelo a isso, a temperatura de superfície aumentou nas mesmas áreas em que o SAVI diminuiu. Ao analisar os intervalos de variação da temperatura nos dois anos estudados, nota-se que o intervalo de valores de temperatura de superfície aumentou de 2000 para o ano de 2018, enquanto as áreas com vegetação mais saudáveis diminuíram. Isso evidencia que a temperatura do solo está diretamente relacionada com a cobertura vegetal.

4. CONCLUSÃO

Ficou nítido que a presença de vegetação influencia diretamente na temperatura do ambiente, sendo que onde há vegetação a temperatura tende a ser menor. Diante da pesquisa em questão, averigua-se que a obtenção de dados via sensoriamento remoto é rápida, gratuita, e de fácil manuseio. Além disso, o uso de ferramentas do sensoriamento remoto é crescente e confiável, capaz de fornecer elementos significativos para a análise temporal do uso e ocupação do solo, assim como o sua relação com a perda de vegetação, ressaltando que esse tipo de estudo demonstra eficiência quando relacionado a ausência de dados meteorológicos o que ocasiona uma alternativa viável para estudos climáticos.

Deste modo, é visível a importância de ferramentas de sensoriamento remoto nas ciências ambientais, pois estas proporcionam análise visual que auxiliam a tomada de decisão e na visualização de como a cobertura vegetal pode influenciar diretamente na temperatura. Essas ferramentas são de grande relevância para o planejamento ambiental urbano auxiliando na implantação de áreas verdes em locais estratégicos, assim contribuir para um melhor conforto térmico das cidades.

5. REFERÊNCIAS

[1] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=51&dados=0>, [acessado 28 agosto 2019].

[2] SOUZA, L.C.L. Ilhas de calor. **Jornal Unesp**, v. 18, n.186, p. 11, 2004.

[3] COHEN, P; POTCHTER, O; MATZARAKIS, A. Daily and Seasonal Climatic Conditions of Green Urban Open Spaces in the Mediterranean Climate and Their Impact on Human Comfort. **Build Environ**, v. 51, p. 285-295, 2012.

[4] MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Sagra, 1996.

[5] DELGADO, R.C; SOUZA, L.P; SILVA, I.W.R; PESSÔA, C.S; GOMES, F.A. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. **Enciclopédia biosfera**, v. 8, n.14, p. 665-674, 2012.

[6] RODRIGUES, E.L; FERNANDES, D.H.F, ELMIRO, M.A.T; FARIA, S.D. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do Vale do Rio Itapeçerica, Alto São Francisco, em Minas Gerais. In: **16º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2013.

[7] COELHO, A.L.N; CORREA, W.D.S.C; NASCIMENTO, F.H. Uso de produtos de sensoriamento remoto para a classificação e análise de temperaturas de superfície no município de Vila Velha/Es (Brasil). **GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, v. 13, n.1, p. 61-76, 2013.

[8] BEZERRA, J.M; MOURA, G.B.D.A; SILVA, B.B; LOPES, P.M; SILVA, Ê.F.D.F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n.1, p. 73-84, 2014.

[9] SANTANA, N.C. Investigação de Ilhas de Calor em Brasília: Análise Multitemporal com Enfoque na Cobertura do Solo. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 7, n.6, p. 1044-1054, 2015.

[10] LEITE, S.D; OLIVEIRA, L.A; BORGES, W.C. Análise do comportamento de temperatura de superfície na malha urbana de Araxá/MG, utilizando-se banda termal do satélite Landsat 8. In: **1º Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias**, 2015.

[11] JÚNIOR, L.A.S.S; DELGADO, R.C; WANDERLEY, H.S. Estimativa da temperatura da superfície por sensoriamento remoto para a região da Amazônia Ocidental Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n.1, p. 237-250, 2018.

[12] SANTIAGO, M.M; SILVA, H.A; GALVINCIO, J.D; OLIVEIRA, T.H. Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no Entorno da Barragem do Botafogo-PE. In: **14º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2009.

[13] RÊGO, S.C.A; LIMA, P.P.S; MONTEIRO, T.R.R. Análise comparativa dos índices de4 vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PE. **Revista Geonorte**, v. 2, n.4, p. 1217-1229, 2012.

[14] FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

[15] PEREIRA, C.C; MARIANO, Z.F; WACHHOLZ, F; CABRAL, J.B.P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Geonorte**, v. 2, n.5, p. 1243-1255, 2012.

[16] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/webservice/frm_pu_hom_mul.php?codigo=500330, [acessado 28 ago 2019].

[17] VIANELLO, R.L; ALVES, A.R.A. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Editora UFV, 2000.

[18] SHERMAN, G.E; SUTTON, T; BLAZEK, R; HOLL, S; DASSAU, O; MORELY, B; MITCHELL, T; LUTHMAN, L. Quantum GIS User Guide - Version 1.7 "WROCLAW". Acesso em: 30.08.2018. Disponível em: <http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0_user_guide_en.pdf>.2011.

[19] CHEN, X.L; ZHAO, H.M; LI, P.X; YIN, Z.Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, n.2 p. 133-146, 2006

[20] CHANDER, G; MARKHAM, B.L; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n.5, p. 893-903, 2009.

[21] HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n.3, p. 295-309, 1988.

[22] MOREIRA, F.S.A; VITORINO, M.I; Relação de áreas verdes e temperatura da superfície para a cidade de Belém. **Papers Donaea**. Belém. v. 369, p. 3-25, 2017.

[23] AMARAL, F. C. S; CHARGAS, C. S; BHERING, S. B; FILHO, A. C; MOTTA, P. E. F; GONÇALVES, A. O; PEREIRA, N. R; JÚNIOR, W. C; ZARONI, M. J; DART, R. O; ÁGLIO, M. L. D; TAKAGI, J. S; LOPES, C. H. L. **Zoneamento Agroecológico do Município de Coxim - MS**. EMBRAPA, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento,

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Rio de Janeiro, 2012.

[24] RAMOS, A.W.P; NEVES, S.M.A.S; SILVA, G.J.O. Análise, a partir de imagem Landsat 8, de ilhas de calor na cidade brasileira de Cáceres/MT. In: **17º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & 1º Congresso Nacional de Geografia Física**, 2017.

[25] ALCÂNTARA, E.H; STECH, J.L; LORENZZETTI, J.A; NOVO, E.M.L.M; SOUZA, A.F. Estimativa dos fluxos de calor sensível e latente na superfície da água do reservatório de Itumbiara (GO) por meio de dados MODIS/Terra. In: **15º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2011.

[26] PAIVA, C.M. **Estimativa do Balanço de Energia e da Temperatura da superfície via satélite NOAA-AVHRR**. (Tese) Doutorado em Ciências em Engenharia Civil. Rio de Janeiro– Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.

[27] OLIVEIRA, L.M.T. **Estudo das Regiões Fitoecológicas brasileiras pela FAPAR/NDVI e relações com séries temporais de dados pluviométricos**. (Tese) Doutorado em Engenharia Civil– Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

[28] RODRIGUES, R.Á; DELGADO, R.C; SANTOS, R.S; FARIA, A.L.L; 2012. Evolução espaço-temporal de áreas densamente verdes em Belo Horizonte, MG utilizando técnicas de sensoriamento remoto. **Revista de Geografia**, v. 30, n.2 p. 139-152, 2012.

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DAS LAGOAS DE UM PARQUE MUNICIPAL NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

ANALYSIS OF PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICALS CHARACTERISTICS OF LAGOONS FROM A MUNICIPAL PARK IN WESTERN AMAZON

Nicolý Dal Santo Svierzoski^{1*}, Guilherme Bessa Bianchi², Yves Dias Brito², Nara Luisa Reis de Andrade³

¹Mestranda em Engenharia Civil na COPPE/UFRJ.

² Engenheiro Ambiental.

³ Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UNIR, campus Ji-Paraná.

*Autor Correspondente: email: nicolydalsanto@gmail.com

RESUMO

A expansão do espaço urbano de forma desordenada pode agravar áreas de preservação e comprometer serviços ambientais básicos. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi verificar as características físico-químicas das lagoas localizadas no Parque Ecológico Municipal de Ji-Paraná (PEM), assim como identificar as variações sazonais e observar a influência das águas de escoamento superficial na qualidade do ambiente lântico. O local definido para a pesquisa é localizado no leste do estado de Rondônia, inserido na bacia do Rio Machado. As variáveis analisadas estiveram em sua maioria em conformidade com o preconizado na CONAMA nº 357 de 2005 para corpos hídricos da Classe II. O Oxigênio Dissolvido (OD) e a Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) foram abaixo do estabelecido, devido a presença de matéria orgânica e macrófitas em elevada quantidade. Os valores de profundidade obtidos com o Disco de Secchi foram maiores no período seco, devido à baixa movimentação do corpo. Complementarmente, observou-se que as águas de escoamento influenciam negativamente a qualidade das lagoas, nas quais nos períodos de maior precipitação, os locais mais próximos a drenagem são mais atingidos.

Palavras-chave: variações sazonais; escoamento; macrófitas.

ABSTRACT

The construction of the urban space in a disorderly way presents an aggravating factor for a preservation and maintenance of the protection areas, altering the landscape and compromising the environmental services. This study aims to verify the limnological properties of the lagoons located in this park and to relate with possible anthropic pressure exerted on the area under study. The research was carried out in the municipality of Ji-Paraná, located in the eastern part of the state of Rondônia, located in the Machado River basin. The collections were carried out in the months of October 2016, March 2017 and July 2017, to cover the seasonal periods of the study region, being dry-humid, humid and dry. The variables were mostly in accordance with that recommended in CONAMA nº 357 of 2005 for Class II water bodies. They are the pH, Temperature, Ion Ammonium, Nitrite, Total Phosphorus. The dissolved oxygen (OD) and the Biological Oxygen Demand (BOD) were below the established, due to the presence of organic matter, macrophytes in high quantity. The depth values obtained with the Secchi Disc were higher in the dry period, due to the low water body movement and consequent suspension of the solids. In addition, it was observed that runoff negatively influences the quality of the lagoons, in which periods of greater precipitation, the places closest to the drainage are most affected.

Keywords: seasonal periods; runoff; macrophytes.

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem natural e finito que vem sofrendo com a diminuição de sua qualidade e com a escassez. Alguns dos usos que podem ser atribuídos a ela estão relacionados a abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação, geração de energia elétrica, navegação, recreação, pesca, paisagismo e diluição de efluentes. Sendo que esses usos podem ser denominados como consuntivos e não consuntivos. Os usos consuntivos são aqueles que retiram a água do corpo hídrico diminuindo a quantidade disponível para outros usuários. Já os usos não consuntivos não fazem retirada de água dos locais de origem, mas pode haver modificações de sua qualidade [1].

As características de cada corpo hídrico serão responsáveis por delimitar quais os usos destinados a eles. A construção do espaço urbano de forma desordenada apresenta um agravante para a preservação e manutenção das áreas de proteção, alterando a paisagem e comprometendo os serviços ambientais básicos. Essa ocupação, quando não leva em consideração os planos de gestão ambiental e o zoneamento da área em questão, favorece a descaracterização de solos e mananciais [2].

Um dos fatores que alteram a qualidade da água, em seu meio natural, é o despejo de efluentes sem o devido tratamento. A maior parte da poluição que atinge os rios decorre de pontos específicos, como tubulações de efluentes domésticos e industriais [3]. A ausência de tratamento altera as características físicas, químicas e biológicas do meio, comprometendo a sua qualidade e seus possíveis usos. A descarga de efluentes, contendo concentrações fora dos padrões, determinados em lei, de nutriente e matéria orgânica, acarreta danos à saúde da vida aquática e conseqüentemente a dos humanos e outros animais que utilizam deste meio [4]. O excesso de nutrientes pode ocasionar eutrofização, intoxicação por amônia e contaminação das águas subterrâneas por nitrato [5].

A eutrofização é o crescimento excessivo de algas que ocasiona diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na coluna d'água levando a morte de animais aquáticos, por meio do aumento nas concentrações de nitrogênio e fósforo. A forma não ionizada da amônia (NH_3) é tóxica aos animais aquáticos, ela está em equilíbrio no meio, mas quando lançamentos inadequados ocorrem há elevação de sua concentração [5].

Os recursos hídricos podem ser impactados pela poluição advinda de ações intensificadas de ocupação desordenada. Uma forma de analisar as características dos

corpos hídricos é com a determinação da qualidade de água, visando melhores ações sobre gestão dos recursos hídricos [6].

Para levantamentos das características locais de ambientes aquáticos são realizadas análises que visam o “estudo das reações funcionais e produtividade das comunidades bióticas de lagos, rios, reservatórios e região costeira em relação aos parâmetros físicos, químicos e bióticos ambientais” [7].

O presente trabalho visa assegurar o escopo da Lei municipal 1091 de 14 de julho de 2001 [8], modificada pela Lei municipal 2759 de 11 de dezembro de 2014 [9], que cria o Parque Ecológico Municipal de Ji-Paraná, com finalidade de preservar a fauna, a flora e a beleza natural do ambiente. E também verificar as características físico-químicas das lagoas localizadas no Parque Ecológico Municipal de Ji-Paraná (PEM), assim como identificar as variações sazonais e observar a influência das águas de escoamento superficial na qualidade do ambiente lântico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de Ji-Paraná (Figura 1), localizado no leste do estado de Rondônia, inserido na bacia do Rio Machado. A população da cidade foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE [10] para o ano de 2019, como sendo 128.969 habitantes.

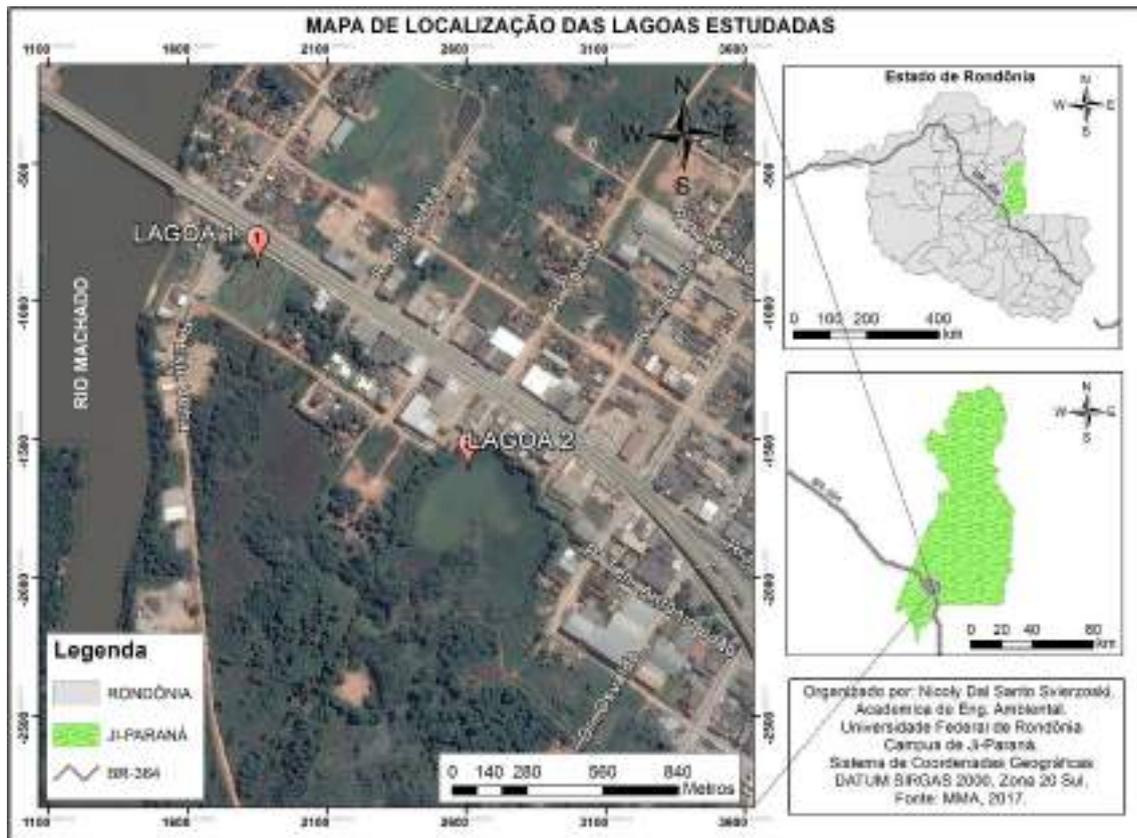


Figura 1 – Mapa de localização das lagoas estudadas, Ji-Paraná, RO.

Segundo a classificação de Köppen o estado possui clima predominante do tipo Aw-clima tropical chuvoso, com temperatura média de 25 °C e período seco bem definido, a média anual da precipitação pluviométrica varia entre 1.400 a 2.600 mm/ano [11]. O período úmido é característico de janeiro a março, úmido-seco de abril a junho, seco de julho a setembro e seco-úmido de outubro a dezembro, com precipitação média anual de 1627 mm [12].

A área escolhida para a realização da pesquisa se encontra no segundo distrito do município a margem direita do Rio Machado, sendo ela uma Área de Proteção Ambiental (APA) denominada Parque Ecológico Municipal Lagoa dos Buritis (PEM), localizado na microbacia hidrográfica do igarapé Riachuelo (Figura 2).



Figura 2 – Mapa de Localização dos pontos de coleta.

O parque possui duas lagoas, a de menor tamanho (Lagoa 1) sem ligação direta com o rio Machado, e a maior (Lagoa 2) é natural tendo como exutório o rio Machado. A região no entorno do parque é composta por áreas residenciais, empresas com alto potencial poluidor, sendo próxima a rodovia BR-364.

2.2 COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

A localização dos pontos de coleta foi selecionada de forma a abranger ao máximo a área das lagoas estudadas. Na Lagoa 1 foi possível coletar em seu interior, porém na Lagoa 2, devido a alta concentração de macrófitas aquáticas, a navegação ficou prejudicada, e somente foi possível realizar coletas no entorno da mesma.

As coletas foram realizadas nos meses de outubro de 2016, março de 2017 e julho de 2017, de forma a abranger diferentes períodos sazonais da região de estudo, sendo eles seco-úmido, úmido e seco. A sazonalidade pode influenciar direta e indiretamente diversos parâmetros e a concentração da carga de poluentes da água [13].

Durante a coleta foram utilizados utensílios para auxílio na coleta, como coletores e braços que permitiam alcançar locais de difícil acesso. Fora analisada a transparência da coluna d'água pela metodologia do Disco de Secchi e as variáveis descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis e metodologias utilizadas na pesquisa.

| Variável | Metodologia | |
|--|---|--------------------|
| IN LOCO | | |
| Potencial Hidrogeniônico (pH) | pHmetro ORION, modelo 250 A | - |
| Temperatura | pHmetro ORION, modelo 250 A | °C |
| LABORATÓRIO | | |
| Coliformes Total e E. coli | Standard of Methodsfor the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) | UFC |
| Oxigênio Dissolvido (OD) | Standard of Methodsfor the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) | mg.L ⁻¹ |
| Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) | Standard of Methodsfor the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) | mg.L ⁻¹ |
| Íon Amônio (N-NH ₄ ⁺) | Standard of Methodsfor the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) | mg.L ⁻¹ |
| Nitrito (N-NO ₂ ⁻) | Standard of Methodsfor the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) | mg.L ⁻¹ |
| Nitrato (N-NO ₃ ⁻) | Standard of Methodsfor the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995) | mg.L ⁻¹ |

A Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento”, no capítulo VI, em seu Art. 42, traz que quando um corpo hídrico não possui seu respectivo enquadramento aprovado, os parâmetros para a Classe II poderão ser utilizados. Nesse sentido, a referida classe será utilizada para fins de comparação com os resultados deste estudo [14].

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises dos dados foram realizadas para cada período sazonal estudado, compreendendo os períodos: seco-úmido, úmido e seco. Na Tabela 2 são apresentados os dados de Temperatura e pH, em cada ponto analisado, e a média de temperatura para cada lagoa.

Tabela 2 – Valores de pH e temperatura (T) para os diferentes períodos sazonais períodos e pontos de coleta.

| LAGOA 1 | SECO-ÚMIDO | | ÚMIDO | |
|-----------|------------|------|--------|------|
| | T (°C) | pH | T (°C) | pH |
| P1 | 29,2 | 6,24 | 27,7 | 6,86 |
| P2 | 29 | 6,94 | 27,8 | 7,56 |
| P3 | 29,1 | 7,12 | 27,3 | 7,47 |
| P4 | 29 | 7,2 | 27,1 | 7,03 |

| | | | | |
|----------------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| P5 | 29,1 | 6,94 | 27,7 | 7,01 |
| P6 | 29 | 7,31 | 27,6 | 7,51 |
| MÉDIA | 29,1 | - | 27,5 | - |
| LAGOA 2 | <i>T (°C)</i> | <i>pH</i> | <i>T (°C)</i> | <i>pH</i> |
| P1 | 28,4 | 6,6 | 26,7 | 6,72 |
| P2 | 28,4 | 6,75 | 26,7 | 6,64 |
| P3 | 26,4 | 6,5 | 31 | 7,31 |
| P4 | 28,4 | 6,73 | 27,9 | 7,63 |
| P5 | 28,4 | 7,7 | 27,5 | 7,02 |
| P6 | 28,4 | 6,68 | 26,8 | 7,04 |
| MÉDIA | 28,1 | - | 27,7 | - |

*Obs: Medias de pH não são representadas pela não recomendação de utilização de tal estatística para este índice, por tratar-se de escala logarítmica [15].

Os valores de temperatura são homogêneos em ambas as lagoas para os períodos de coletas. Apenas no P9 do período úmido houve um pico do valor, alcançando 31°C. Para os valores de pH, a Resolução CONAMA nº 357 estabelece um intervalo entre 6 e 9 e nenhum ponto amostral dentre as coletas obteve valores inferiores os superiores. Em estudo realizado no Lago Água Preta localizado no município de Belém no Pará apontou valores de pH variando de 5,8 a 7,8 no período de menor precipitação e de 5,8 a 8,1 no período de maior precipitação [16]. Os valores do pH podem variar de acordo com influências das chuvas, lançamento de esgoto, degradação da matéria orgânica e fotossíntese [17]. De acordo com estudo realizado na Lagoa dos Tigres em Goiás, os maiores valores de pH foram relacionados com o período de chuva da região, assim como na presente pesquisa [18].

Com relação aos valores de temperatura, durante o período seco os valores variaram de 29,8°C a 33,5°C, e no período úmido, estiveram na faixa de 29,7°C a 33,5°C. Tais parâmetros não foram analisados para o período úmido-seco, pois o aparelho de medição apresentou problemas. O valor da temperatura do meio aquoso é afetado pela temperatura do meio exterior e também influenciado pelo pH do meio, quanto maior a temperatura maior o pH.

Devido as influências antrópicas nessas lagoas, foram analisados os coliformes totais e fecais, indicadores de contaminação (TABELA 3).

Tabela 3 – Tabela com valores de Coliformes Totais (CT) e Coliformes Fecais (CF) em Unidades formadoras de colônias (UFC).

| | SECO-ÚMIDO | | ÚMIDO | | SECO | |
|--------------|------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| LAGOA 1 | CT | CF | CT | CF | CT | CF |
| P1 | 31.000 | 1.000 | 26.000 | 2.000 | 68.000 | 3.000 |
| P2 | 8.000 | 0 | 27.000 | 2.000 | 40.000 | 2.000 |
| P3 | 15.000 | 1.000 | 26.000 | 6.000 | 20.000 | 1.000 |
| P4 | 19.000 | 0 | 49.000 | 11.000 | 37.000 | 3.000 |
| P5 | 8.000 | 0 | 26.000 | 1.000 | 24.000 | 1.000 |
| P6 | 21.000 | 3.000 | 60.000 | 2.000 | 33.000 | 0 |
| Média | 17.000 | 833 | 35.667 | 4.000 | 37.000 | 1.667 |
| LAGOA 2 | CT | CF | CT | CF | CT | CF |
| P1 | 97.000 | 15.000 | 215.000 | 39.000 | 104.000 | 1.000 |
| P2 | 131.000 | 18.000 | 56.000 | 10.000 | 29.000 | 0 |
| P3 | 181.000 | 25.000 | 75.000 | 13.000 | 193.000 | 13.000 |
| P4 | 99.000 | 13.000 | 44.000 | 6.000 | 76.000 | 3.000 |
| P5 | 75.000 | 4.000 | 63.000 | 7.000 | 123.000 | 2.000 |
| P6 | 33.000 | 1.000 | 64.000 | 12.000 | 49.000 | 1.000 |
| Média | 102.667 | 12.667 | 86.167 | 14.500 | 95.667 | 3.333 |

Em estudo limnológico realizado em duas represas e uma lagoa inseridas no estado de São Paulo, a quantificação de coliformes fecais foi maior para o período seco, e menor para o período úmido [19]. No presente trabalho os resultados foram opostos, a média de coliformes fecais foi maior no período úmido e menor para os período seco-úmido e seco. Com relação a coliformes totais, estes foram maiores no período seco na Lagoa 1 e no período seco-úmido para a Lagoa 2.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357, para corpos hídricos de classe 2 o limite de Coliformes Totais é de 2000 UFC. Nesse item, todos os pontos analisados estão em desacordo. Por sua via, os valores de referência para coliformes fecais deverão ser determinados pelos órgãos ambientais competentes, e tais valores de referência ainda não estão disponíveis para a região.

Com relação as análises referentes a transparência da coluna d'água, foram realizadas medições tanto da profundidade quanto da transparência pelo uso do Disco de Secchi, e os resultados são apresentados na Figura 3.

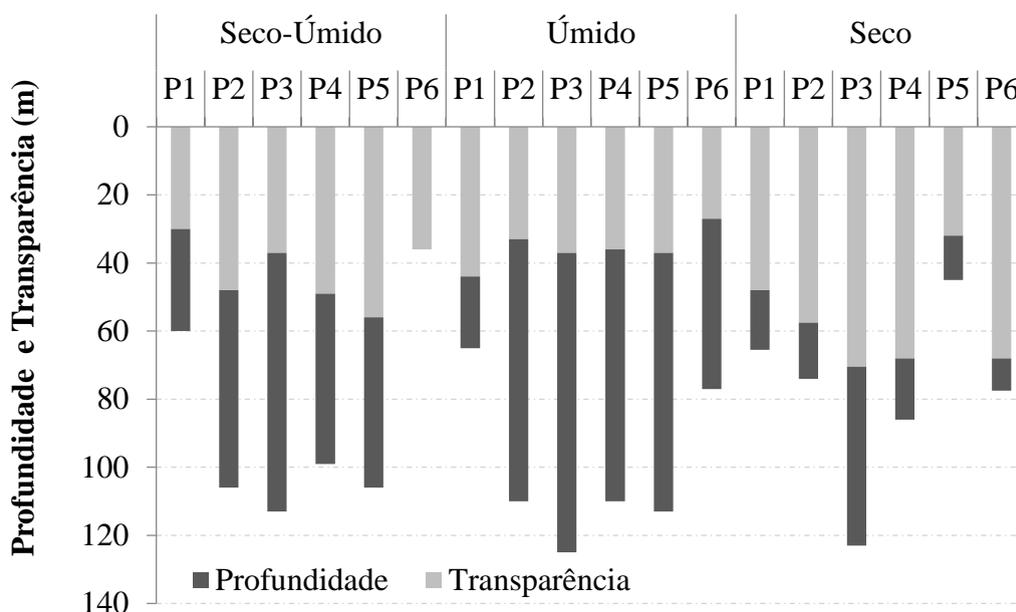


Figura 3 – Relação entre variáveis de profundidade e transparência, Lagoa 1.

Essas medidas foram realizadas apenas na Lagoa 1, na qual foi possível adentrar com o auxílio de um bote. Por sua vez, na Lagoa 2, em todos os períodos analisados, havia uma densidade elevada de macrófitas aquáticas nas margens, impossibilitando movimentar o bote.

Com base nos dados apresentados na Figura 3, pode-se observar que em todos os pontos a profundidade da lagoa foi maior no período úmido, pelo fato de haver maior precipitação em relação ao período seco e seco-úmido. O Ponto 3 alcançou os maiores valores, sendo que no período seco-úmido a profundidade foi de 113 cm, no período úmido foi de 125 cm e no período seco foi de 123 cm. Esse ponto se localiza no meio da Lagoa 1. Com relação ao menor valor, esse foi encontrado no Ponto 6, cujo qual estava localizado mais as margens da lagoa, sendo a profundidade no período seco de 36 cm e no período úmido de 77 cm. No período seco, o menor valor foi verificado no ponto 5, 45 cm, onde houve acúmulo de terra, podendo ser pelo carreamento devido à chuva do período anterior. Os valores médios foram de 87, 100 e 79 cm para os períodos seco-úmido, úmido e seco, respectivamente.

No que diz respeito a variável transparência, exceto para o Ponto 1 e 5, os valores foram maiores no período seco do que para os outros períodos. Essa diferença pode estar relacionada com a movimentação que a precipitação causa na água, suspendendo o material que estava sedimentado e também carreando sedimentos por meio do processo de lixiviação, tornando a água mais turva [20]. Dessa forma também se comportou o lago

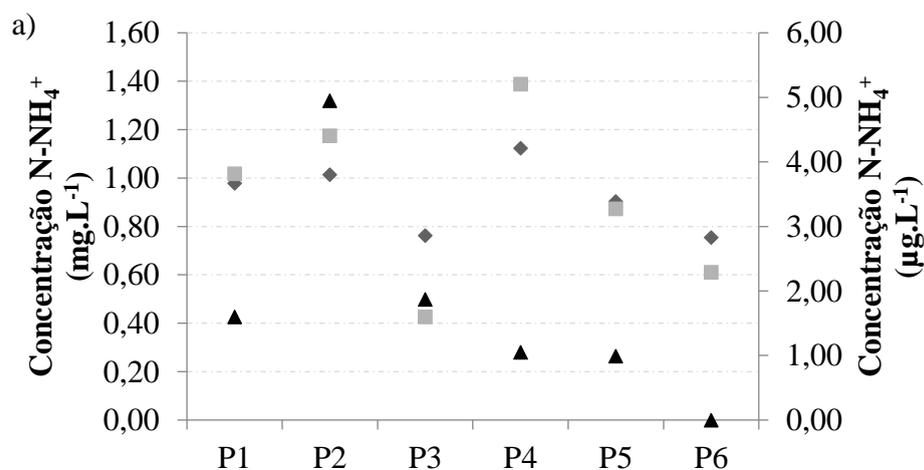
Jiqui no Rio Grande do Norte, onde a transparência da água era por volta de 1,5 metros no período seco, enquanto no período de chuvas estava próximo a 1 metro [20].

Juntamente com as análises físico-químicas realizadas, foi analisado o entorno das lagoas. Sabe-se que o município de Ji-Paraná não possui rede coletora de esgoto, então a população quando não constrói fossa, despeja seu efluente no solo ou em corpos hídricos que estejam nas proximidades das moradias. O uso e ocupação no entorno de corpos hídricos contribuem para a degradação da qualidade do meio [21]. Não sendo diferente, foi possível verificar despejo inadequado de efluentes domésticos e industriais nas lagoas estudadas (FIGURA 4).



Figura 4 – Despejo inadequado de efluente na Lagoa 2.

Devido a isso, o meio passa a adquirir concentrações elevadas de alguns compostos, que diferem das suas condições naturais. Como exemplo, tem-se as alterações nas concentrações de nutrientes, dentre os quais, as concentrações de Nitrogênio Amoniacal estão ilustradas na Figura 5.



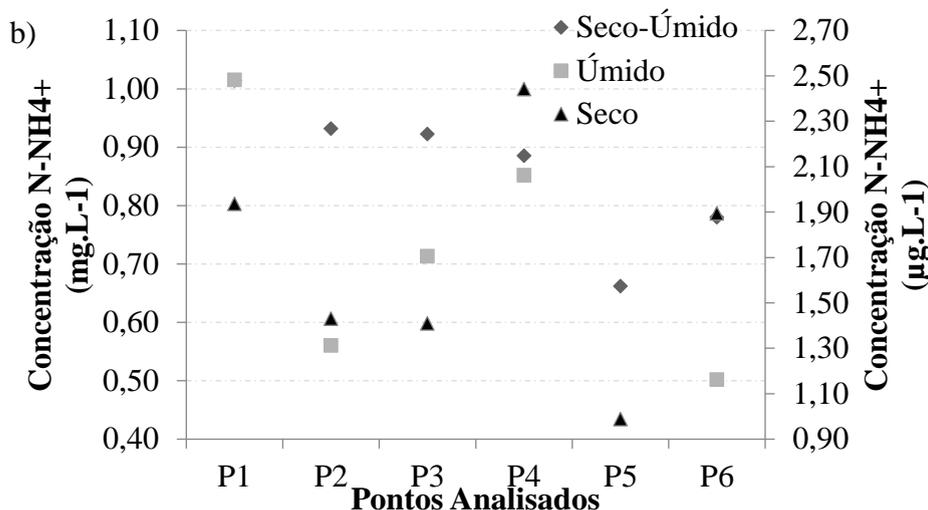


Figura 5 – Concentração de Nitrogênio Amoniacal (N-NH₄⁺) nas Lagoas (o período seco apresenta os valores em µg.L⁻¹, pois as concentrações foram baixas); a) Lagoa 1; b) Lagoa 2.

As concentrações de N-NH₄⁺ seguiram praticamente o mesmo padrão em ambas as lagoas. Segundo a CONAMA nº 357, para pH menor que 7,5 o valor limite é de 3,7 mgN.L⁻¹. Dessa forma, em todos os períodos analisados e em ambas as lagoas, o valor preconizado não foi atingido. Os valores médios para a Lagoa 1 foram de 0,87, 0,67 mgN.L⁻¹ e 1,68 µgN.L⁻¹; e para a Lagoa 2 foram de 0,92, 0,87 mgN.L⁻¹ e 1,74 µgN.L⁻¹, para os períodos seco-úmido, úmido e seco.

Porém, esse valor abaixo do estabelecido não permite inferir que o sistema não está sofrendo com as pressões antrópicas, pois as macrófitas utilizam desse nutriente para se desenvolver. Em todos os períodos foi observada a elevada concentração destas, e ao longo do tempo, mais macrófitas foram se desenvolvendo e utilizando do nitrogênio amoniacal (FIGURA 6).

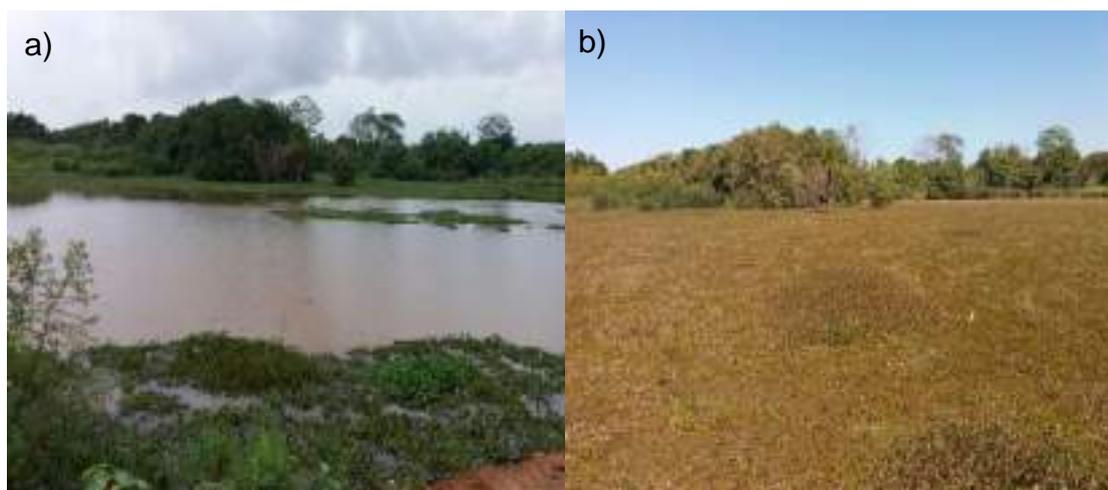


Figura 6 – a) Lagoa 2 no período Úmido; b) Lagoa 2 no período Seco.

A Figura 6 representa a densidade de macrófitas visualizadas na Lagoa 2 nos períodos úmido e seco, de maneira a representar a situação em que ela se encontra. A eutrofização pela inserção de nutrientes no corpo hídrico favorece o aumento da produção primária e de biomassa para o fitoplâncton e as macrófitas. Com isso, reduz a penetração de energia solar na coluna d'água [22].

Estudo realizado em um trecho urbano do rio São Francisco, entre os estados de Pernambuco e Bahia, também foi visualizada diminuição da densidade de macrófitas no período de chuvas, assim como a presente pesquisa. Tal fato pode estar relacionado com a diluição da carga orgânica e possível carreamento da mesma, devido ao aumento da vazão do corpo hídrico [23].

O crescimento excessivo de macrófitas no meio aquático pode afetar a biota existente, como por exemplo a substituição de peixes por espécies mais adaptadas a meios com condições limitantes. Ainda, causa problemas de uso recreativo, navegação. A fim de que esses problemas sejam evitados é necessária aplicação de métodos corretivos e preventivos no meio [24].

Os métodos corretivos são empregados após o problema ter sido instalado e pode ser através da remoção das macrófitas com auxílio ou não de maquinário apropriado. Já o método preventivo soluciona a fonte geradora do elevado desenvolvimento das macrófitas [24]. Em 2008 foi realizado controle do aparecimento de macrófitas através da inserção de sistema de coleta e tratamento do efluente que era direcionado ao lago Paranoá em Brasília [25].

Outro parâmetro para a avaliação do meio aquático são as concentrações de nitrito e nitrato. A Figura 7 representa essas concentrações quanto a sua relação ao Nitrogênio (N) para as lagoas nos períodos analisados. Em consonância com a Resolução CONAMA nº 357, o máximo valor estabelecido para nitrito é de 1 mgN.L^{-1} .

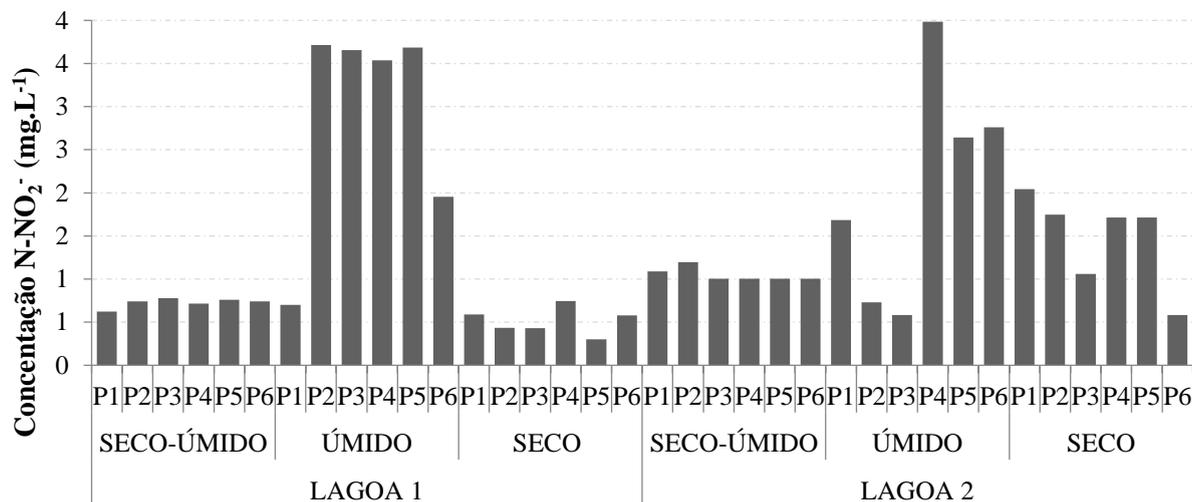


Figura 7 – Concentrações de nitrito (N-NO₂⁻).

Os valores médios da concentração de N-NO₂⁻ foram maiores no período úmido para ambas as lagoas, com valores de 2,87 mgN.L⁻¹ para a Lagoa 1 e 2,06 mgN.L⁻¹ para a Lagoa 2. Com a precipitação elevada nesse período há também maior movimentação da água, o que permite a inserção de oxigênio, com ele, o íon amônio pode ser convertido a nitrito [26], fato que explica a maior incidência de nitrito nesse período. As médias para os períodos seco-úmido, úmido e seco para a Lagoa 1 foram de 0,73; 2,87 e 0,51 mgN.L⁻¹ e para a Lagoa 2 foram de 1,05; 2,06 e 1,48 mgN.L⁻¹. As concentrações de OD podem ser observadas na Figura 8.

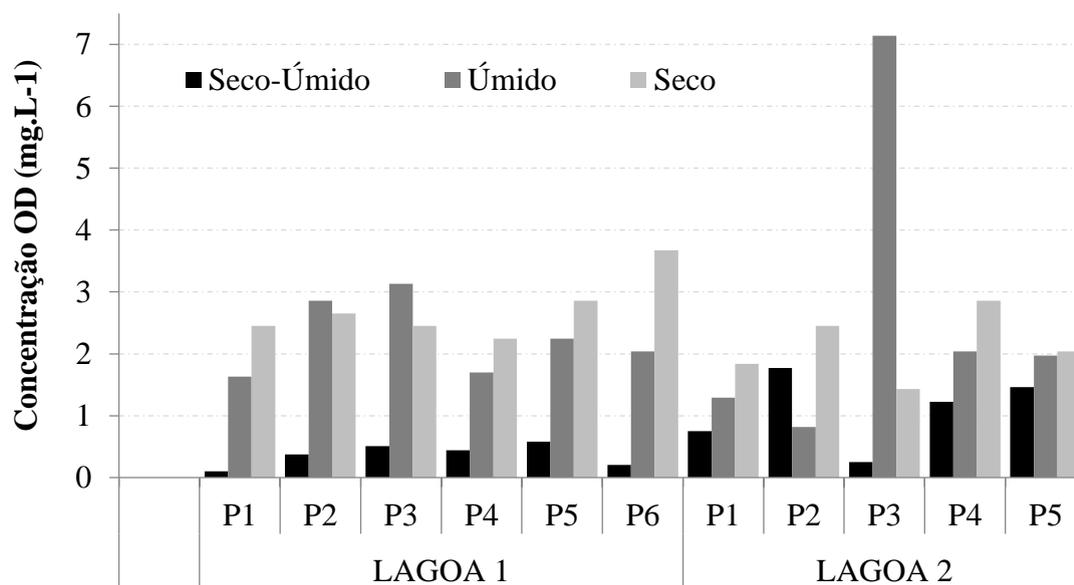


Figura 8 – Concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) para os períodos seco-úmido, úmido e úmido-seco, Lagoas 1 e 2.

Na Lagoa ,1 a maior média dentre os períodos ocorreu no período seco (2,72 mgOD.L⁻¹) e a maior média para a Lagoa 2, foi no período úmido (2,48 mgOD.L⁻¹).

Para enquadramento do corpo hídrico na classe II, conforme disposto na CONAMA n° 357, os níveis de OD não podem ser inferiores a 5 mg.L⁻¹ em nenhuma amostra coletada. No estudo foi identificado valor acima do preconizado apenas para o P3 no período úmido. As baixas concentrações apresentadas podem estar relacionadas com o elevado consumo de oxigênio para processos de oxidação da matéria orgânica, visto que há despejo inadequado de efluente em ambas as lagoas. Em estudo sobre a modelagem da depleção de oxigênio devido a presença de macrófitas, foi possível observar que quanto maior a entrada de nutrientes no meio há aumento da densidade de macrófitas, por conseguinte há depleção do oxigênio dissolvido [26]. Essa hipótese pode ser verificada pela análise da DBO (Figura 9).

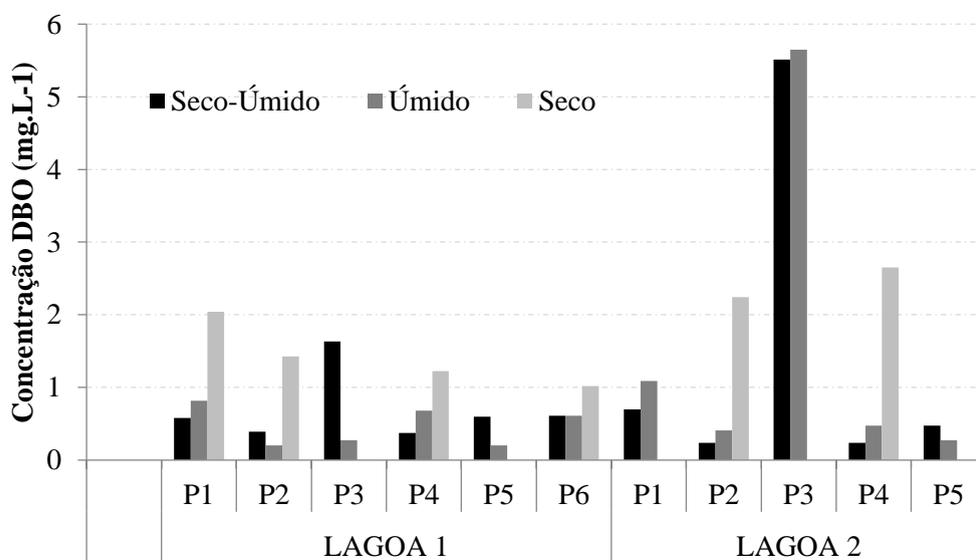


Figura 9 – Concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) para os períodos seco-úmido e úmido nas Lagoas 1 e 2.

Entretanto, quando a Figura 9 é analisada, os valores de DBO estão todos inseridos no limite estipulado pela CONAMA n°357, exceto o P3. Esse ponto foi de difícil acesso na terceira coleta, pois a lagoa havia se retraído pelo encerramento das chuvas e o solo estava alagadiço, dificultando chegar ao ponto corretamente.

A DBO reflete a quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica em um ambiente, então quanto menor a concentração de OD, maior deveria ser a DBO, pois os organismos estariam utilizando mais oxigênio. Mas tal suposição não foi verificada, pois no ponto 3 houve maior concentração de OD, assim como houve maior

concentração de DBO, com valor de $5,5 \text{ mg.L}^{-1}$ para o período seco-úmido e de $5,6 \text{ mg.L}^{-1}$ para o período úmido.

Nos pontos P3 e P5 da Lagoa 1 e P1 P3 e P5 da Lagoa 2 não foi possível quantificar a DBO, devido a amostra ter consumido todo o oxigênio que ali havia, conseqüentemente, para que houvesse resultados concretos, deveriam ter sido realizadas diluições, pois mais oxigênio do que havia disponível foi demandado para a degradação dos compostos orgânicos presentes nessas amostras.

Os valores médios para a Lagoa 1 foram de 0,69, 0,46 e $1,43 \text{ mg.L}^{-1}$ e para a Lagoa 2 foram de 1,19; 1,33 e $2,04 \text{ mg.L}^{-1}$ para os períodos seco-úmido, úmido e seco. Sendo que para o período seco, houveram pontos onde não foi possível obter o valor da DBO.

4. CONCLUSÕES

Ao longo do estudo, foi observado que as Lagoas do PEM possuem concentrada floração de macrófitas aquáticas, que em determinadas épocas do ano, como o período úmido-seco, torna difícil visualizar o espelho d'água.

As concentrações das substâncias estudadas mostram essa afirmação, pois as macrófitas se alimentam dos nutrientes para o seu desenvolvimento, e como há grande número, infere-se que também seja inserido no meio alto teor de nutrientes, como amônia e fósforo. Complementarmente, observou-se que as águas de escoamento influenciam negativamente a qualidade das lagoas, nas quais nos períodos de maior precipitação, os locais mais próximos a drenagem são mais atingidos. Com isso, planos preventivos e de controle da floração de macrófitas deveriam ser realizados pelo município, levando em consideração a coleta e correto tratamento do efluente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. 6. ed. Porto Alegre, RS: IPH

UFRGS, 2008. 274 p. Apostila. Disponível em:

<http://hidropaisagem.files.wordpress.com/2014/04/livro_introduzindo-hidrologia.pdf>.

Acesso em: 07 out. 2017.

[2] THOMAZINI, L.; CUNHA, C. M. L. Análise do relevo da bacia do córrego Castelo (Bauru-SP): a influência da urbanização nos processos erosivos. **Caminhos de geografia**, Uberlândia v. 13, n. 42 jun/2012 p. 169–189.

[3] GARCIAS, C. M.; SOTTORIVA, E. M. Poluição difusa urbana por compostos inorgânicos: avaliação da contribuição dos componentes do amianto presente nas telhas de

fibrocimento e nos freios de veículos. **Ambiente construído**. São Paulo, 2011, n.3, v. 11, p. 89-97.

[4] VIEIRA, M. G. A.; KIMURA, S. P. R.; PASCOALATO, D. Os efeitos das atividades antrópicas na qualidade da água da lagoa da Francesa na região Amazônica – Parintins/AM. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 2015.

[5] APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Edition 19. Washington, 1995.

[6] BEZERRA, P. L. **A influência da atividade urbana sobre a qualidade da água do Igarapé Dois de Abril em Ji-Paraná/RO**. 2012. 41f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, UNIR, 2012.

[7] POMPEO, M. **Ecologia Límica – O que é limnologia?** Portal de Ecologia Aquática, USP. Disponível em <http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?>, [acesso em 8 de agosto de 2017].

[8] JI-PARANÁ, Lei nº 1091, 14 de julho de 2001. **Cria o parque ecológico municipal de Ji-Paraná, dando outras providencias**. Gabinete do prefeito. Ji-Paraná 2001.

[9] JI-PARANÁ, Lei nº 2759, 11 de dezembro de 2014. **Introduz modificações na Lei Municipal nº 1091, 14 de julho de 2001, que cria o Parque Ecológico Municipal de Ji-Paraná**. Gabinete do prefeito. Ji-Paraná, 2014.

[10] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/>>, [acesso em: 18 de agosto de 2019].

[11] SEDAM, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental, **Boletim climatológico de Rondônia- Ano 2010**. COGEO- SEDAM/ Coordenadoria de Geociências- Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental- Porto Velho. v.12, 2010. p 89.

[12] WEBLER, A. D.; GOMES, J. B.; AGUIAR, R. G.; ANDRADE, N. L. R.; AGUIAR, L. J. G. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, p. 868 – 876, 2013.

[13] AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS [ANA]. **Indicadores de Qualidade: Índice de Estado Trófico**. 2009a. Disponível em: < <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>>, [acesso em 07 de maio de 2016].

[14] CONAMA. Resolução n. 357, de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. **Portal de Legislação Ambiental**. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/resolucao_357_CONAMA>.

- [15] VON SPERLING, M. Coliformes e pH – medias aritméticas, medias geométricas e medianas. **Anais 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. João Pessoa – PB. 2017.
- [16] SANTOS, M. L. S.; BORDALO, A. O.; PEREIRA, J. A. R.; CHIRA, P. A.; ALVES, I. C. C.; SODRÉ, S. S. V. Influência da expansão urbana na qualidade da água reservatório da região Amazônica (Belém, Pará). **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 13, n. 1, p. 15 - 2-. 2013.
- [17] GALDINO, N. S.; TROMBINI, R. B. Análise físico-química da água do córrego Japira, localizado na cidade de Apucarana – PR. **Terra e Cultura**, n. 53, ano 27, p. 67 – 76, 2011.
- [18] D’ALESSANDO E.; NOGUEIRA. I. Avaliação do índice de estado trófico no lago dos Tigres, Britânia, Goiás. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n.3, p. 98 – 128, 2018.
- [19] SILVA, A. M. C.; CASÉ, M.; LOPES, D. V.; Qualidade da água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil. **GEOSUL**, Florianópolis, v. 34, n. 72, p. 102 – 123, 2019.
- [20] BASSO, E. R.; CARVALHO, S. L. Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira (SP). **HOLOS Environment**, v. 7, n. 1, p. 16, 2007.
- [21] TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnology**. CRC Press, 2011.
- [22] LIMA, P. L. S. C.; PESSOA, E. K. R.; CHELLAPPA, S.; CHELLAPPA, N. T. Phytoplankton diversity and physical-chemical aspects of water quality of Lake Jiqui, Rio Grande do Norte, Brazil. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 3, p. 97 – 112, 2013.
- [23] MINHONI, R. T. A.; SOUZA, M. H. C.; SANTOS, R. D. S.; ZIMBACK, C. R. L. Monitoramento de macrófitas aquáticas no rio São Francisco no trecho urbano de Petrolina – PE. **Scientia Plena**, v. 14, n. 3, 2018.
- [24] POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. São Paulo, Instituto de Biociências da USP, 2017.
- [25] ANGELINI, R.; BINI, L. M.; STARLING, F. L. R. M. Efeitos de diferentes intervenções no processo de eutrofização do lago Paranoá (Brasília – DF). **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 564-571, 2008.
- [26] RUBIANES, J. C.; CAJAS, D.; MEYER, J. F. C. A.; RUBIANES, J. A. I. Modelagem da depleção de oxigênio dissolvido pela presença de macrófitas aquáticas. **Biomatemática**, n. 26, p. 179 – 188, 2016.

**ANÁLISE DAS VARIÁVEIS LIMNOLOGICAS DO IGARAPÉ MANGUEIRA,
MUNICÍPIO JI-PARANÁ-RO**

**ANALYSIS OF LIMNOLOGICAL VARIABLES OF MANGUEIRA STREAM,
JIPARANÁ – RO**

Lindolaine Machado de Sousa^{1*}; Daíse da Silva Lopez¹; Alan Gomes Mendonça¹; Wesley Roberto Detmann Martins¹; Ana Lúcia Denardin da Rosa²; Beatriz Machado Gomes²; Elisabete Lourdes do Nascimento².

¹ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária na UNIR/JP.

² Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UNIR/Ji-Paraná.

*Autor Correspondente- email: lindolaine.sousa@gmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar os impactos causados pela ocupação das margens do Igarapé Mangueira e como as atividades da piscicultura influenciam o corpo hídrico, sendo analisado as características físico-químicas e microbiológicas e sua concentração de sólidos, comparando seus valores com a Resolução CONAMA 357/2005. Para desenvolver o estudo foram delimitados 12 pontos de coleta ao longo da microbacia, sendo 2 pontos de piscicultura local. Para melhor caracterização foi realizado 2 coletas (seca e cheia), das amostras coletadas foram analisados os parâmetros de temperatura (T), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), alcalinidade, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, amônia, nitrito, nitrato, fósforo total, fósforo dissolvido, clorofila a, coliformes totais e E. coli. Vale ressaltar que a Resolução não apresenta valores para temperatura, alcalinidade, sólidos totais, sólidos sedimentáveis, fósforo dissolvido e clorofila a. As análises mostram que apesar das médias de pH, turbidez, amônia, nitrito e nitrato estarem de acordo com a Resolução, pontos específicos precisam de atenção devido a variação de OD, pois apresentou valores mínimos de 2,02 mg/L, valor máximo de 14,52 mg/L na seca e valor mínimo de 2,02 mg/L, valor máximo de 10,08 na cheia. Também é de atenção os valores de fósforo total, apresentando concentrações superiores a 0,010 mg/L em todos os pontos amostrais. Apesar do igarapé ainda apresentar características naturais, mas devido as atividades antrópicas ao seu entrono essas características vem mudando drasticamente.

Palavras Chave: Impactos Ambientais. Qualidade de Água. Piscicultura.

ABSTRACT

The objective of this study was to impacts analyze caused by the occupation of the margins of Igarapé Mangueira and how fish farming activities influence the water body, analyzing the physicochemical and microbiological characteristics and their solids concentration, comparing their values with CONAMA 357/2005. To develop the study, 12 collection points were delimited along the watershed, being 2 local fish farming points. For better characterization, 2 collections (dry and full) were performed, from the collected samples were analyzed the parameters: Temperature (T°), Hydrogen Potential (pH), Turbidity, Dissolved Oxygen (OD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Alkalinity,

Sedimentable Solids, Total Solids, Ammonia, Nitrite, Nitrate, Total Phosphorus, Dissolved Phosphorus, Chlorophyll a, Total Coliforms and E. coli. It is noteworthy that the Resolution does not present values for temperature, alkalinity, total solids, sedimentable solids, dissolved phosphorus and chlorophyll a. The analyzes show that although the average pH, turbidity, ammonia, nitrite and nitrate are in accordance with the CONAMA 357/2005, specific points need attention due to OD variation, as it presented minimum values of 2.02mg/L, maximum value of 14.52mg/L in drought and minimum value of 2.02 mg/L, maximum value of 10.08 in flood. Attention is also given to the total phosphorus values, with concentrations above 0.010mg/L at all sampling points. Although the creek still has natural characteristics, but due to the anthropogenic activities to its entronement these characteristics have been drastically changing.

Key-words: Environmental impacts, Water quality, Pisciculture

1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas tem como ponto principal a utilização de água, sendo essas atividades agrícolas, industrial ou domesticas, para proporcionar bem-estar humano; mas essas atividades acabam gerando grandes impactos aos recursos hídricos, comprometendo sua qualidade e preservação [1]. Sendo a água um bem natural importante para o desenvolvimento tem-se como preocupação conhecer como esses impactos afetam direta e indiretamente o meio ambiente.

O Brasil apesar de ser um país privilegiado com em relação a quantidade de água, sua distribuição pelo território não é uniforme. Sendo aproximadamente 73% da água doce Brasileira encontrada na Bacia Amazônica, sendo habitada por aproximadamente 5% da população brasileira [2]. Mesmo sendo uma região com abundância hídrica, o processo de ocupação ao entorno dos mananciais tem causado grandes impactos, trazendo esta temática ao contexto do Estadual, cita-se a cidade de Ji-Paraná, a qual se desenvolveu às margens dos Rios Machado e Urupá.

Além do desenvolvimento ao entorno de corpos hídricos, é de atenção as atividades referentes a aquicultura, sendo uma delas a piscicultura, devido à grande concentração hídrica facilita a piscicultura, que vem ganhado espaço na economia regional. No entanto, esta atividade requer cuidados constantes com o viveiro e ciclagem de água para a qualidade do animal, onde os efluentes gerados são diretamente descartados nos corpos hídricos próximos, que pode gerar introdução de espécies não nativas e doenças [3].

Os impactos causados por esse descarte sem tratamento prévio e habitação irregular comumente não é estudado. Determinar da qualidade das águas é uma forma útil de

sintetizar informação sobre vários parâmetros, pois visa informar e orientar ações aos gestores públicos sobre o gerenciamento dos recursos hídricos [4]. Devido à pouca divulgação de dados as medidas necessárias muitas vezes não são tomadas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar análise limnológica da microbacia do Igarapé Mangueira, comparando os resultados com a Resolução CONAMA 357/2005 [5], para melhor entendimento dos impactos causados devido a urbanização local.

2. MATERIAIS E METÓDOS

O município de Ji-Paraná está localizado no leste de Rondônia, à 377,3 km da capital Porto Velho, com 116.610 habitantes e estimativa de 128.969 para 2019, onde apenas 20,2 % dos domicílios apresenta esgotamento sanitário [6], entre os paralelos 8°22' e 11°11' de latitude sul e entre os meridianos 61°30' e 62°22' de longitude, estando a uma altitude de 170 metros, possui uma temperatura média anual de 21,3 °C [7].

O município de Ji-Paraná desenvolveu-se às margens do rio Machado e Rio Urupá, devido a essa particularidade, para efeito de orientação geográfica, está dividida em 1°, 2° e 3° Distritos. Segundo SEDAM [7], clima predominante é o tropical úmido e quente, sendo que o período úmido é característico de janeiro a março, úmido – seco de abril a junho, seco de julho a setembro e seco-úmido de outubro a dezembro, com variação de temperatura de 32°C a 21°C. município de Ji-Paraná está localizado no leste de Rondônia, à 377,3 km da capital Porto Velho, com 116.610 habitantes e estimativa de 128.969 para 2019, onde apenas 20,2 % dos domicílios apresenta esgotamento sanitário [6], entre os paralelos 8°22' e 11°11' de latitude sul e entre os meridianos 61°30' e 62°22' de longitude, estando a uma altitude de 170 metros, possui uma temperatura média anual de 21,3 °C [7].

2.1 Amostragem

As amostras foram coletadas na superfície da região central, em 12 pontos distintos do Igarapé, sendo incluso a nascente e a foz, com recipientes estéreis para as análises in loco e laboratoriais, sendo acomodados em caixa térmica com gelo as amostras destinadas para análise em laboratório. Foi realizada duas coletas sendo no período de seca (setembro de 2018) e cheia (fevereiro de 2019), para melhor caracterização do Igarapé.



Figura 1 – Mapa de localização dos 12 pontos de coleta do Igarapé Mangueira.

É de interesse destacar que os pontos P4 e P6 são pisciculturas ativas, os pontos P2, P3 e P5 são de despejo dos efluentes provenientes dessas pisciculturas, os pontos P2, P3, P7 e P10 ainda dispõe de vegetação. Os pontos P9 e P11 estão em área totalmente urbanizada, sendo destinado a eles esgoto doméstico e resíduos sólidos urbanos.

2.2 Análises das variáveis limnológicas

As variáveis de temperatura, condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH) foram obtidas in loco por meio da sonda multiparâmetro (AKSO, AK88). As análises de turbidez foram realizadas com auxílio de turbidímetro de portátil (HACH, modelo 2100 P) no Laboratório de Limnologia e Microbiologia (LABLIM), da Universidade Federal de Rondônia (UNIR).

As análises de Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) seguiram o Método Iodométrico de Winkler [8], procedimento volumétrico baseado na propriedade oxidante do OD, obtido por titulometria. Para a obtenção dos valores de DBO a amostra ficou encubada a 20°C por 5 dias, subtraindo o OD inicial pelo OD final.

As análises de amônia, nitrito, nitrato, fósforo total e fósforo dissolvido, foram realizadas pelo método espectrofotométrico, conforme os métodos descritos em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [9]. Para os nutrientes dissolvidos (amônia, nitrito, nitrato e fosfato dissolvido) as amostras de água foram previamente filtradas em filtros de microfibras de vidro (Whatman AP-20). Para a análise de fósforo total foi utilizada a amostra bruta. Para cada nutriente analisado foi realizada uma curva de calibração, auxiliando no cálculo das concentrações.

Para análises de clorofila amostras coletadas foram acomodadas em garrafas previamente escuras, em laboratório foi realizado a filtração da amostra com membranas filtrantes de fibra de vidro membranas filtrantes foram acomodadas em tubos para centrifugação previamente escuras, adicionados 5 ml de etanol 95%, colocados em banho-maria com temperatura até 75°C, depois 5 minutos é realizado choque térmico e refrigerados por 6 horas, após esse período é realizada a leitura espectrofotométrica, a metodologia usada foram adaptadas de Jespersen e Christoffersen [10], Nøges e Solovjova [11], Pereira [12] e APA [13].

Para a análise de alcalinidade foi utilizado o método titulométrico utilizando ácido clorídrico, segundo metodologia descrita no Manual Prático de Análise de Água [14], que por meio da titulometria adicionar Ácido Sulfúrico 0,001N.

As análises de sólidos totais e sólidos sedimentáveis seguiram a metodologia descrita por SABESP [15]. Sendo que para sólidos totais é usado membrana filtrante previamente pesada, após é realizada a filtração da amostra, a membrana é secada em estufa e pesada novamente. Determinando assim a concentração de sólidos totais. Para a análise de sólidos sedimentáveis é utilizado o Cone IMHOFF, para determinar a sedimentação dos sólidos após 1 hora.

Para determinação da qualidade microbiológica foram analisadas a presença das bactérias do grupo coliforme, com a contagem dos coliformes fecais (*Escherichia coli*) e coliformes totais, utilizando o método de membranas filtrantes em meio cromogênico, descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [8].

Para a determinação do Índice de Qualidade de Água (IQA) utilizou-se da normativa da CETESB [16].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O igarapé encontra-se parcialmente em ambiente urbanizado, apresentando assim despejo de efluente doméstico, remoção de mata ciliar e pontos de piscicultura, sendo visível diretamente erosões provenientes da ocupação da área. Apesar de todas essas características, sua nascente e foz ainda se encontra em ambiente natural.

Com isso as características limnológicas do Igarapé nos períodos de seca e cheia estão dispostas na Tabela 1, sendo elas: Potencial Hidrogeniônico (pH), Temperatura (T), Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Turbidez, Alcalinidade, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Totais, Amônia, Nitrito, Nitrato, Fósforo Total (PT), Fósforo Dissolvido (PD), Clorofila a. Todos os valores obtidos foram comparados com a Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de Classe 2, visto que o igarapé estudado não possui enquadramento.

Tabela 1 – Resultados das análises químicas-físicas do Igarapé Mangueira, Ji-Paraná-RO, dos períodos de seca e cheia (continua)

| Pontos | pH | | T (°C) | | CE (µS/cm) | | OD (mg/L) | |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|----------------------|-------------|
| | Seca | Cheia | Seca | Cheia | Seca | Cheia | Seca | Cheia |
| P1 | 6,88 | 7,34 | 27 | 27,1 | 481 | 170,6 | 2,02 | 2,82 |
| P2 | 6,89 | 7,41 | 26,6 | 26,9 | 598 | 110,6 | 2,02 | 2,02 |
| P3 | 7,07 | 7,43 | 27 | 26,7 | 622 | 111,2 | 2,02 | 5,65 |
| P4 | 7,61 | 7,39 | 31,3 | 29,5 | 380,8 | 101,7 | 4,84 | 4,84 |
| P5 | 8,17 | 7,3 | 31,8 | 32 | 191,1 | 46,2 | 6,45 | 3,23 |
| P6 | 7,05 | 7,11 | 31,7 | 27,8 | 567 | 97,2 | 5,24 | 10,08 |
| P7 | 7,16 | 7,21 | 30,3 | 29,1 | 566 | 96,9 | 4,44 | 3,63 |
| P8 | 7,11 | 7,22 | 29 | 26,7 | 457 | 128,1 | 2,82 | 3,23 |
| P9 | 6,9 | 7,26 | 30,3 | 31,1 | 394,4 | 93,7 | 1,21 | 7,66 |
| P10 | 6,9 | 7,24 | 32,1 | 28,3 | 361,1 | 196,3 | 2,82 | 3,63 |
| P11 | 8,46 | 7,3 | 32,7 | 30,7 | 532 | 265,6 | 14,52 | 4,44 |
| P12 | 7,28 | 7,42 | 30,7 | 32,2 | 379,7 | 90,3 | 6,45 | 3,63 |
| Média | 7,29 | 7,30 | 30,0 | 29,01 | 460,84 | 125,7 | 4,57 | 4,57 |
| CONAMA nº 357/05 | 6,0 – 9,0 | | - | | - | | > 5m.L ⁻¹ | |

Tabela 1 – Resultados das análises químicas-físicas do Igarapé Mangueira, Ji-Paraná-RO, dos períodos de seca e cheia (continua)

| Pontos | DBO (mg/L) | | Turbidez (UNT) | | Alcalinidade (mg/L) | | Sólidos Sedimentáveis (ml/L) | |
|--------|------------|-------|----------------|-------|---------------------|-------|------------------------------|-------|
| | Seca | Cheia | Seca | Cheia | Seca | Cheia | Seca | Cheia |
| P1 | 1,41 | 1,41 | 34,3 | 37,1 | 23 | 50,5 | 0,5 | 0,1 |
| P2 | 1,82 | 0,40 | 37,2 | 30,6 | 23,5 | 22,5 | 0,7 | 1,7 |
| P3 | 1,21 | 1,61 | 20,3 | 33,6 | 24,5 | 44,5 | 0,7 | 0,7 |
| P4 | 4,24 | 2,62 | 81,5 | 38,4 | 28,5 | 33,5 | 0,2 | 0,9 |

| | | | | | | | | |
|-------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| P5 | 4,44 | 2,22 | 72,4 | 63,5 | 7,5 | 15,5 | 0,5 | 0,8 |
| P6 | 4,64 | 7,06 | 50,8 | 7,8 | 58,5 | 38,5 | 1,5 | 0,5 |
| P7 | 3,83 | 2,42 | 90,5 | 29,4 | 58,5 | 45,5 | 2,5 | 0,9 |
| P8 | 1,21 | 0,81 | 21,5 | 12,0 | 24,5 | 35 | 0,6 | 0,2 |
| P9 | 0,60 | 2,62 | 99,9 | 32,1 | 37,5 | 17,5 | 2 | 0,5 |
| P10 | 0,81 | 0,20 | 28,8 | 25,4 | 39 | 60,5 | 1 | 1,8 |
| P11 | 13,71 | 1,21 | 41,1 | 15,2 | 42 | 63 | 2 | 0,5 |
| P12 | 2,82 | 0,61 | 35,5 | 9,6 | 34 | 27,5 | 1 | 0,2 |
| Média | 3,39 | 1,93 | 51,15 | 27,9 | 33,4 | 37,8 | 1,1 | 0,73 |

| | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------|----------|---|---|
| CONAMA 357/05 | n° | < 5mg.L ⁻¹ | < 100UNT | - | - |
|----------------------|-----------|-----------------------|----------|---|---|

Tabela 1 – Resultados das análises químicas-físicas do Igarapé Mangueira, Ji-Paraná-RO, dos períodos de seca e cheia (continua)

| Pontos | Sólidos (mg/L) | | Totais (mg/L) | | Amônia (mg/L) | | Nitrito (mg/L) | | Nitrato (mg/L) | |
|----------------------|----------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|----------------|-------------|----------------|-------|
| | Seca | Cheia | Seca | Cheia | Seca | Cheia | Seca | Cheia | Seca | Cheia |
| P1 | 169,00 | 11,00 | 0,76 | 0,788 | 0,013 | 0,023 | 0,65 | 0,72 | | |
| P2 | 162,00 | 272,00 | 0,76 | 0,126 | 0,009 | 0,016 | 0,64 | 0,67 | | |
| P3 | 240,00 | 30,00 | 0,68 | 0,031 | 0,012 | 0,010 | 0,94 | 0,74 | | |
| P4 | 160,00 | 12,00 | 0,29 | 0,311 | 0,014 | 0,008 | 0,83 | 0,61 | | |
| P5 | 120,00 | 47,00 | 0,45 | 0,031 | 0,013 | 0,003 | 0,53 | 0,67 | | |
| P6 | 226,67 | 3,33 | 0,30 | 0,003 | 0,025 | 0,017 | 0,74 | 0,68 | | |
| P7 | 180,00 | 17,33 | 0,89 | 0,097 | 0,046 | 0,021 | 0,65 | 0,66 | | |
| P8 | 283,33 | 7,33 | 0,66 | 0,435 | 0,012 | 0,018 | 0,96 | 0,70 | | |
| P9 | 153,33 | 101,67 | 0,91 | 0,297 | 0,009 | 0,019 | 0,76 | 0,66 | | |
| P10 | 140,00 | 30,00 | 0,25 | 0,069 | 0,010 | 0,006 | 0,85 | 0,63 | | |
| P11 | 96,67 | 4,33 | 0,58 | 0,480 | 0,040 | 0,032 | 0,74 | 0,84 | | |
| P12 | 83,33 | 16,00 | 0,34 | 0,379 | 0,015 | 0,016 | 0,85 | 0,61 | | |
| Média | 167,86 | 11,00 | 0,57 | 0,253 | 0,018 | 0,016 | 0,76 | 0,68 | | |
| CONAMA 357/05 | n° | - | 3,7mg/L | 1,0mg/L | 10,0mg/L | | | | | |

Tabela 1 – Resultados das análises químicas-físicas do Igarapé Mangueira, Ji-Paraná-RO, dos períodos de seca e cheia (Conclusão)

| Pontos | PT (mg/L) | | PD (mg/L) | | Clorofila a (ug/L) | |
|--------|-----------|-------|-----------|-------|--------------------|----------|
| | Seca | Cheia | Seca | Cheia | Seca | Cheia |
| P1 | 0,123 | 0,51 | 0,020 | 0,099 | 0,0 | 524978,6 |
| P2 | 0,146 | 0,095 | 0,018 | 0,095 | 0,0 | 153,9 |
| P3 | 0,084 | 0,14 | 0,054 | 0,106 | 0,0 | 897,8 |
| P4 | 0,228 | 0,235 | 0,017 | 0,118 | 0,0 | 628,4 |
| P5 | 0,075 | 0,070 | 0,015 | 0,023 | 0,0 | 269,3 |
| P6 | 0,222 | 0,121 | 0,063 | 0,041 | 0,0 | 192,4 |
| P7 | 0,300 | 0,370 | 0,194 | 0,086 | 0,0 | 115,4 |

| | | | | | | |
|-------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| P8 | 0,051 | 0,472 | 0,010 | 0,096 | 0,0 | 346,3 |
| P9 | 0,025 | 0,118 | 0,007 | 0,038 | 0,0 | 141,1 |
| P10 | 0,054 | 0,160 | 0,009 | 0,089 | 0,0 | 141,1 |
| P11 | 0,050 | 0,089 | 0,015 | 0,030 | 3321,7 | 77,0 |
| P12 | 0,076 | 0,230 | 0,006 | 0,138 | 0,0 | 243 |
| Média | 0,120 | 0,22 | 0,036 | 0,080 | 276,8 | 44015,4 |
| CONAMA nº 357/05 | 0,010mg/L | - | - | - | - | - |

Na Tabela 2 estão descritos os dados microbiológicos do igarapé nos períodos de seca e cheia, visto que se trata de dados importantes quando tratamos de qualidade de água e como esse parâmetro pode interferir diretamente na qualidade de vida das pessoas ao entorno do corpo hídrico.

Tabela 2 – Resultados de coliformes fecais e E.coli dos períodos de seca e cheia do Igarapé Mangueira

| Pontos | CT (UFC/100mL) | | <i>E.coli</i> (UFC.100mL ⁻¹) | |
|-------------------------|-------------------|-----------------|---|----------------|
| | Seca | Cheia | Seca | Cheia |
| P1 | 49000 | 71000 | 24000 | 8000 |
| P2 | 53000 | 67000 | 24000 | 10000 |
| P3 | 180000 | 47000 | 60000 | 8000 |
| P4 | 70000 | 29000 | 10000 | 4000 |
| P5 | 40000 | 41000 | 10000 | 11000 |
| P6 | 120000 | 20000 | 6000 | 1000 |
| P7 | 50000 | 66000 | 10000 | 5000 |
| P8 | 67000 | 24000 | 10000 | 4000 |
| P9 | 39000 | 423 | 9000 | 1700 |
| P10 | 102000 | 56000 | 12000 | 8000 |
| P11 | 120000 | 68000 | 20000 | 5000 |
| P12 | 88000 | 30000 | 70000 | 1000 |
| Média | 81500 | 43285,25 | 22083 | 5558,33 |
| CONAMA nº 357/05 | 1000 UFC/100MI | | | |

Conforme o apresentado nas Tabelas 1 pode-se observar que os valores de pH em todos os pontos se encontram dentro do estabelecido, sendo considerada uma água levemente alcalina, tendo como valores mínimos e máximos 6,88 e 8,46 na seca, e 7,11 e 7,43 na cheia. O pH indica as condições em que o ambiente se encontra, como acidez, alcalinidade ou neutralidade da água, onde suas variações estão relacionadas com o meio terrestre [17].

Pode-se observar que os valores da Condutividade elétrica no período de cheia é três vezes menor que os valores obtidos na seca, com destaque nos pontos P3 e P6 que se encontram em área de lançamento de efluente de piscicultura. É de importância ressaltar que a condutividade elétrica indica a capacidade da água de conduzir corrente elétrica [18]. Apesar da CONAMA 357/2005 não determinar valores para Condutividade Elétrica, a CETESB [17] aponta que acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, existe a possibilidade de entrada de esgoto no ambiente.

Ao analisar os dados de OD e DBO é de interesse ressaltar os valores da CONAMA 357/2005, onde no período de seca 5 pontos estiveram de desacordo a legislação, no período de cheia 9 pontos estiveram em desacordo em relação a concentração de OD. Porém, é de grande destaque o ponto P11, devido seu alto valor de OD e baixa degradação da matéria orgânica, sendo um receptor direto de esgoto doméstico sem tratamento, esses valores podem variar devido ao arrastamento e decomposição da matéria orgânica para os corpos hídricos em diferentes períodos [19].

A turbidez é a interferência sofrida pela luz ao passar por uma amostra de água [20]. Os valores de turbidez estiveram de acordo com o valor indicado na Resolução CONAMA 357/2005, não ultrapassando o valor em nenhum ponto analisado; porém é de atenção os pontos P4 por se tratar de uma piscicultura e ponto P9 por ser um local de descarte de resíduos sólidos urbanos.

Apesar da CONAMA 357/2005 não apresentar valores limitadas de alcalinidade, porém pode ser um importante indicativo de despejo de efluente [21]. Os valores de alcalinidade tiveram alta concentração no ponto P6 (seca), tratando-se de uma piscicultura e ponto P11, por se tratar de local de descarte de esgoto doméstico sem tratamento.

Com a redução da precipitação a lâmina d'água no corpo hídrico é reduzida, aumentando assim a concentração de sólidos na água. Tendo com maior média o período de seca para sólidos totais e sólidos sedimentáveis. Requerendo atenção para a erosão, devido a intensa retirada da vegetação local.

O nitrogênio é considerado um dos elementos importantes para metabolismo de ambientes aquáticos. Os compostos de nitrogênio na forma amoniacal ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) referem-se ao primeiro estágio da fração dissolvida, enquanto que o nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), a oxidação em estágios finais [17]. Com isso, as análises de Amônia, Nitrito, Nitrato e Fósforo Total e Dissolvido foram realizadas para melhor caracterização do corpo hídrico estudado.

A amônia esteve em acordo com resolução CONAMA 357/05, com concentrações inferiores a 1,85 mg/L. A variável nitrito apresentou concentrações inferiores ao estabelecido pela resolução, todas estão inferiores a 0,132 mg/L. As concentrações de nitrato em ambos períodos também estiveram dentro do valor máximo permitido, chegando a alcançar 1,5 mg/L.

O fósforo é um nutriente de grande importância para o desenvolvimento de seres clorofilados nos ambientes aquáticos, tendo participação direta no processo fotossintético [22]. No entanto, Von Sperling [21], ressalta que em altas concentrações, pode ser um causador direto da eutrofização.

As concentrações de fósforo total apresentaram desacordo a Resolução, em todos os períodos estudados, apresentando na seca valor mínimo de 0,025 mg/L e valor máximo de 0,300 mg/L, no período de cheia apresentou valor mínimo de 0,070 mg/L e valor máximo de 0,51 mg/L. Essa alta concentração de Fósforo Total pode estar associada as concentrações de Clorofila a que no período de cheia também obteve elevação significativa.

Pelos resultados microbiológicos pode-se caracterizar a presença de animais adjacentes a microbacias, na parte urbana da bacia a lançamento de efluentes domésticos e despejo de resíduos sólidos urbanos, nos quais influenciaram na densidade de colônias.

Ao ser realizado o IQA obteve valores de 39,89 % para o período de seca e 41,64% no período de cheia, sendo classificado em situação regular. Sabe-se que a presença de mata ciliar influenciar diretamente na qualidade da água [22], porém o Igarapé Mangueira vem sofrendo constante retirada de sua vegetação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que apesar de o Igarapé apresentar característica ainda de ambientes naturais, vem sofrendo grande modificação e impacto da urbanização que ocorre em seu entorno, que gera despejo de efluente sem tratamento prévio sendo esses efluentes provenientes de piscicultura ou esgoto doméstico, um grande influenciador da contaminação são os de resíduos sólidos urbanos descartados dentro do igarapé.

Tais atividades antrópicas geram o aumento nos valores das análises realizadas, tendo como um alto indicador de contaminação as concentrações de alcalinidade e de nutrientes encontrados no Igarapé, um dos valores já em desacordo é o Fósforo Total, que obteve valores acima da Resolução CONAMA 357/2005

5. REFERÊNCIAS

- [1] COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B.R. & PADOVESI-FONSECA, C. Effects of anthropogenic silt on aquatic macroinvertebrates and abiotic variables in streams in the Brazilian Amazon. *Journal of Soils and Sediments*, v. 10, p.89-103, 2010.
- [2] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Água: um recurso cada vez mais ameaçado**, 2016.
- [3] AMÉRICO, J.H.P.; Torres, N.H.; Machado, A.A.; Carvalho, S.L. 2013. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. *Revista Científica ANAP Brasil*. 6 (7): 137-150.
- [4] BEZERRA, P. L. **Influência da atividade urbana sobre a qualidade da água do igarapé Dois de Abril – Ji-Paraná RO**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2012.
- [5] BRASIL. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas superficiais e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 53, 18 mar. 2005. p. 58-63.
- [6] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=110025&search=rondonia|jiparana>>. Acesso em: 01 de setembro de 2019.
- [7] SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL – SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia - 2010**. Porto Velho: 2012. V. 12.
- [8] APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Edition 19. Washington, 1995.
- [9] APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Edition 20. Washington, 1998.

- [10] JESPERSEN, A. M.; CHRISTOFFERSEN, K. Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. **Archive of Hydrobiology**, v.109, n. 3, p. 445-454, 1987.
- [11] NÖGES, T. SOLOVJOVA, I. The Influence of Different Solvents and Extraction Regimes on the Recovery of Chlorophyll a from Freshwater Phytoplankton. **Geophysica**, v. 36, n.1, p. 161-168, 2000.
- [12] PEREIRA, A. C. A. **Graus de trofia em águas do rio Corrente dos Matões de Bom Jesus/PI**. Piauí: UFPI, 2011. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Piauí, 2011.
- [13] PORTUGAL, Agência Portuguesa do Ambiente. **Protocolo de Monitorização e Processamento Laboratorial**: Elemento Fitoplâncton. 2009.
- [14] BRASIL, Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual prático de análise de água**. Fundação Nacional de Saúde, 4a ed., 150p. Brasília: Funasa, 2013.
- [15] Saneamento Básico do Estado de São Paulo: **Sólidos**. São Paulo: SABESP, 1999.
- [16] COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Apêndice D: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**. São Paulo: CETESB,2014.
- [17] ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- [18] COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Índices de qualidade das águas**. São Paulo: CETESB,2012.
- [19] METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater Engineering: trata qnd reuse**. 4. as. Revisado por George Tchobanglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. Mc GranwHil, New York, 2003.
- [20] ALMEIDA; K. P. et al. **Qualidade Ambiental e Descrição Morfométrica de uma Microbacia Urbana da Região Hidrográfica do Paraguai**. E&S - Engineering qnd Science, 2019, 8:1.

- [21] VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Vols. Vol 1. 3. Belo Horizonte, 2005.
- [22] LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia, 235 f. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.
- [23] DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 115-125, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>.

**ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO RIO CACHOEIRA ÁGUA
CRISTALINA, CABIXIRONDÔNIA**

**MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF WATER FROM RIVER WATER
CRYSTALLINE WATER, CABIXI RONDONIA**

Maria Izabel Gomes Silveira^{1*} Daniely Bernardo de Olivera¹, Geovani dos Santos Neiva¹,
Juliana Moura dos Santos¹, Leonora Cristina Ribeiro de Souza Rodrigues², Edilene da
Silva Pereira³.

¹Discente do Curso Superior Tecnológico em Gestão Ambiental. IFRO/ Colorado do
Oeste.

²Técnica de Laboratório em Química. IFRO/ Colorado do Oeste.

³Professora do IFRO/ Colorado do Oeste.

*Autor correspondente: ma.izabelgs@gmail.com

RESUMO

Apresenta-se a quantificação de Coliformes Totais e Termotolerantes em uma amostra de água da Cachoeira Água Cristalina, do município de Cabixi – Rondônia. Para as análises, adotou-se a técnica de diluição seriada, com volumes de amostras de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} , cuja quantificação microbiológica se deu pela estimativa do NMP de UFC/100 ml de amostra, via inoculação nos meios de cultura líquidos: Lauril Triptose, caldo duplo e simples, caldo Verde Brilhante a Bile 2%, e Caldo EC, para teste presuntivo e confirmativo de Coliformes Totais e detecção de Coliformes Termotolerantes. A quantidade de microrganismos que se encontrou foi superior a 1000 UFC/100 ml, que segundo preconiza a Resolução Conama n° 357/2005, para classe II de água doce, há alteração na qualidade da água do rio por contaminação fecal.

Palavras-chaves: coliformes totais, contaminação fecal, número mais provável.

ABSTRACT

The quantification of total and thermotolerant coliforms is presented in a water sample from the Água Cristalina waterfall, in the municipality of Cabixi - Rondônia. For the analysis, the serial dilution technique was used, with samples volumes of 10^{-1} , 10^{-2} and 10^{-3} , whose microbiological quantification was determined by the estimation of the NMP of CFU / 100 ml of sample, via inoculation in the liquid culture media: Lauril Triptose, double and single broth, Brilliant Green Bile broth 2%, and EC Broth, for presumptive and confirmatory testing of Total Coliforms and detection of Thermotolerant Coliforms. The amount of microorganisms found was higher than 1000 CFU / 100 ml, which according to Conama Resolution no. 357/2005, for freshwater class II, there is a change in the quality of the river water due to fecal contamination.

Keywords: total coliforms, fecal contamination, most likely number.

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida e constitui um dos principais fatores que determinam as condições de saúde da população. Nos diferentes meios por onde passa, a água agrega e incorpora substâncias, naturais ou originárias de atividade antrópica.[1].

A contaminação das águas superficiais se dá por diversas fontes, como por dejetos em decomposição, produtos químicos utilizados na agricultura, que podem ser arrastados pelas águas das chuvas para os rios, os esgotos domésticos e industriais que são lançados diretamente nos corpos receptores sem tratamento prévio, disposição inadequada de resíduos sólidos no solo, materiais orgânicos sintéticos, sendo esses as principais fontes antrópicas, responsáveis pela degradação do meio.[2].

Os micro-organismos provenientes dessas fontes de contaminação podem alterar as substâncias químicas encontradas na água, bem como fornece nutrientes para outros organismos aquáticos ou ainda, causar doenças infecciosas aos seres humanos, ao ingerir essas águas sem o prévio tratamento.[3].

Define-se o grupo coliforme como toda bactéria aeróbia e anaeróbia facultativa, gram negativas, não esporulada e na forma de bastonete, que fermentam a lactose com formação de gás. No grupo citado incluem-se organismos que diferem em suas características bioquímicas, sorológicas e em seu habitat. São classificadas em: *Escherichia*, *Aerobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* entre outros gêneros.[3]. Estão presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, e ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.[4].

Os coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera.[5],[4].

O rio Cachoeira água Cristalina, por apresentar relevante beleza cênica, é um ponto turístico no município de Cabixi. Além disso, por ser um rio localizado na zona rural, serve como fonte de abastecimento de algumas propriedades, para consumo humano e animal. Entretanto, não há estudos que atestem sobre a classe de enquadramento do rio ou sua balneabilidade. Assim, objetivou-se avaliar se a água do rio Cachoeira Cristalina apresenta qualidade adequada para os fins a qual se destina, através da quantificação microbiológica de um ponto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O rio Cachoeira Água Cristalina está localizado na Linha 8, Km 4,5, Rumo Escondido, Zona Rural do município de Cabixi – Rondônia, sob coordenada geográfica 13°22'13.29"S e 60°33'39.07"O. Local atrativo por sua beleza cênica e vegetação, o rio Cachoeira Água Cristalina é cercado por mata ciliar, e também é utilizado como fonte de abastecimento por propriedades localizadas em seu entorno.

Assim, no dia 02 de outubro de 2018, às 16h02min, realizou-se o procedimento de coleta para a análise microbiológica, no ponto amostral localizado na coordenada geográfica 13°22'13.29"S e 60°33'39.07"O, cuja coleta foi diretamente no rio, sendo o local rodeado por vegetação. O coletor microbiológico utilizado foi confeccionado de forma artesanal, a partir de um cabo de madeira, vasilhame cilíndrico de plástico como suporte a garrafa coletora, fixado na estrutura de madeira com arame cozido de aço galvanizado.

Como coletor microbiológico, utilizou-se uma garrafa de água mineral de 500 ml lacrada, estéril à luz UV por 20 minutos, e embrulhada em papel madeira e novamente esterilizada à luz UV por igual período. Após esterilização, foi acondicionada em sacola plástica.

Para o procedimento de coleta, o material foi identificado como “Cachoeira Água Cristalina”, contendo a identificação referente ao ponto amostral e equipe. Armazenou-se o material dentro de uma caixa térmica, com placas de gelo, para manutenção adequada de temperatura, sendo estes encaminhados ao laboratório em aproximadamente 8 horas.[6].

A análise foi realizada no laboratório de Microbiologia, do Instituto Federal de Rondônia, IFRO Campus Colorado do Oeste.

Para as análises, adotou-se a técnica de diluição seriada, com volumes de amostras de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} , cuja quantificação microbiológica se deu pela estimativa do Número Mais Provável - NMP de Unidades Formadoras de Colônias - UFC/100 ml de amostra, via inoculação nos meios de cultura líquidos: Lauril Triptose, caldo duplo e simples, caldo Verde Brilhante a Bile 2%, e Caldo EC, para teste presuntivo e confirmativo de Coliformes Totais e detecção de Coliformes Termotolerantes.[4].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos microrganismos, o NMP de Coliformes Termotolerantes encontrados na amostra foi de 1.600 UFC/100 mL. Esse valor está acima do que

recomenda a resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA n° 357/2005, para Classe II de água doce e também acerca da Balneabilidade constante na resolução CONAMA n° 274/2000.[4].

De acordo com a CONAMA 274/2000, as águas serão consideradas impróprias quando, no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências: não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias; valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros; incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias, presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação. [7]

Dentre as bactérias composta nesse grupo, pode-se citar a *Escherichia coli* e outras do gênero *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*. A *Escherichia coli* é a única que vive no intestino humano, entretanto ela não causa problemas à saúde quando está no intestino, pois é uma bactéria normal nesse local. Porém, algumas variantes podem desencadear distúrbios gastrointestinais caracterizados por diarreia aquosa. Além do mais, essa bactéria está relacionada com infecções urinárias, pneumonias e meningites.[8].

Assim, a quantidade de microrganismos encontrados trás preocupação eis que, por se tratar da realização da análise da amostra de um ponto determinado localizado no rio predominantemente na zona rural com vegetação ciliar preservada em muitos trechos, podem estar associado à poluentes de origem antrópica, como os dejetos gerados pelos moradores que residem na micro-bacia onde localiza a cachoeira.

Entretanto, o resultado pode ser de cunho natural, haja vista a presença predominante de mata ciliar que é a vegetação que acompanha o curso d'água, onde colabora para a manutenção da fauna silvestre, em que suas fezes podem de maneira pontual ou difusa, em contato com as águas do rio, terem contribuído para o valor em questão.

O fato de ela funcionar como um cílio protege o rio contra o assoreamento. Assim, evita que ocorra o alargamento desses locais e, conseqüentemente, a diminuição da profundidade da água e impede a contaminação das águas por produtos poluentes, como os usados na agricultura, e possibilita a absorção de nutrientes como nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio.[9].

Contudo, para afirmar tais possibilidades, seriam necessárias a realização de uma maior quantidade de análises, com a inclusão de parâmetros físico-químicos, observando a

sazonalidade e com amostras distribuídas ao longo do eixo longitudinal do corpo hídrico, em pontos estratégicos que pudessem representar a qualidade dessas águas de acordo com os usos e ocupação do solo.

4 CONCLUSÕES

A água do rio Cachoeira Água Cristalina apresentou quantidade microbiológica superior aos valores recomendados na Resolução Conama nº 357/2005, para água doce, Classe II e Balneabilidade, para uma análise.

Não é possível ainda afirmar sobre a qualidade dessa água, visto que seria necessária a realização de outras análises seja em quantidade e qualidade.

As práticas na disciplina de microbiologia ambiental possibilitam avaliar a qualidade ambiental, com aprendizagem das técnicas de detecção, proporcionando uma visão holística acerca da importância do meio ambiente e dos problemas associados à ação antrópica.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] IRITANI, Mara Akie. EZAKI, Sibele. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2012. Acesso em: 04 de maio de 2019.

[2] ALVES, Líria. Poluição de rios. Disponível em <<https://alunosonline.uol.com.br/quimica/poluicao-de-rios.html>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

[3] APUCARANA. Análise Microbiológica Da Água. Disponível em <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAwfWIAE/analise-microbiologica-agua>>. Acesso em: 04 de Maio de 2019.

[4] SILVA, Marina. RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 04 de Maio de 2019.

[5] PORTAL SÃO FRANCISCO - Copyright © 2019. Todos os direitos reservados. Coliformes. Disponível em <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/coliformes>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2019.

[6] DEUS, Adriana Castilho R. de, e et al. 2011. Guia Nacional De coleta e Preservação De amostras: Água, Sedimento, Comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília: Agência nacional de águas ministério do meio ambiente e Companhia ambiental do estado de São Paulo Secretaria de meio ambiente governo do estado de São Paulo, 2011. Acesso em: 04 de Maio de 2019.

[7] FILHO, JOSÉ SARNEY. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Disponível em <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneabilidade.pdf>. Acesso em: 15 de Setembro de 2019.

[8] SANTOS, Vanessa Sardinha dos. Mundo da educação : Coliformes fecais . Disponível em <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/coliformes-fecais.htm>>. Acesso em: 04 de Maio de 2019.

[9] Pensamento Verde ©2017. Todos os direitos reservados. O que é e qual a importância da mata ciliar?. Disponível em <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/o-que-e-e-qual-importancia-da-mata-ciliar/>>. Acesso em: 28 de Agosto de 2019.

**ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DE POÇOS RASOS EM PRESIDENTE
MÉDICI, RONDÔNIA**

**MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF GROUNDWATER AND CONSTRUCTIVE
CHARACTERISTICS OF SHALLOW WELLS IN PRESIDENTE MÉDICI,
RONDÔNIA**

Josilena de Jesus Laureano^{1*}, Caryne Ferreira Ramos¹, Ana Lúcia Denardin da Rosa², Beatriz Machado Gomes², Andreza Pereira Mendonça³, Wanderley Rodrigues Bastos⁴, Elisabete Lourdes do Nascimento³

¹Mestranda em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos, UNIR.

²Docente Mestrado em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos, UNIR..

³Docente Instituto Federal de Rondônia-IFRO/ Ji-Paraná.

⁴ Docente Departamento de Biologia da Universidade Federal de Rondônia-UNIR/Porto Velho.

* Autor correspondete:e-mail:josij.laureano@hotmail.com

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar parâmetros microbiológicos da água subterrânea de poços rasos dos distritos de Bandeira Branca e Presidente Médici/RO, assim como avaliar as características construtivas dos poços. Em Bandeira Branca, as amostras de água (10 poços) foram coletadas em fevereiro e outubro de 2016, e em abril e junho de 2017 em Presidente Médici (11 poços). As análises microbiológicas foram realizadas conforme métodos descritos em APHA (1995). Todas as amostras estiveram em desacordo com a Portaria nº 2.914 / 11 / MS e Resolução CONAMA nº 396/08, para coliformes totais e *E. coli*. Sendo encontradas densidades superiores a 112.000UFC/100mL para coliformes totais e maiores que 56.000UFC/100mL para *E. coli*. Os resultados apontam possível contaminação da água subterrânea por esgoto doméstico, devido à presença de coliformes, estando à água imprópria para o consumo humano sem que haja tratamento adequado.

Palavras-chave: Coliformes, *E. coli*, contaminação.

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the microbiological parameters of groundwater from shallow wells of the White Flag and Presidente Médici / RO districts, as well as to evaluate the constructive characteristics of the wells. In White Flag, water samples (10 wells) were collected in February and October 2016, and in April and June 2017 in Presidente Médici (11 wells). Microbiological analyzes were performed according to methods described in APHA (1995). All samples were in disagreement with Ordinance No. 2.914 / 11 / MS and CONAMA Resolution No. 396/08, for total coliforms and *E. coli*. Densities greater than 112,000UFC / 100mL were found for total coliforms and greater than 56,000UFC / 100mL for *E. coli*. The results indicate possible groundwater contamination by domestic sewage, due to the presence of coliforms, being the water unfit for human consumption without proper treatment.

Keywords: Coliforms, *E. coli*, contamination.

INTRODUÇÃO

Hoje é evidente que os recursos hídricos superficiais estão cada vez mais limitados, e apesar de dispor das maiores reservas hídricas do mundo, algumas regiões do Brasil já dependem de fontes subterrâneas, e há previsões de uma crescente demanda devido o crescimento demográfico e expansão econômica [1].

A utilização da água subterrânea se deve a sua grande disponibilidade, baixo custo, distribuição e qualidade normalmente excelente [2].

No entanto no Brasil o crescimento da utilização de águas subterrâneas foi acompanhado da proliferação de poços construídos sem critérios técnicos adequados, colocando em risco a qualidade das águas subterrâneas à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas (suscetíveis à contaminação) com águas mais profundas menos vulneráveis à contaminação [3, 4]. Dessa forma, condições apropriadas de construção dos poços além de proteção ao aquífero também garantem a segurança do usuário.

Algumas atividades antrópicas também representam risco aos aquíferos e a sua qualidade. Sendo as principais fontes potenciais de contaminação: falta de rede de coleta e tratamento de esgoto doméstico e industrial, disposição inadequada de resíduos, atividades agrícolas e de mineração, postos de combustíveis e cemitérios [3].

A falta de coleta e tratamento de esgoto, principalmente, nas cidades com elevada densidade populacional, portanto com elevadas taxas de produção de esgoto podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas, por meio da infiltração por fossas negras e escoamento superficial [3]. Situação comum que ocorre nos centros urbanos em quase todos os estados brasileiros, acarretando poluição bacteriológica e físico-química [5].

Estudos têm demonstrado que a expansão e ocupação urbana, sem um sistema adequado de rede de coleta e tratamento de esgoto sanitário, têm gerado uma carga contaminante significativa, que atingem os aquíferos e ameaça a qualidade das águas subterrâneas [6]. A contaminação é agravada pelo fato de que as águas de poços subterrâneos são muitas vezes utilizadas sem qualquer tipo de tratamento [7]. O que pode ocasionar sérias consequências à saúde da população que a consome. Pois a água contaminada veicula inúmeros agentes infecciosos causadores de enterites e diarreias infantis, principais fatores do elevado índice de mortalidade infantil no país [8].

Os microrganismos patogênicos atingem os cursos d'água através dos despejos humanos ou de animais infectados, desse modo o uso de tal água, pode resultar em infecções, situação recorrente nos países cujo saneamento básico é deficiente [1]. De modo que o saneamento básico é de fundamental importância para a qualidade de vida, pois a falta deste serviço força a população a procurar formas alternativas como poços e fossas para suprir suas necessidades o que podem vir a comprometer a qualidade dos recursos hídricos com reflexos na saúde pública.

Estudos desenvolvidos em cidades do estado de Rondônia, como Ji-Paraná [9, 10, 11], Vilhena [12], Ariquemes [13] e Porto Velho [14], apontaram a elevada contaminação de poços rasos utilizados para o suprimento de água para o abastecimento doméstico, o que pode vir ocasionar impactos à saúde pública.

Neste sentido, justifica-se o desenvolvimento da presente pesquisa que tem como principal objetivo avaliar as características construtivas de poços rasos assim como a qualidade da água subterrânea no município de Presidente Médici, através de parâmetros microbiológicos. Assim como comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos pela Portaria 2.914/MS/2011 [15] e Resolução 396/CONAMA/2008 [16].

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Presidente Médici conta com uma população estimada de 22.124 habitantes. Em divisão territorial datada do ano de 2005 a área é formada por 5 distritos: sendo eles Presidente Médici, Estrela de Rondônia, Novo Riachuelo, Vila Camargo e Bandeira Branca [17]. O presente estudo foi realizado no distrito de Presidente Médici e Bandeira Branca.

Foram selecionadas de forma aleatória residências que utilizavam poços para captação de água destinada ao consumo humano, e cujos responsáveis aceitaram participar da pesquisa mediante assinatura do termo de livre consentimento.

Foram amostradas 10 residências localizadas no distrito de Bandeira Branca (figura 1), sendo as coletas realizadas nos meses de fevereiro e de outubro do ano de 2016. No distrito de Presidente Médici (figura 2) foram amostradas 11 residências, nos meses de abril e junho do ano de 2017.

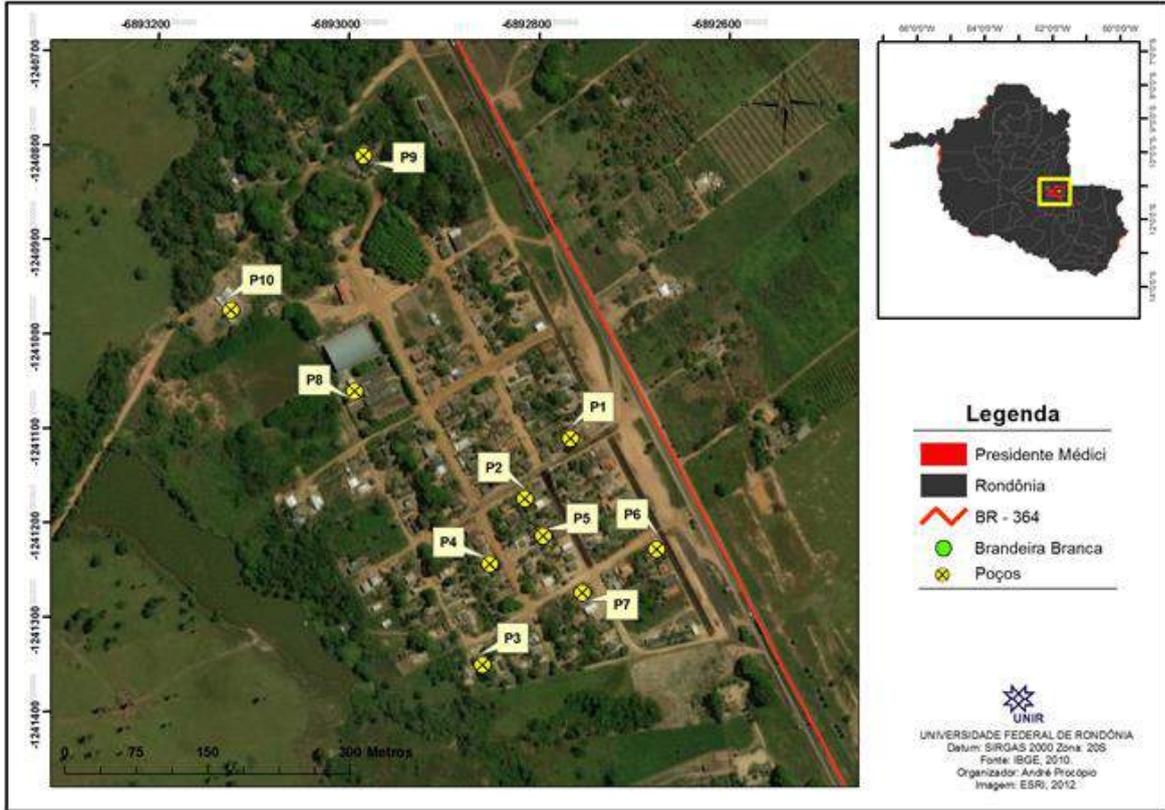


Figura 1- Localização do distrito de Bandeira, município de Presidente Médici, Rondônia, Brasil.
Fonte: Os organizadores.

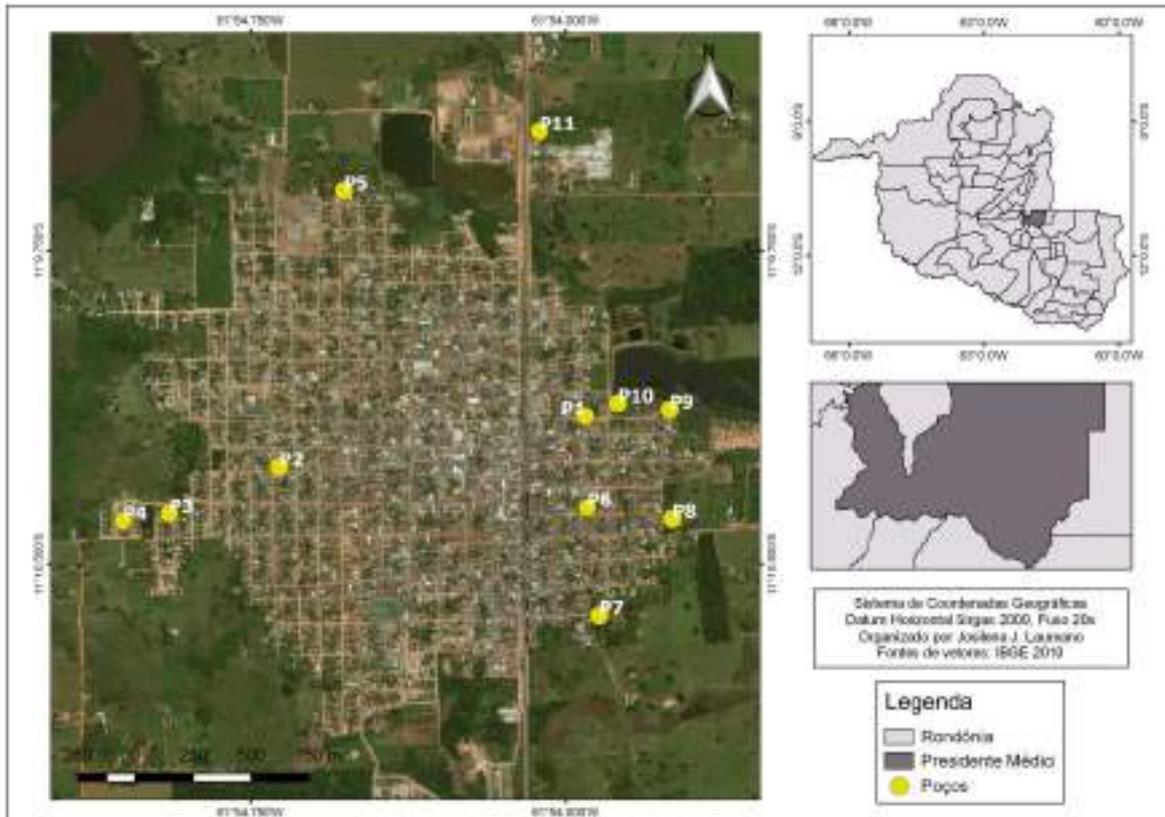


Figura 2- Localização do distrito de Presidente Médici, Rondônia, Brasil. Fonte: Os organizadores.

No momento da coleta foram demarcadas as coordenadas geográficas dos poços utilizando GPS (Garmin Etrex Vista H 2,8), bem como obtidas as cotas do poço e da fossa. Com uso de trena foi determinada a distância entre poço e fossa, e o nível de água do poço. Paralelamente a estas medidas, foram observadas as características construtivas dos poços, como a presença e condições do revestimento e da tampa.

A coleta da água foi realizada utilizando um coletor para água subterrânea (figura 3), diretamente do poço. A amostra de água foi coletada em garrafas de água mineral (500mL), lacradas abertas no momento da coleta, onde a água mineral foi descartada e a garrafa “rinsada” com a água do ponto de coleta. Após, as mesmas foram acondicionadas em caixas isotérmicas refrigeradas até o momento da análise realizadas em menos de 24 horas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia-LABLIM (UNIR- campus de Ji-Paraná). As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E coli*) foram realizadas conforme o método de membrana filtrante em meio cromogênico [18].



Figura 3- Coletor de água subterrânea.
Fonte: Os organizadores.



Figura 4- a) Bomba a vácuo e sistema Kitassato, b) Placa de, Petri c) Estufa bacteriológica.
Fonte: Os organizadores

O método consiste em filtrar em membrana de éster de celulose (0,45µm) 100mL da amostra com auxílio de uma bomba a vácuo e sistema kitassato (figura 4 a). Em seguida as membranas foram dispostas em placas Petri (figura 4 b) com meio de cultura *chromocult coliform agar*. As amostras foram incubadas em estufa bacteriológica (figura 4 c) por 24 horas a uma temperatura de 35±2°C, observando-se a presença de coliformes totais (colônias rosa/lilás) e *E. coli* (colônias violetas/pretas), sendo que o número de coliformes totais é igual a soma dos coliformes totais e *E. coli*. Após a contagem do

número de colônias formadas, os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por 100mL (UFC/100mL).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, os distritos de Presidente Médici e Bandeira Branca, não diferem do cenário nacional onde os serviços de saneamento não estão disponíveis de forma igualitária, e em muitas localidades o acesso não existe ou se dá de maneira irregular.

Com relação ao abastecimento de água a cidade é atendida pela Companhia de Águas e Esgoto do Estado de Rondônia-CAERD, no entanto devido aos valores cobrados para o abastecimento, e a falta de confiança no serviço prestado, alguns moradores optam por utilizar fontes alternativas, como a água de poços rasos.

Quanto à fonte de abastecimento de água, em Bandeira Branca os pontos 1, 2, 6 e 9 utilizam água da Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia-CAERD, paralelo ao consumo da água do poço. Os pontos 3, 5, 7 e 10 utilizam exclusivamente a água do poço para o consumo doméstico, e o 4 faz uso apenas da água fornecida pela CAERD. Em Presidente Médici, 90,9% das residências (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 e 11) utiliza para abastecimento doméstico somente água do poço, já o ponto 6 utiliza água da CAERD e poço.

Quando questionados se realizavam algum tratamento da água antes do consumo, no distrito do Bandeira Branca, 90% informaram realizar a cloração direta no poço, sendo que 20% realizava a cloração uma vez por mês, e 70% de maneira irregular. Em Presidente Médici, a maioria dos participantes (81,8%), também informaram realizar a cloração diretamente no poço sendo que 36,3% aplicam a cada 1 a 2 meses, e 54,4% de maneira irregular. O responsável pelo ponto 5, declarou não realizar nenhum tipo de tratamento, e o do ponto 11 informou que utiliza água sanitária no processo de desinfecção da água.

Das características apresentadas pelos poços em análise nas duas áreas em estudo, com relação à profundidade, somente o poço 8 do distrito de Bandeira Branca apresentou maior profundidade, sendo um poço tubular de 38 a 50m de profundidade. Os demais poços são rasos, com valores de profundidade menor que 15m (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1- Características dos poços amostrados no distrito de Bandeira Branca.

| Poços | Profundidade poço (m) | Lâmina da água (m) | Tipo de Revestimento | Tampa | Distância Poço-fossa | Cota poço | Cota fossa | Tipo fossa |
|-------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------|----------------------|-----------|------------|------------|
| 1 | 11,70 | 1,70 | M/P | T/A | 11,70 | 186 | 186 | F/N |
| 2 | 13 | 2 | M/P | T/A | 25 | 183 | 183 | F/N |
| 3 | 6,90 | 3 | A | T/A | 10 | 174 | 177 | F/N |
| 4 | 10 | 2,40 | S/R | T/A | 5 | 182 | 185 | F/N |
| 5 | 12 | 1,40 | S/R | T/A | 25 | 184 | 184 | F/N |
| 6 | 13,10 | 3,10 | S/R | T/A | 8,20 | 184 | 184 | F/N |
| 7 | 11,50 | 2,50 | S/R | T/A | 33 | 186 | 185 | F/N |
| 8 | 38-50 | - | - | T/A | 11 | 178 | 173 | F/N |
| 9 | 7,40 | 1,50 | S/R | T/A | 10 | 165 | 173 | F/N |
| 10 | 8,60 | 4,60 | S/R | T/A | 15 | 171 | 173 | F/N |

Fonte: Os organizadores.

M/P= manilhado parcialmente; A/P= alvenaria parcialmente; A= alvenaria; M= manilhado; S/R= sem revestimento; T/A= tampa de alvenaria; T/M= tampa de madeira; F/N= fossa negra, F/S= fossa séptica.

Tabela 2- Características dos poços amostrados no distrito de Presidente Médici.

| Poços | Profundidade poço (m) | Lâmina da água (m) | Tipo de Revestimento | Tampa | Distância Poço-fossa | Cota poço | Cota fossa | Tipo fossa |
|-------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------|----------------------|-----------|------------|------------|
| 1 | 9,32 | 3,07 | S/R | T/A | 27,2 | 172 | 174 | F/N |
| 2 | 9,72 | 0,93 | M | T/A | 20,3 | 182 | 183 | F/N |
| 3 | 7,33 | 2,57 | M/P | T/A | 21,7 | 178 | 178 | F/N |
| 4 | 5,93 | 1,8 | S/R | T/M | 8,6 | 173 | 173 | F/N |
| 5 | 8,98 | 1,63 | M/P | T/A | 17,4 | 188 | 184 | F/N |
| 6 | 9,52 | 2,21 | A /P | T/A | 30 | 188 | 186 | F/N |
| 7 | 6,08 | 0,81 | S/ R | T/A | 24,31 | 180 | 179 | F/S |
| 8 | 9,86 | 2,68 | M/P | T/A | 20,4 | 189 | 189 | F/N |
| 9 | 5,45 | 4,09 | S/R | T/A | 20 | 178 | 175 | F/N |
| 10 | 4,01 | 2,04 | A/P | T/A | 20 | 181 | 182 | F/N |
| 11 | 6,1 | 4,2 | M | T/A | 21 | 176 | 175 | F/N |

Fonte: Os organizadores.

M/P= manilhado parcialmente; A/P= alvenaria parcialmente; A= alvenaria; M= manilhado; S/R= sem revestimento; T/A= tampa de alvenaria; T/M= tampa de madeira; F/N= fossa negra, F/S= fossa séptica.

Em Bandeira Branca, 40% das fossas estão em cota altimétrica superior a cota do poço (3, 4, 9 e 10), os poços (1, 2, 5 e 7) apresentam a mesma cota altimétrica que a fossa, já os poços 6 e 8 estão em cota superior a fossa. Em Presidente Médici, 27,7% das fossas estão localizadas em cota superior ao poço (1, 2 e 10). Os pontos 3, 4 e 8 apresentam a mesma cota para poço e fossa, nos pontos 5, 6, 7, 9 e 11, os poços estão em cota superior.

Ressalta-se que a cota altimétrica da fossa superior ao poço, é um facilitador do fluxo do efluente doméstico para o interior do poço, agindo como possível foco de contaminação das águas subterrâneas.

Quanto ao revestimento dos poços em Bandeira Branca (Figura 5) apenas o poço 3 é totalmente revestido com tijolos, os poços 1 e 2 são parcialmente revestidos com manilha, os demais (4, 5, 6, 7, 9 e 10) não possuem revestimento. Já em Presidente Médici, os poços 2 e 11 são totalmente revestidos por manilha, os poços 3, 5 e 8 são parcialmente revestidos por manilha, e os poços 6 e 10 parcialmente revestidos por alvenaria, os demais (1, 4, 7 e 9) não possuem revestimentos.

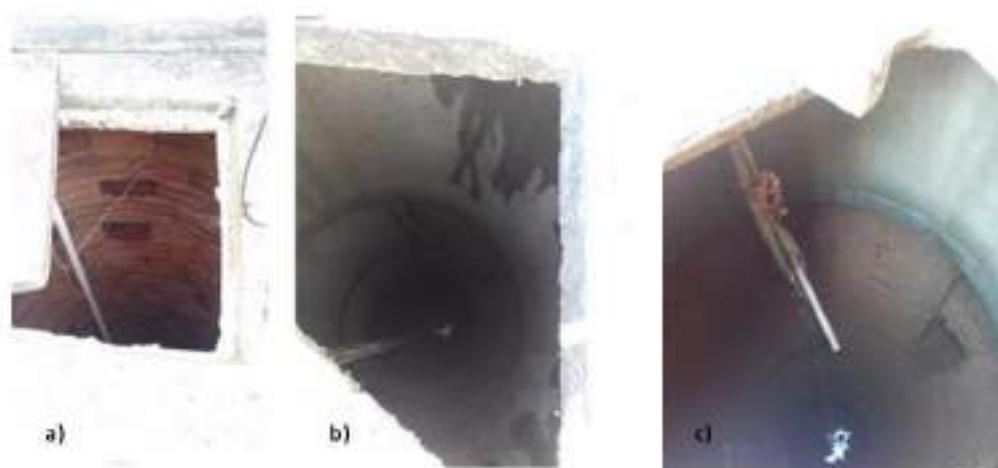


Figura 5- Poços revestidos e sem revestimento; a) Poço 3 em Bandeira Branca ; b) Poço 2 e c) Poço 1 ambos em Presidente Médici. Fonte: Os organizadores.

A falta de revestimento dos poços é uma característica construtiva que favorece a contaminação dos mesmos, pois facilita a entrada de efluentes provenientes das fossas, assim como a percolação dos contaminantes superficiais.

De todos os poços amostrados, nas duas áreas em estudo, somente o poço 4 (Figura 6) em Presidente Médici, possui tampa de madeira, a qual está em más condições, os demais possuem tampas de alvenaria, e em boas condições.



Figura 6- a) Poço 4 com tampa de madeira e b) Poço 6 com tampa de alvenaria ambos em Presidente Médici. Fonte: Os organizadores.

Para poços rasos boas condições construtivas garantem a proteção sanitária, e são de extrema importância para a qualidade da água subterrânea, no fundo do poço deve-se utilizar anel pré-moldado de concreto, tijolos, manilhas, ou pedras encaixadas e cascalho na base para permitir a entrada de água. A parede do poço deve ser feita com alvenaria ou concreto e revestida em massa de cimento, devendo ser construída alguns centímetros acima do solo, e uma laje de concreto deve ser construída ao redor do poço. A impermeabilização e a laje evitam a infiltração de contaminantes da água subterrânea [19].

Quanto ao esgotamento sanitário, apenas uma residência em Presidente Médici (ponto 7) utiliza de fossa séptica para destinação do esgoto doméstico, as demais utilizam fossas negras.

No distrito de Presidente Médici, algumas ruas já possuem instalada a rede de coleta de esgoto, no entanto, até a conclusão desta pesquisa, a rede encontrava-se inoperante, e dos pontos amostrados nesse estudo apenas o ponto 10 era contemplado pela rede de coleta. A instalação da rede de coleta e a estação de tratamento de esgoto foi implantada recentemente para atender 50% da população, no entanto ainda não esta em funcionamento, os 50% restante será implantado posteriormente [20]. Contudo além da coleta de esgoto faz-se necessário a desativação das fossas existentes na área após a ligação à rede de esgoto, para eliminação da fonte de contaminação e proteção da água subterrânea.

Em relação à distância entre poço e fossa, em Bandeira Branca 60% dos poços (1, 3, 4, 6, 7 e 9), e o poço 4 em Presidente Médici, são menores que a distância recomendada (15m) pela NBR 7.229/93 [21], que trata de Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

No momento da coleta foi possível observar a presença de galinheiros próximos aos poços nos pontos 1, 2 e 3 de Bandeira Branca, e 1, 3, 5 e 8 em Presidente Médici, assim como presença de animais domésticos na área dos poços 10 (Bandeira Branca) e 2 (Presidente Médici). No ponto 5 de Bandeira Branca, há a presença de um mictório a 3m do poço e em cota superior ao mesmo. O poço 10 de Presidente Médici não foi realizado coleta no mês de junho devido à residência estar fechada na ocasião.

Levantar os aspectos sócio-ambientais da população estudada, bem como as características dos poços, é de extrema importância em pesquisas na temática *qualidade da água subterrânea*, visto que, tais aspectos podem explicar a contaminação da água dos poços.

Pesquisas sobre a temática indicam que aspectos construtivos são um dos principais fatores que contribuem na contaminação da água subterrânea, Ferreira [11] no seu estudo desenvolvido em área rural, na região central de Rondônia, onde analisou 11 poços utilizados para abastecimento de água, associou a contaminação por *E. coli*, a proximidade com locais de criação de animais e as formas de construção dos poços assim como a declividade do terreno em direção aos poços.

Cremonese [22] em estudo desenvolvido no Bairro Boa Esperança em Ji-Paraná onde analisou 10 poços, encontrou maior densidade de coliformes e *E. coli* em poços próximos as fossas, apresentando cota da fossa em relação ao poço como facilitador da contaminação visto as condições construtivas dos poços inadequadas.

Os resultados das análises microbiológicas encontram-se nas tabelas 3 e 4. Com relação aos coliformes totais em 100% das residências analisadas nos dois períodos foi encontrado esse grupo de microrganismos.

Em Bandeira Branca a densidade máxima encontrada para coliformes totais foi no poço 2 com (>51.000 UFC/100mL), ocorreu em fevereiro (mês representativo do período chuvoso) e em outubro (mês representativo da transição seca-chuva) com 92.000 UFC/100mL.

Tabela 3- Resultado de coliformes totais e *E. coli*, no distrito de Bandeira Branca.

| Poços | Coliformes totais UFC/100mL | | <i>E. coli</i> UFC/100mL | |
|--|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | Chuva (fevereiro) | Seco-chuva (outubro) | Chuva (fevereiro) | Seco-chuva (outubro) |
| 1 | 6.000 | 4.000 | 1.000 | 1.000 |
| 2 | >51.000 (diluição 1.000x) | 92.000 | 1.000 | >50.000 (diluição 1.000x) |
| 3 | 10.038 | 5.900 | 38 | 2.000 |
| 4 | 14.400 | 14.200 | 400 | 9.000 |
| 5 | 1.100 | 10.000 | 500 | 1.000 |
| 6 | 24.200 | 5.000 | 200 | 100 |
| 7 | 12.001 | 900 | 1 | 100 |
| 8 | 5.100 | 11 | 5.000 | Ausente |
| 9 | 22.000 | 50.115 | 6.000 | 115 |
| 10 | 7.000 | 202 | 1.000 | 2 |
| Port. MS 2.914/11 Conama 396/08 | Ausente/100mL | | Ausente/100mL | |

Fonte: Os organizadores.

Já em Presidente Médici a maior densidade de coliformes totais encontrada em abril (mês representativo do período de transição entre chuva-seca) foi no ponto 8, com 15.000UFC/100mL, e em junho (mês representativo do período de seca), ocorreu no poço 9 onde foi encontrada densidade superior a 112.000UFC/100mL na diluição de 1.000 vezes.

Tabela 4- Resultado de coliformes totais e *E. coli*, no distrito de Presidente Médici.

| Poços | Coliformes totais UFC/100mL | | <i>E. coli</i> UFC/100mL | |
|--|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | Chuva-seca (abril) | Seca (junho) | Chuva-seca (abril) | Seca (junho) |
| 1 | 2.100 | 8.032 | 100 | 32 |
| 2 | 9.002 | 37.000 | 2 | 14.000 |
| 3 | 2.005 | 32 | 5 | Ausente |
| 4 | 120 | 6.005 | 10 | 5 |
| 5 | 2.040 | 14.000 | 40 | 2.000 |
| 6 | 1.025 | 1.004 | 25 | 4 |
| 7 | 4.060 | 19.000 | 60 | 1.000 |
| 8 | 15.000 | 57.000 | 5.000 | 1.000 |
| 9 | 6.110 | >112.000 (diluição 1.000x) | 110 | >56.000 (diluição 1.000x) |
| 10 | 2.120 | N/A | 2.000 | N/A |
| 11 | 4.000 | 59 | 1.000 | 10 |
| Port. MS 2.914/11 Conama 396/08 | Ausente/100mL | | Ausente/100mL | |

Fonte: Os organizadores. N/A= não analisado

Os Coliformes Totais estão associados ao ambiente, podendo ser encontrados em solos e águas não necessariamente contaminados, pois são organismos de vida livre [23].

Com relação a *E. coli*, os resultados demonstram que para o mês representativo do período chuvoso (fevereiro) em Bandeira Branca, todos os poços estiveram em desacordo com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde [15], que preconiza a ausência de *E. coli* na água destinada ao consumo humano. Já para outubro (mês representativo do período seca-chuva), apenas o poço 8 não apresentou esse grupo bacteriano, na área de estudo os maiores valores encontrados foram de 6.000 UFC/100mL (poço 9) no mês de fevereiro, e no mês de outubro foi encontrado densidade maior que 50.000UFC/100mL na diluição de 1.000 vezes.

Em Presidente Médici as maiores densidades encontradas foram de 5.000 UFC/100mL (poço 8) no mês de abril (transição de chuva-seca), e no mês de junho (seca) no poço 9 foi superior a 56.000UFC/100ml.

A *E. coli* indica que a água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais de sangue quente, e por consequência há potencialidade da água para transmitir doenças [23]. Apesar de fazer parte da flora normal, quando presente na água representa risco à saúde humana, uma vez que existem algumas linhagens associadas com diarreia humana, integrando o grupo de enteropatógenos causadores de diarreias infecciosas que elevam as taxas de morbidade e mortalidade infantil [1].

Segundo Serena [20], em estudo desenvolvido no distrito de Presidente Médici, em que avaliou a relação entre casos de diarreia e a falta de saneamento, verificou-se que entre janeiro de 2011 a abril de 2016, todos os meses foram registrados casos da diarreia. O ano de 2012 foi o que apresentou maior número de casos. A carência de infra-estrutura de saneamento, coloca a população em situações de risco a saúde, resultando no aumento da incidência, que acometem principalmente crianças e idosos [24]. Tal situação ocorre no município de Presidente Médici, onde 36% dos casos de diarreia ocorreram em crianças de até 5 anos.

A Portaria nº 2.914/11 [15], e a Resolução CONAMA nº 396/08 [16], estabelece que a água destinada ao consumo humano deve estar ausente tanto de coliformes totais como de *E. coli* em 100mL de amostra, sendo assim a água subterrânea dos poços analisados nas duas áreas em estudo se apresenta imprópria para o consumo humano sem que haja tratamento adequado.

Os elevados valores de coliformes encontrados no presente estudo não diferem dos resultados encontrados por outros autores em estudos desenvolvidos em diversas cidades

do estado de Rondônia. Ramos et al. [25], no distrito de Nova Londrina (Ji-Paraná) encontraram valores entre 10 a $>130.000\text{UFC}/100\text{mL}$ para coliformes totais e *E. coli*. Já Oliveira et al. [12], ao estudarem poços rasos em Vilhena, encontraram 72,7% (8 poços) dos poços em desacordo com a legislação no período de chuva, e 9% (1 poço) no período seco para *E. coli*., com relação a coliformes totais 100% (11 poços) apresentaram contaminação no período chuvoso, e no período seco para 36,3% (4 poços). Faustino et al. [13], no município de Ariquemes encontraram Coliformes totais e *E. coli* em 100% dos pontos analisados.

Os elevados valores encontrados nos poços das duas áreas em estudo indicam a contaminação pelo esgotamento sanitário e podem ser explicados, pelas características construtivas dos poços e fossas.

No distrito de Bandeira Branca, por exemplo, o poço 2 apesar de apresentar distância entre poço e fossa superior aos 15 metros como o recomendado, possui revestimento parcial, está localizado próximo a um galinheiro (um dos possíveis focos de contaminação) e encontra-se na mesma cota que a fossa. Já o ponto 6 possui distância inferior ao recomendado e se localiza na mesma cota que a fossa, no ponto 9, a fossa encontra-se em cota superior a do poço, e ambos os pontos 6 e 9 não possuem revestimento. Tais fatores podem estar contribuindo para a elevada densidade de bactérias encontradas nesses poços, sendo a cota da fossa superior a do poço um facilitador do fluxo do efluente em sentido ao poço, assim como a falta de revestimento nas paredes dos mesmos, contribui para que ocorra a contaminação.

Na área de Presidente Médici o poço 2 (Figura 7), encontra-se em cota inferior a da fossa, e apesar de possuir revestimento total, no momento da coleta foi possível observar que ocorre a entrada de água de superfície para o interior do poço devido a presença das marcas na parede interna do poço como pode ser observado na figura 7. Além da tampa do poço estar localizada abaixo do nível do piso, existe acesso de animais domésticos próximo ao poço.



Figura 7- Imagens do poço 2 em Presidente Médici, tampa e revestimento interno.

Fonte: Os organizadores.

Destacam-se como fatores contribuintes para a contaminação do ponto 8, seu revestimento parcial, apresentar a mesma cota que a fossa, presença de criação de galinhas no terreno, e apresentar elevada quantidade de material orgânico em decomposição disposto em todo o terreno.

Também é relevante destacar, o poço 7 em Presidente Médici (Figura 8). Este, apesar de possuir uma distância de 24,31m da fossa, superior a recomendada pela NBR 7.229/93 [21], esta localizado dentro da área da casa com todo o redor cimentado, e utilizar fossa séptica para o destino do esgoto doméstico, apresentou contaminação por coliformes totais e *E. coli* nos dois períodos em análise.



Figura 8- Imagens do poço 7 em Presidente Médici.

Fonte: Os organizadores.

Resultados como estes, sugerem que existe um transito de bactérias na água subterrânea, pois mesmo nas residências onde as fossas estão mais afastadas dos poços e onde há revestimento dos mesmos, houve a presença de bactérias do grupo coliformes.

Segundo Silva [9], não se pode ter como segura a extração de água subterrânea em áreas densamente povoadas e desprovidas de rede de esgoto, pois a proximidade entre poços e fossas (10 a 35m), torna potencialmente perigosa a ingestão destas águas, principalmente os de profundidade inferiores a 10m, não sendo possível estabelecer uma distância segura entre os mesmos, em razão da pouca profundidade do nível d'água.

Em cidades desprovidas de sistemas de coleta e tratamento de esgoto, os esgotos domésticos depositados *in situ* são os principais contaminantes das águas subterrâneas, pois formam uma malha distribuída sobre o aquífero, onde substâncias e materiais diversos são depositados, podendo atingir o lençol facilmente [9].

Pode-se perceber que entre os dois distritos amostrados, Bandeira Branca apresenta valores de densidade de coliformes totais e *E. coli* superiores aos encontrados no distrito de Presidente Médici.

CONCLUSÕES

O presente estudo evidenciou que a água subterrânea proveniente de poços rasos nos distritos de Bandeira Branca e Presidente Médici encontra-se imprópria para o consumo humano sem que haja tratamento prévio. Visto que parâmetros coliformes totais, *E. coli* estiveram em desacordo com o estabelecidos pela Portaria 2.914/11 MS e a CONAMA 396/08.

Os resultados demonstraram que a contaminação dos poços ocorre devido a presença de fossas negras. As características construtivas inapropriadas tanto dos poços como das fossas também se apresentam como um facilitador da contaminação.

O estudo pode evidenciar que a população dos distritos de Bandeira Branca e Presidente Médici estão consumindo água fora dos padrões de potabilidade preconizados pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde.

Recomenda-se a eliminação das fontes poluidoras, desativando as fossas e implantando o sistema de rede de coleta e tratamento de esgoto, assim como a utilização pela população da água da rede de abastecimento.

Recomendam-se ações quanto à sensibilização da população sobre a importância do tratamento da água destinada ao consumo humano, assim como a importância de soluções seguras para a correta coleta e destinação final do esgotamento sanitário.

REFERÊNCIAS

- [1] RIBEIRO, K. T. S. **Água e saúde humana em Belém**. Belém: Cejup, 2004. 280p.
- [2] TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T.R; TOLEDO, M. C. M; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2º Ed. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 2009.
- [3] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos n 5º. Brasília-DF, 2007. 126p.
- [4] ZOBY, J.L.G. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. In. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal-Rio Grande do Norte. **Anais 2008**.
- [5] TUCCI, C. E. M; CABRAL, J. J. S. P. **Qualidade da Água Subterrânea**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2003.
- [6] VANIER, C.; IRITANI, M.A.; VIOTTI, M.; ODA, G.H.; FERREIRA, L.M.R. Nitrato nas águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo. v.31, n°1/2,p.1-21. 2010.
- [7] TUNDISI, J.G; TUNDISI, T.M. **Recursos Hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- [8] BRASIL. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde - Funasa. Brasília: Funasa, 2014.
- [9] SILVA, A. G. **Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Paraná- RO**. Rio Claro: UEP, 2008. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.
- [10] HELBEL, A. F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná / RO – Brasil**. Ji-Paraná: UNIR, 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2011.
- [11] FERREIRA, R. F. **Avaliação da qualidade da água utilizada por produtores de polpa de fruta na região central de Rondônia**. Ji-Paraná-RO, UNIR, 2013. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2013.
- [12] OLIVEIRA, G.A; NASCIMENTO, E.L; ROSA, A. L. D; LAUTHARTTE, L.C; BASTOS, W. R; BARROS, C. G. D; CREMONESE, E.R; BENT, A.Q; MALM, O; GEORGIN, J; CORTI, A.M. Avaliação da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso de Vilhena – RO. **Revista Brasileira das Águas Subterrâneas**, v. 29, n.2, p. 213-223, 2015.
- [13] FAUSTINO, E., VANZELLA, M.; MENEGUETTI, D.U.O.;ZAN, R.A. Avaliação da qualidade de água de poços rasos ou comuns da cidade de Ariquemes, Rondônia, Brasil. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente** 4(2): p65-78. 2013.

- [14] RODRIGUES, E. R. D.; SANTOS, J. P.; MARTINS, A. S.; BASTOS, W. R.; CARVALHO, D. P.; HOLANDA, I. B. B.; ALMEIDA, R & NASCIMENTO, E. L. Avaliação espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana de Porto Velho – Rondônia – Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XV, 2008**, São Paulo. Anais. São Paulo: ABAS, 2008.
- [15] BRASIL. Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde (MS). **Diário Oficial da União**, 26 dezembro de 2011. 266p.
- [16] BRASIL. Resolução n° 396 de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, n. 66, 7 abr, 2008, 66p.
- [17] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades. Disponível em: <
<https://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?medici?codmun=110025>>.
Acesso em: 30 de junho de 2017.
- [18] APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Edition 19. Washington, 1995.
- [19] IRITANI, M.A.; EZAKI, S. **Águas Subterrâneas do estado de São Paulo. Cadernos de educação ambiental**. São Paulo: Secretaria de Estado do meio ambiente-SMA, 2012, 104p.
- [20] SERENA, G. F. **Relação entre poluição atmosférica, desmatamento, saneamento básico e a saúde da população de Presidente Médici-Rondônia**. Ji-Paraná-RO, UNIR 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia. Ji-Paraná, 2016, 53p.
- [21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT.(1993). **NBR 7229**. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro.
- [22] CREMONESE, E. R. **Avaliação da qualidade da água de poços localizados próximos as áreas de deposição de resíduos sólidos do município de Ji-Paraná (RO)**. Ji-Paraná-RO. UNIR 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Departamento de Engenharia Ambiental. Fundação Universidade Federal de Rondônia. 2014, 73p.
- [23] SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG/Belo Horizonte-MG, 2014. 470p.
- [24] RAZZOLINI, M. T.P.; GUNTHER, W.M.R. Impacto na saúde das deficiências de acesso a água. **Revista Saúde e Sociedade** v.17, n°1, p.21-32. 2008.
- [25] RAMOS, C. F.; LAUREANO, J. J. ; NASCIMENTO, E.L.; BASTOS, W. R; MENDONÇA, A. P. **Sedimentos em suspensão como parâmetro de qualidade da**

água: estudo de caso da água subterrânea do distrito de nova londrina (Ji-Paraná/RO). In. XII encontro nacional de engenharia de sedimentos. Anais... 2016.

**ANÁLISE DO CONHECIMENTO DO CONSUMIDOR SOBRE PRODUTO
ECOLOGICAMENTE CORRETO E SELO VERDE: ESTUDO DE CASO EM JI-
PARANÁ/RO**

CONSUMER KNOWLEDGE ANALYSIS ON ECOLOGICALLY CORRECT
PRODUCT AND GREEN SEAL: CASE STUDY IN JI-PARANÁ / RO

Jéssica Gomes Pinto Pavanello¹ & Elisabete Lourdes do Nascimento²

¹Secretaria de Estado de Educação de Rondônia – SEDUC (RO)

²Universidade Federal de Rondônia-UNIR

*Autor Correspondete: e-mail: jessicapavanello@outlook.com

RESUMO

A questão ambiental é um tema bastante debatido no mundo e importante para todos os segmentos da sociedade. Uma das atuações deste tema tem sido a adoção de boas práticas ambientais e de consumo, por exemplo, através da rotulagem, como o selo verde. A lei N.º 1.113 de 19 de Novembro de 2001, que dispõe da política ambiental do município de Ji-Paraná, traz o selo verde como instrumento desta política. Sendo assim, este trabalho buscou analisar o conhecimento do consumidor sobre produto ecologicamente correto e selo verde na cidade Ji-Paraná (RO). Para tanto, foram aplicados formulários com a população de quatro feiras realizadas semanalmente no município, com o intuito de obter maior representatividade de diversos setores da sociedade. Foram aplicados 214 formulários. O presente trabalho mostrou que dentre as opções de definição dos termos *produto ecologicamente correto* e *selo verde*, a maioria dos entrevistados escolheram as respostas adequadas à definição dos mesmos (92% e 67%). Entretanto, o termo *selo verde* constituiu o de menor conhecimento da população (67%) dos entrevistados desconhecia o termo. Tal resultado demonstra que se o município deseja implementar o selo verde, é necessário promover ações que levem informações à comunidade sobre o mesmo, já que os próprios entrevistados (82%) informaram que estão dispostos a participar de eventos que abordem esta temática, construindo assim consumidores responsáveis ambientalmente.

Palavras-Chaves: Meio Ambiente, Consumo Responsável, Rotulagem Ambiental.

ABSTRACT

The environmental issue is a much topic debated in the world and important for all society segments. One of the actions of this theme has been the adoption of good

environmental and consumer practices, for example through labeling, such as the green seal. Law No. 1.113 of November 19, 2001, which provides for the environmental policy of the municipality of Ji-Paraná, carries the green seal as an instrument of this policy. Thus, this work sought to analyze consumer knowledge about environmentally friendly product and green seal in the city Ji-Paraná (RO). To this end, forms were applied to the population of four fairs held weekly in the city, in order to obtain greater representation of various sectors of society. We applied 214 forms. The present study showed that among the options for defining the terms ecologically correct product and green seal, most respondents chose the appropriate answers to their definition (92%) e 67%. However, the term green seal was the least known among the population (67%) of the interviewees did not know the term. This result demonstrates that if the municipality wants to implement the green seal, it is necessary to promote actions that bring information to the community about it, as the interviewees themselves (82%) informed that they are willing to participate in events that address this theme, thus building environmentally responsible consumers.

KEW-WORDS: Environment, Responsible Consumption, Environmental Labeling

1. INTRODUÇÃO

O advento da industrialização e da concentração populacional urbana e do incentivo ao consumo como característica básica da sociedade moderna ocasionou problemas sociais e ambientais, pois os seres humanos tem necessidade dos recursos que são provenientes do meio social em que vivem. Pode-se dizer que a problemática ambiental está apoiada na origem, exploração dos recursos naturais e o fim, que é a dificuldade em gerenciar os resíduos gerados após o consumo [1].

É de conhecimento geral que o rótulo é a comunicação entre os fabricantes e os consumidores visto que tais rótulos trazem um conhecimento sobre o produto que será levado para casa, observando se ele é saudável, validade, volume, quantidade, ingredientes, tabela nutricional e outros. Todas estas informações tem o objetivo de não confundir o consumidor, e sim esclarecer a comunicação entre os dois.

A Rotulagem é voltada aos consumidores e no segmento ambiental busca a certificação de produtos adequados ao uso e que possuem menor impacto no meio ambiente comparado a outros produtos disponíveis no mercado, enquanto a certificação ambiental é voltada para indústrias de recursos. No entanto, ambos contribuem para a prática da sustentabilidade [2].

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEIA) possui em sua legislação municipal, [3] que dispõe sobre a Política Ambiental, o Sistema Municipal de Meio Ambiente e o Controle Ambiental no Município de Ji-Paraná e dá outras providências. Consta como instrumento desta política, o selo verde, em que ainda não foi implantado neste município.

Através da necessidade de conhecer o mercado consumidor e saber se aceitarão estes produtos com o selo verde. De forma a verificar se poderão se tornar consumidores responsáveis e com a finalidade de contribuir para a inserção deste selo, as informações levantadas poderão servir para projetos futuros de educação ambiental, o que por sua vez é importante para a melhoria da qualidade dos produtos e o bem-estar de todos.

Com isto, o presente trabalho tem o objetivo de analisar o conhecimento do consumidor sobre selo verde e o produto ecologicamente correto na cidade Ji-Paraná.

2. METODOLOGIA

2.1. Coleta de dados

O presente trabalho consistiu em uma pesquisa descritiva cujo principal objetivo foi analisar o conhecimento da população de Ji-Paraná (116.610 habitantes) sobre produto ecologicamente correto e selo verde, relacionados à questão ambiental. O tipo de amostragem escolhida foi à amostragem aleatória simples que também é chamada de amostragem casual, randômica, acidental e etc. Desta forma, o tamanho da amostra foi de 214 pessoas. No entanto foram excluídos 3 formulários que não apresentaram preenchimento correto (pessoas abaixo de 18 anos ou que residiam em outras cidades). Os formulários foram aplicados em quatro feiras livres localizadas no 1º distrito (feira do dois de abril, feirão do produtor) e 2º distrito (feira localizada na rua t1 e a feira localizada na rua t13) por uma equipe de cinco pessoas, nos dias 19, 20 e 22 de junho de 2013.

2.2. Análise de dados

Os dados dos formulários foram tabulados no *software* Microsoft Office Excel 2010, e posteriormente foram gerados gráficos para melhor análise dos dados.

De acordo com [4], o teste de hipóteses pode ser paramétrico ou não paramétrico, o primeiro segue uma distribuição de normalidade, enquanto o outro não é de extrema importância que a distribuição siga um padrão, podendo ser usado quando a

amostra não é suficientemente grande. No presente trabalho, o teste estatístico adotado foi o teste qui-quadrado de Pearson que corresponde a um teste não paramétrico, em que o interesse está em observar frequências em diversas categorias. O nível de significância utilizado foi de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Variáveis Sociodemográficas

Através das informações sociodemográficas levantadas, verificou-se que a maioria dos 211 entrevistados trabalha na iniciativa privada 33,6% (comerciante, recepcionista, mecânico); são jovens, 46,4% (18-25 anos; 25-35 anos) e pessoas acima de 45 anos (37,4%); possuem 1º grau incompleto (32,2%) ou 2º grau completo (30,8%), e pertencem ao sexo masculino 56%.

3.2. Variáveis relacionais à temática ambiental

Com relação ao conhecimento dos entrevistados sobre o que é um produto ecologicamente correto (FIGURA 1), 53% disseram que sabem do que se trata e 47% disseram não saber. Dentre os 53%, as pessoas que sabem o que é um produto ecologicamente correto, 97% acham necessário produzir e consumir estes produtos e somente 3% das pessoas não acha necessário.

No trabalho realizado por [5] realizado nas cidades de Florianópolis e São José (PR), o qual procurou identificar e caracterizar a relação do consumidor de produtos orgânicos de supermercados com o selo ambiental verificou-se que a 94,5% dos entrevistados sabem o que é um produto orgânico, contra uma pequena minoria de 5,5% que respondeu não saber o que significa produto orgânico.

De acordo com [6], o produto ecológico é todo artigo que, artesanal, manufaturado ou industrializado, de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, seja não poluente, não tóxico, benéfico ao meio ambiente e à saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um molde econômico e social sustentável. Para exemplificar, alimentos orgânicos são produtos ecológicos, como também são roupas de algodão orgânico, roupas de PET reciclado, adesivos à base de óleos vegetais e outros.

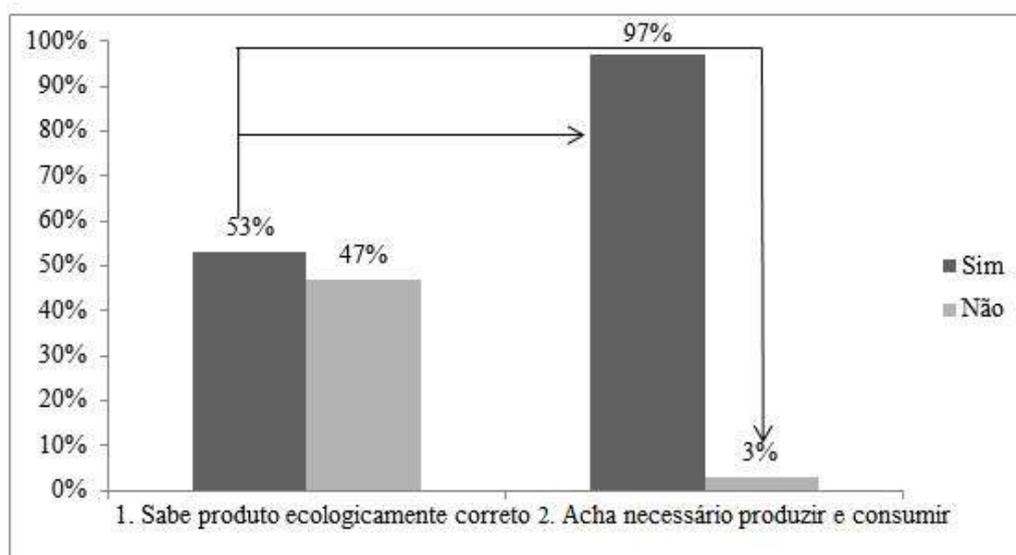


Figura 1 - Conhecimento sobre produto ecologicamente correto.

Sendo assim, produto orgânico trata-se de um termo mais comum entre os consumidores do que o termo ecologicamente correto, visto que geralmente está associado à melhoria na qualidade da saúde. Por esta razão, é esperado que uma maior parcela da população soubesse o que é um produto orgânico, como apresentado por [5] e desconheça o que é um produto ecologicamente correto. Visto que para conhecer o que é um produto ecologicamente correto, é necessário que a pessoa conheça também o termo ecológico. Acredita-se que foi essa razão dos 92% que escolheram a resposta correta.

[7], verificaram que 50% da população microempresarial pesquisada acha necessário consumir produtos sustentáveis, diferentemente do resultado encontrado neste trabalho, em que 97% das pessoas que sabem o que é um produto ecologicamente correto acham importantes consumi-los.

O estudo de [8] pesquisou a atitude e comportamento do consumidor (mestrandos da Universidade do Rio de Janeiro) em relação às empresas socialmente responsáveis. Tais autores constataram que a maioria das respostas foi positiva as questões sobre a importância de comprar produtos de empresas socialmente responsáveis.

No presente trabalho a maioria das pessoas também mostraram uma postura positiva (97%) em comprar um produto que não agrida o meio ambiente.

Dentre as 23 donas de casa/domésticas entrevistadas, 15 não sabiam o que é um produto ecologicamente correto, enquanto 8 sabiam e achavam necessário produzir.

Acredita-se que a falta de conhecimento sobre o tema contribuiu para este resultado neste trabalho.

Este comportamento foi semelhante à pesquisa realizada por [9], que teve como objetivo investigar se o meio ambiente era um dos fatores levados em consideração pelos consumidores quando decidem suas compras de bens de conveniência. Os autores concluíram que as consumidoras residentes na cidade de São Paulo, com idades entre 25 e 48 anos, participantes da decisão de compra de bens de conveniência de uso doméstico e que integraram as discussões de grupo, não incluem o meio ambiente em seus processos de decisão de compra e que essa não inclusão é ocasionada, basicamente, pela falta de informação.

Dentre os 53% que disseram saber o que é um produto ecologicamente correto (FIGURA 2), 1% escolheram alternativa “A” (produtos que causam poluição), 7% a alternativa “C” (produtos que causam problemas ao meio ambiente) e 92% selecionaram a alternativa considerada “correta” que corresponde a um produto fabricado com o objetivo de não gerar problemas ao meio ambiente. Provavelmente, a palavra *correto*, tenha levado os entrevistados a ter uma dimensão de que não gera problemas ao meio ambiente, e não necessariamente que os entrevistados soubessem de fato o que é um produto ecologicamente correto.

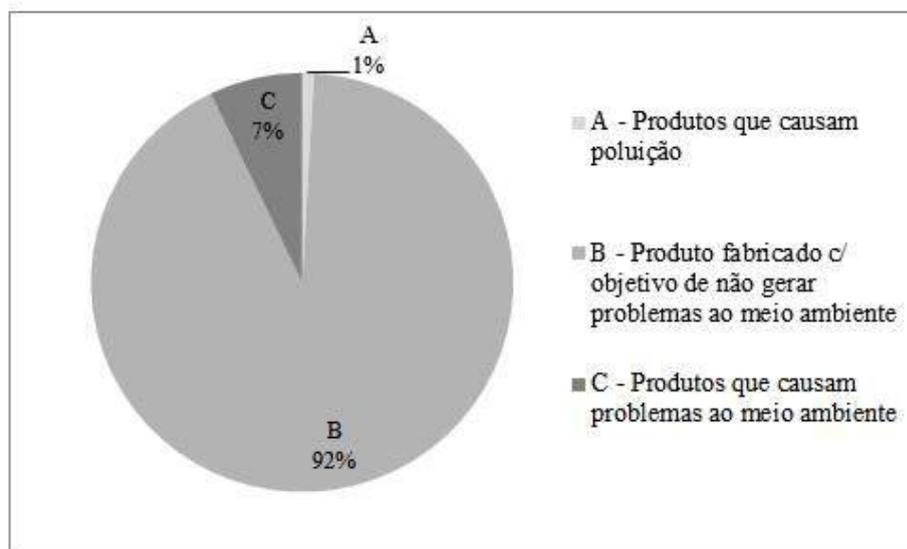


Figura 2 - Opções que melhor definem o termo produto ecologicamente correto.

[10] analisou o comportamento de consumo dos estudantes das instituições de ensino superior particulares dos cursos de administração da cidade de Fortaleza (CE), avaliando suas percepções sobre as estratégias de marketing verde das empresas e o reflexo destas em suas decisões de compra. Uma das perguntas do questionário tinha o

objetivo de verificar se os entrevistados conheciam o significado de produto ambientalmente correto ou produto verde. Como resultado o autor verificou que 51% dos entrevistados que escolheram a alternativa que correspondia a produtos que na produção, consumo e descarte, não agredia o meio ambiente; 42% escolheram a alternativa que dizia que as empresas cumprem as leis ambientais. O autor conclui então que esta percepção, simplesmente associada aos critérios governamentais, de certa forma, deixa transparecer que este público entende que apenas o cumprimento da legislação é o suficiente para garantir a sustentabilidade de uma empresa e produto. De forma que este equívoco de interpretação exime os consumidores de sua responsabilidade diante dos fatos e transfere a responsabilidade exclusivamente ao governo.

Ao comparar os dados do presente trabalho com os dados apresentados por [10] verificou-se que no presente trabalho o percentual de pessoas que escolheram a resposta “correta” referente à definição ao produto ecologicamente correto (92%) esteve próxima ao encontrado por [10], visto que as alternativas que tratam sobre produto que não agride o meio ambiente e produto que atende as leis ambientais condizem com a definição de produto ecologicamente correto, totalizando assim 93%.

Quando questionados se já ouviram falar sobre selo verde, 39% das pessoas responderam que sim e 61% responderam que não (FIGURA 3). Além disso, houve duas pessoas que disseram que já viram um selo verde, não apenas ouviu falar. Das pessoas que ouviram falar sobre o selo, 52% disseram saber o que é o selo verde e 48% disseram não saber.

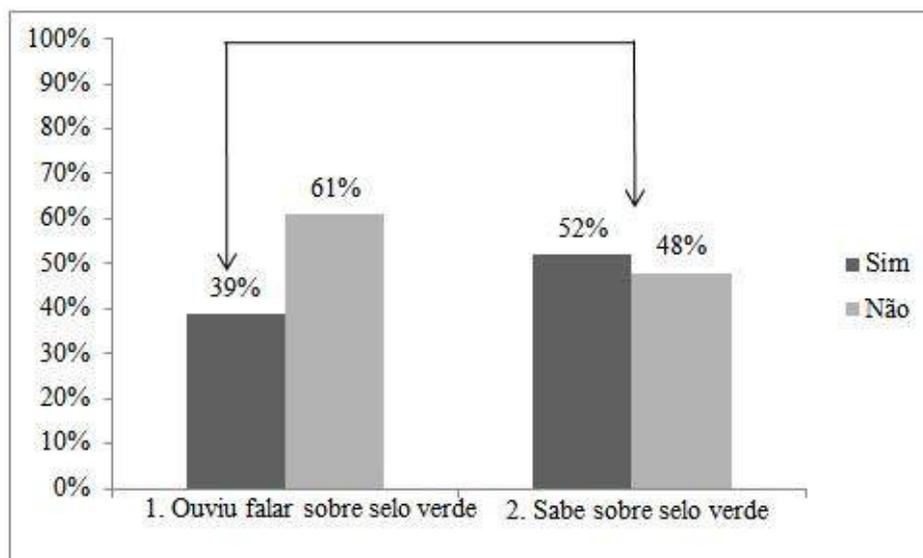


Figura 3 - Conhecimento sobre selo verde.

Dentre os 52% dos entrevistados que disseram saber o que é selo verde (FIGURA 4), 23% indicaram ser um produto que não causa danos à saúde o que é uma definição que se atende, na maioria das vezes, a rótulos obrigatórios, então está mais customizado na visão do consumidor. A opção “B” que foi escolhida por 67% dos entrevistados, indica que a fabricação do produto causa menos problemas ao meio ambiente, sendo a mais plausível com a definição do termo, demonstrando que a maioria dos entrevistados que disseram conhecer o termo *selo verde* realmente fazem ideia do que se trata.

Alguns dos entrevistados (9%) acreditam que o selo verde corresponde àquele que indica que o produto gasta menos energia, o que também está correto, pelo simples fato deste selo pertencer ao programa de rotulagem tipo I, e ser voltado para a eficiência energética do produto e/ou serviço. Um exemplo é o selo da Procel, que é uma etiqueta que propõe a economia de energia, sendo voluntário e verificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Além disso, o produto tem que atender alguns critérios para receber este selo, o que está inserido na norma de rotulagem tipo I “Selo Verde” [11].

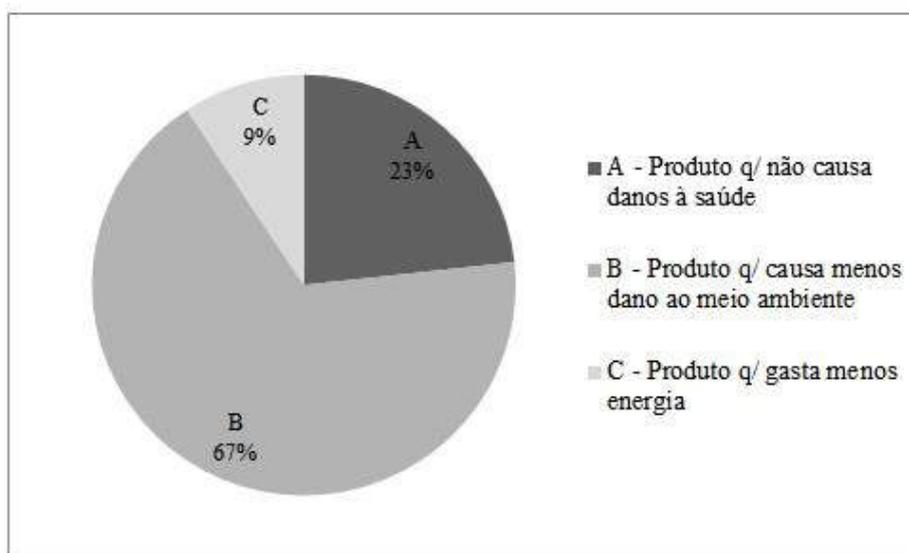


Figura 4 - Opções que melhor definem o termo selo verde.

[5], ao caracterizarem a relação do consumidor de produtos orgânicos de supermercados com o selo ambiental, verificaram que quando perguntados se sabiam o que era um selo ambiental, a maioria dos entrevistados responderam que sim, e destes, apenas 44% acertaram a alternativa correta, o que difere dos entrevistados deste trabalho em que mais da metade (67%) acertaram a opção correta (FIGURA 4).

Assim observa-se que o conhecimento sobre selo verde pode não depender do nível de instrução dos entrevistados, mas sim pode influenciar bastante a partir dos meios de comunicação, pois a maioria dos entrevistados da pesquisa de [5] possuem ensino superior o que difere deste trabalho.

No que tange a temática do selo verde a análise estatística mostrou uma correlação entre o conhecimento sobre o selo verde e faixa etária ($p < 0,05$), verificou-se então que pessoas acima de 45 anos tinham melhor conhecimento sobre o que é selo verde.

Resultado semelhante, no que diz respeito ao fato de pessoas acima de 45 anos apresentarem maior conhecimento ou sensibilidade a cerca das questões ambientais, foi encontrada pela [12].

De acordo com a pesquisa realizada em cinco regiões do país pelo instituto [12], que visava identificar os grandes grupos de consumidores: indiferentes, iniciantes, engajados e os conscientes, sendo adequados em dois grandes grupos como mais conscientes (conscientes e engajados) e menos conscientes (iniciantes e indiferentes), foram verificados que em relação à idade que o grupo dos “mais conscientes” tem,

proporcionalmente, mais pessoas acima de 45 anos, 49%, contra 33% dos “menos conscientes”.

Com relação a disposição dos entrevistados em adquirirem um produto com selo verde, 34% dos consumidores disseram que não pagariam o acréscimo de 3 reais para obter um produto com selo verde (FIGURA 5). Alguns disseram que esta decisão é tomada pelo fato das condições financeiras, no entanto, outros alegaram que o governo deveria ser o responsável por criar subsídios para diminuir o custo de um produto que não agredisse o meio ambiente, tornando-se mais acessível aos consumidores. Ao contrário, dos 66% que disseram pagar o acréscimo de 3 reais por um produto com o selo verde, pois acreditam ter a melhoria da qualidade do produto e de vida para todos.

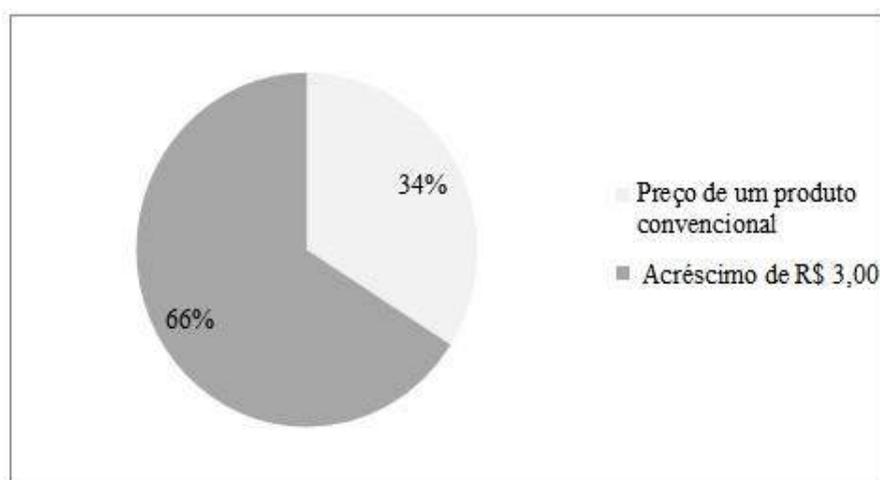


Figura 5 - Preferência dos consumidores: produto convencional versus produto com selo verde

Em 2008 foi realizada uma pesquisa pelo Instituto Quorum Brasil, com 200 moradores da cidade de São Paulo. A pesquisa abordava homens e mulheres com idade entre 20 e 50 anos e renda familiar mensal entre 5.000 e 10.000 reais. No intuito de verificar se os entrevistados preocupavam-se com questões ambientais e outros aspectos dessa temática, constatou-se que 74% dos entrevistados consideravam-se consumidores preocupados com questões ambientais e que 59% garantiram que os produtos com apelo ecológico influenciam suas decisões de compra. Contudo, 70% dos entrevistados abandonam a compra de produtos com selo ambiental, caso o custo for maior que os similares sem a certificação verde. Além disso, 47% dos consumidores disseram não desistir de comprar um produto que prejudique o meio ambiente [13].

Enquanto que 70% dos entrevistados pela pesquisa citada informaram que não compram um produto com o selo verde devido o acréscimo do valor do produto, mesmo

possuindo bom poder aquisitivo, em Ji-Paraná apenas 34% dos entrevistados disseram que não pagariam o acréscimo.

Entretanto é válido ressaltar que em São Paulo, por ser uma cidade de grande porte, os consumidores tem um maior acesso a esses produtos, já em Ji-Paraná este acesso é menor, de forma que o não contato com estes produtos e seus respectivos preços, certamente influenciou nas respostas dos entrevistados no presente trabalho.

Ao relacionar o grau de escolaridade dos entrevistados nesta pesquisa com o fato de estarem ou não dispostos a pagar mais caro por um produto com selo verde, verificou-se que do percentual de estudantes de nível superior completo e incompleto 69,2% pagariam o acréscimo de 3 reais por um produto com selo verde, enquanto 30,8% não pagaria.

Comparando esta informação com a pesquisa de [10] realizada exclusivamente com o público universitários, verificou-se uma diferença nos resultados, pois os estudantes entrevistados por [10], disseram não estarem dispostos a pagar mais por um produto pelo fato de ser ambientalmente correto.

A pesquisa de [14] que caracterizou a relação de consumidores com os produtos que possuem selos ambientais de dois supermercados localizados em Teresina (PI), verificou que 37,6% da população entrevistada tinha renda superior a quatro salários mínimos. Estas pessoas quando questionadas sobre pagar mais por produtos ligados à sustentabilidade, mostrou que as pessoas com poder aquisitivo maior, afirmam ter disponibilidade para pagar mais dependendo do produto. Apesar de não se ter perguntado sobre a renda dos entrevistados neste trabalho, observou-se que a maioria está disposta a pagar o produto com acréscimo de 3 reais.

[15] realizou uma pesquisa sobre a percepção ambiental do consumidor quanto a implantação do selo verde nos postos revendedores de combustíveis na cidade de Natal (RN). Cujo objetivo foi verificar a disposição do consumidor em absorver os custos por um correto cumprimento aos requisitos ambientais. O autor verificou que 60% declaram conhecer a existência do selo verde e que 37% dos entrevistados disseram que pagariam mais caro por um combustível em um posto com o referido selo. No entanto, mesmo havendo postos com esta certificação, 70% dos entrevistados estavam fazendo uso de postos sem o selo verde.

Logo, conclui-se que a população pesquisada neste trabalho, possui maior disposição em pagar por um produto com o selo verde (66%), apesar de a maioria nem sequer ter ouvido falar sobre o mesmo, enquanto comparado ao estudo de [15].

Em relação à pergunta feita para as pessoas sobre se as mesmas participariam de palestras, seminários ou reuniões de divulgação sobre o selo verde, 82% dos entrevistados disseram que participariam, ao contrário dos 18% que não tem nenhum interesse (FIGURA 6).

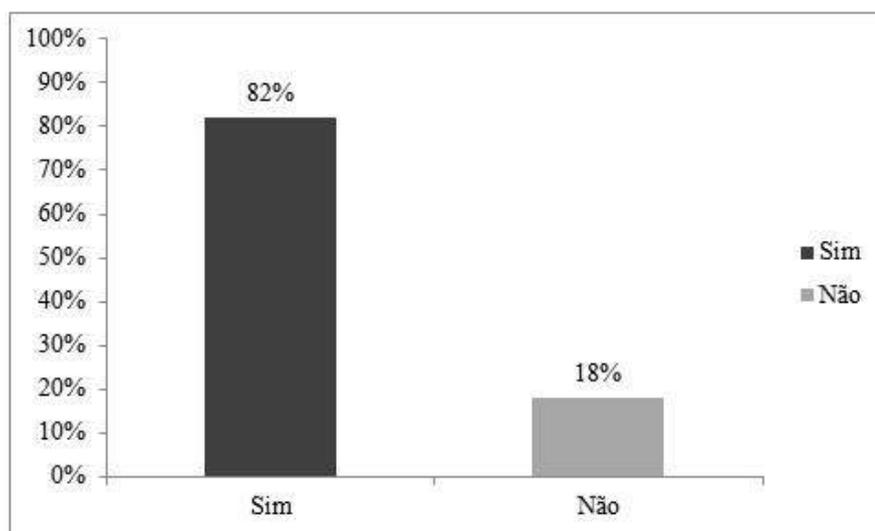


Figura 6 - Participação em reuniões e eventos sobre o selo verde

Este dado demonstra que a maioria dos entrevistados se interessa em mudar a realidade a sua volta, através da busca pelo conhecimento sobre o selo verde.

4. CONCLUSÕES

O perfil sociodemográfico da população entrevistada caracterizou-se por pessoas entre 18 e 35 e acima de 45 anos, os graus de escolaridade predominantes foram 1º grau incompleto e 2º grau completo, sexo masculino e trabalhadores da iniciativa privada.

Já com relação ao termo *produto ecologicamente correto*, a maioria dos entrevistados informou conhecer seu significado, dentre estes, 92% escolheram a definição correta e 97% disseram achar importante a produção e o consumo destes produtos.

Com relação ao selo verde, uma minoria dos entrevistados informou ter ouvido falar sobre o mesmo (39%) e destes, um pouco mais da metade (52%) disseram que sabem do que se trata, e 67% realmente demonstraram conhecer o seu significado.

Conforme a legislação ambiental municipal, que dispõe sobre a Política Ambiental, o Sistema Municipal de Meio Ambiente e o Controle Ambiental no Município de Ji-Paraná, constitui instrumento desta política o selo verde. O presente trabalho mostrou que dentre as opções de definição dos termos: *produto ecologicamente correto* e *selo verde*, a maioria dos entrevistados escolheram as respostas adequadas a definição dos mesmos. Entretanto, o termo *selo verde* constituiu o de menor conhecimento da população.

Tal resultado demonstra que se a Secretaria do Meio Ambiente (SEMEIA) deseja implementar o selo verde no município, é necessário promover ações que levem informações à comunidade sobre o mesmo, já que os próprios entrevistados informaram que estão dispostos a participar de eventos que abordem esta temática, construindo assim consumidores mais ambientalmente responsáveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PORTILHO, F. **Consumo verde, democracia ecológica e cidadania:**

possibilidades de diálogo? São Paulo, 2005(?). Disponível em:

<<http://www.rubedo.psc.br/artigos/consumo.htm# FOOTNOTE>> Acesso em: 28 set. 2013.

[2] BARBOZA, E. M. F. **Rotulagem Ambiental:** Rótulos ambientais e análise do Ciclo de Vida (ACV). IBICT (Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia),

2001. Disponível em:

<<http://acv.ibict.br/publicacoes/realtorios/Rotulagem%20Ambiental.pdf>> Acesso em:

11 out. 2013

[3] JI-PARANÁ. **Lei n.º 1113, de 19 de novembro de 2001.** Dispõe sobre a Política Ambiental, o Sistema Municipal de Meio Ambiente e o Controle Ambiental no Município de Ji-Paraná e dá outras providências. Ji-Paraná, RO, 19 de Novembro de

2001. Disponível em:

<http://www.jiparana.ro.gov.br/up/arquivos/2010/atos/AO_105_cae0a15457d6610973

9694c5133ae5c.htm> Acesso em: 2 out. de 2013.

- [4] GUIMARÃES, P. R. B. **Métodos Quantitativos Estatísticos**. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2008.
- [5] CAMPOS, L. M. S.; KOHLRAUSCH, A. K.; SELIG, P. M. **A Influência dos Rótulos Ambientais no Processo de Compra de Produtos Orgânicos**. ANPAD (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração), 2004.
- [6] ARAÚJO, M. A. **Produtos Ecológicos para uma Sociedade Sustentável**. INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA HABITAÇÃO ECOLÓGICA - IDHEA, 2013. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/artigos2.asp>> Acesso em: 28 out. 2013
- [7] ANDRADE, C. S.; CHIMENES, M. M., OLIVEIRA, R. C. de.; LENIS, J. N. R. **Percepção da Gestão Ambiental em um Ambiente Microempresarial: Abordando Um Novo Conceito de Ecodesenvolvimento**. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia, Goiás, 2012.
- [8] SILVA, R.C; BERTRAND, H. O. **Comportamento Socialmente Responsável das Empresas Influencia a Decisão de Compra do Consumidor?** In: Anais do X Encontro Nacional de Gestão e Meio Ambiente (ENGEMA), Rio Grande do Sul, CD- Rom, 2008.
- [9] MOTTA, S. L. S.; ROSSI, G. B. **A influência do fator ecológico na decisão de compra de bens de conveniência: um estudo exploratório na cidade de São Paulo**. São Paulo, Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.38, n.1, p.46-57, jan./fev./mar. 2003.
- [10] MENDES, I. S. **Consumo Consciente: A influência do Marketing Verde na decisão de compra dos estudantes universitários de Fortaleza/CE**. Finalistas, PRÊMIO ETHOS-Valor, 8ª edição. Fortaleza, Ceará, FIC, 2007. Tese de Conclusão de Curso (TCC).

- [11] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, **Selos de Eficiência Energética:** INMETRO, 2013. Disponível em:
<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeselo.asp>> Acesso em 03 nov. de 2013
- [12] AKATU, Pesquisa. **Pesquisa Akatu 2012:** Rumo à Sociedade do bem-estar. 1ª ed. São Paulo, 2013.
- [13] LIMA, A. **O problema é o preço.** ed. 0930a, Exame: 2008. Disponível em:
<<http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/0930a/noticias/problema-preco-396057>> Acesso em: 18 out. de 2013
- [14] LIMA, L. B.; GOMES, L. D.; FRANCO, E. A. P.; CARVALHO, L. A. ; PROSPERO, Kidner Angrlino. **A influência dos selos ambientais nos processos de compras em Teresina-PI.** XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, Bahia, 2013.
- [15] JERÔNIMO, C. E. M. **Percepção ambiental do consumidor quanto a implementação do selo verde nos postos revendedores de combustíveis de Natal- RN.** Rio Grande do Norte: Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigacio, desarrollo práctica, vol. 5, No. 3, 89-104, 2012.

ASPECTOS LEGAIS DA OUTORGA DO USO DA ÁGUA: UM INSTRUMENTO DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

LEGAL ASPECTS OF WATER GRANT: A WATER MANAGEMENT INSTRUMENT

Juliana Aparecida Parcio¹, Rosalvo Stachiw², Núbia Deborah Araújo Caramello³, Jairo Rafael Machado Dias²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UNIR

²Docente da Universidade Federal De Rondônia/UNIR/Rolim de Moura

³Secretaria de Educação do Estado de Rondônia

*Autor correspondente: parcioju@gmail.com

RESUMO

Depois de experimentar as consequências do uso indiscriminado dos recursos naturais e de atividades que causam grande impacto ambiental, o Estado brasileiro caminha no sentido de editar normas para disciplinar as condutas do ser humano frente à degradação do meio ambiente. Neste cenário, a água é um recurso natural imprescindível, sendo estratégico em razão da sua importância para a vida humana e seu uso indiscriminado compromete gradativamente a sua disponibilidade, afetando tanto a geração atual quanto as gerações futuras. Dessa forma, objetivou-se analisar a legislação ambiental com enfoque na outorga de direito de uso da água, como instrumento de gestão dos Recursos Hídricos, conforme preconiza a lei 9.433/97. A outorga caracteriza-se por ser um instrumento de gestão de recursos hídricos proposto pelo poder público, no qual autoriza-se o uso da água para fins comerciais, preconizando sua utilização de forma racional, distribuição justa e igualitária para toda sociedade, afim de minimizar conflitos de interesse entre os diversos setores produtivos.

Palavras chave: água, direito ambiental, lei 9.433/97, legislação ambiental.

ABSTRACT

After experiencing the consequences of the indiscriminate use of natural resources and activities that have a great environmental impact, the Brazilian State is moving towards the editing of norms to discipline human behavior in the face of environmental degradation. In this scenario, water is an indispensable natural resource, being strategic because of its importance to human life and its indiscriminate use gradually compromises its availability, affecting both current and future generations. Thus, the objective was to analyze environmental legislation focusing on the granting of the right to use water as an instrument of water resources management, as recommended by Law 9.433/97. The grant is characterized by being a tool of water resources management proposed by the public authority, in which it authorizes the use of water for commercial purposes, recommending its use in a rational way, fair and equal distribution to all society, in order to minimize conflicts of interest. interest among the various productive sectors.

Keywords: water, environmental law, law 9.433 / 97, environmental legislation.

1. INTRODUÇÃO

De toda a água existente no planeta, estima-se que 97,5% se encontram nos mares e oceanos, sendo inadequada ao consumo direto e a irrigação em cultivos comerciais. Dos 2,5% restantes de água doce, cerca de 69% encontram-se nas geleiras, sendo de difícil acesso, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e, apenas 1% encontra-se nos mananciais hídricos para os diferentes usos. Assim, a utilização desse recurso natural limitado, bem de domínio público e dotado de valor econômico obrigatoriamente precisa ser gerida de forma racional, de modo a proporcionar seus usos múltiplos, de forma descentralizada e participativa, a partir do poder público, dos usuários e da comunidade, priorizando-se o consumo humano e a dessedentação de animais. E, ao mesmo tempo assegurar a sua disponibilidade com qualidade tanto para a atual quanto para as gerações futuras [1].

De acordo com o Relatório da Organização Mundial da Saúde, cerca de três em cada dez pessoas no mundo, em um total de 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável atualmente. E, estima-se que os próximos 25 anos, aproximadamente 65% da população mundial enfrentarão sérios problemas com o abastecimento de água limpa [2]. Ao passo que o Brasil, detém cerca de 12% de toda a água doce mundo. No total são 200 mil microbacias espalhadas em 12 regiões hidrográficas, como as bacias do São Francisco, do Paraná e a Amazônica (a mais extensa do mundo e 60% dela localizada no Brasil). É um enorme potencial hídrico, capaz de prover um volume de água por pessoa 19 vezes superior ao mínimo estabelecido pela Organização das Nações Unidas, o que corresponde a $1.700 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para cada habitante por ano [3].

Apesar da abundância, os recursos hídricos brasileiros não são inesgotáveis. O acesso à água não é igual para todos. As características geográficas de cada região e as mudanças de vazão dos rios, que ocorrem devido às variações climáticas ao longo do ano, afetam a sua distribuição. Neste sentido, dada a sua importância, pode-se afirmar que existe um direito humano à água, ainda que limitado, apenas em ser potável, a partir do saneamento para uso pessoal e doméstico. Trata-se de um direito autônomo, mas que deve ser lido em conjunto com outros direitos, em especial os direitos à vida digna, à saúde, à moradia e à alimentação [4].

Desta forma, as atividades humanas que provocam alterações nas condições naturais das águas são consideradas "usos", como, por exemplo, irrigação, abastecimento, geração de energia hidroelétrica, entre outros [5], sendo que o uso da água por particulares prescinde de relevante instrumento expressamente previsto na Lei da Política Nacional de Recursos

Hídricos (PNRH) em seu art. 5º, inciso III. Trata-se da outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, disciplinado na mesma lei, em seus artigos 11 a 18.

A PNRH foi editada em um contexto pós-constitucional, quase dez anos da promulgação da nossa atual constituição e trouxe importantes inovações dentre as quais destacam-se a “Outorga de direito de uso da água” como instrumento de gestão dos recursos hídricos. E, ao mesmo tempo propõe a Agência Nacional de Águas (ANA) como instituição responsável pela análise técnica para a emissão da outorga de direito de uso da água em corpos hídricos de domínio da União. De acordo com a Constituição Federal, corpos de água de domínio da União são lagos, rios e quaisquer correntes d’água que passam por mais de um estado, ou que sirvam de limite com outros países ou unidades da federação. Em corpos hídricos de domínio dos Estados e do Distrito Federal, a solicitação de outorga deve ser feita junto ao órgão gestor estadual de recursos hídricos, sendo a Secretária de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), o órgão estadual gestor de recursos hídricos em Rondônia [6].

A outorga de direito de uso da água consiste em documento que concede ao usuário o direito de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneo, sendo um instrumento para o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, bem como para o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos [7]. Neste sentido, objetivou-se analisar a legislação ambiental com enfoque na outorga de direito do uso da água, como instrumento de gestão dos Recursos Hídricos, conforme preconiza a lei 9.433/97.

2. OUTORGA DE DIREITO DE USO DE ÁGUA

O consumo indiscriminado da água compromete gradativamente sua utilização não só no presente, como também para as gerações futuras. Entre os meios de utilização da água de forma inadequada está o descarte de resíduos acima da capacidade de diluição do manancial hídrico, o que compromete as características físico-químicas e biológicas da água. E, isso afeta diretamente a sua disponibilidade ao abastecimento público. De modo semelhante, tem-se o fato do setor agrícola, em especial a agricultura irrigada, consumir água normalmente acima do limite da bacia hidrográfica local, o que pode comprometer a disponibilidade aos demais usuários.

Dessa forma, a PNRH associada ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos visa garantir a utilização racional da água, de modo a impedir o seu consumo indiscriminado, a fim de assegurar sua utilização à presente e futuras gerações, determinando

aos órgãos responsáveis e os instrumentos legais para gestão dos recursos hídricos, entre os quais está a exigência de outorga para o uso de recurso hídricos.

Sendo assim, a outorga é um instrumento de gestão dos recursos hídricos, por meio do qual se viabiliza os usos múltiplos das águas e o acesso a este bem por todos da coletividade, sendo caracterizada por ser uma autorização concedida pelo órgão público para que o usuário utilize a água diretamente dos corpos d'água. Sendo que para adquiri-la se faz necessário cumprir as exigências legais, que buscam garantir a sua qualidade e controle. Essas exigências são definidas a partir da avaliação de cada bacia hidrográfica, considerando-se a disponibilidade e a demanda por água [5].

A autoridade outorgante, com base nas informações cadastradas e fornecidas pelo empreendedor, analisa, sob vários aspectos, a inserção de mais esse usuário no conjunto da bacia, em que considera-se i) Se há água suficiente para atender a mais essa demanda; ii) Se a água utilizada gerará conflitos com outros usos ou usuários; iii) Se os efluentes despejados pelo novo empreendimento serão diluídos pelo corpo hídrico de forma a atender à classe de enquadramento; iv) Se o uso pretendido observa as prioridades de outorga estabelecidas pelo plano de recursos hídricos; se o empreendimento contempla a adoção de tecnologias de uso racional da água; entre outros [8].

Ressalta-se que a outorga não é uma ferramenta exigida para qualquer uso da água. Tendo em vista existirem situações que independem de tal instrumento, como o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural, bem como as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes (art. 12, § 1º, da Lei da PNRH).

Por outro lado, em outras situações exige-se expressamente a outorga, a exemplo da extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo, assim como do aproveitamento dos potenciais hidrelétricos, entre outras situações disciplinadas no art. 12 da Lei da PNRH.

Partindo-se da premissa de que a outorga é um instrumento de gestão, para saber quem vai gerenciar determinado Recurso Hídrico é preciso saber a quem ele pertence, ou seja, quem é o titular do recurso em questão? Para essa importante indagação é preciso buscar resposta na Constituição Federal e na legislação infraconstitucional.

A Constituição da República Federativa do Brasil (CF/88) promulgada pela Assembleia Constituinte em cinco de outubro de 1988 é a Lei maior do Brasil, devendo todas as demais leis e atos normativos estar em conformidade com ela, sob pena de inconstitucionalidade [9].

Destaca-se que a CF/88 foi a primeira a trazer em seu bojo um Capítulo destinado ao Meio Ambiente, em seu artigo 225, tutela o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, dado o caráter intergeracional do Direito Ambiental [10].

Além da regra matriz do direito ambiental, artigo 225, a CF/88 traz ainda dispositivos específicos sobre recursos hídricos, em seu artigo 20, inciso III, dispõem que corpos de água de domínio da União são os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais [10].

Tem-se ainda disciplinado na CF/88 as águas de domínio dos Estados e do Distrito Federal que encontram amparo no artigo 26, sendo as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União [10].

É competência da União editar normas gerais sobre recursos hídricos e aos Estados e Distrito Federal editar normas suplementares, sendo competência comum de todos os entes federados: União, Estados, Distrito Federal e Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas (BRASIL,1988). Ressalta-se que no ordenamento Jurídico ambiental as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) exercem importante papel, pois conforme entendimento do Superior Tribunal de Justiça elas têm força de normas gerais, dada a sua especificidade e qualidade da redação, e em respeito ao artigo 24 da CF/88 as leis estaduais devem respeitar as resoluções federais.

A gestão dos recursos hídricos, bem como a outorga do uso da água encontra amparo constitucional, o artigo 21 da CF/88 estabelece ser competência da União instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos para seu uso, como também na PNRH que veio para atender ao desafio constitucional de fazer o gerenciamento dos recursos hídricos.

O artigo inaugural da PNRH traz como um de seus fundamentos a água como um bem de domínio público, esse artigo tem lastro constitucional nos artigos 20 e 26 supracitados, que determinam quais são os bens pertencentes ao patrimônio dos entes federados, União, Estados e Distrito Federal.

A titularidade dos recursos hídricos já foi tema controvertido nos tribunais de justiça, contudo hoje temos jurisprudência consolidada no sentido de que a água é bem de domínio público, desta feita insuscetível de alienação.

“A água é bem público de uso comum (...), motivo pelo qual é insuscetível de apropriação pelo particular. O particular tem apenas o direito à exploração das águas subterrâneas mediante autorização do Poder Público, cobrada à devida contraprestação” [11].

Desta forma o particular não é dono da água, mas poderá fazer uso privativo desse recurso natural por meio da outorga, que conforme a Agência Nacional das águas é o instrumento da Política de Recursos Hídricos que tem o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, garantindo ao usuário outorgado o direito de acesso à água, uma vez que regulariza o seu uso em uma bacia hidrográfica [8].

Além da PNRH que traz as normas gerais sobre recursos hídricos, para atender as peculiaridades regionais o Estado de Rondônia editou em 2002 a Lei Complementar 225 que estabelece de forma suplementar as normas a serem seguidas para o gerenciamento e uso sustentável dos recursos hídricos no Estado, que assim como a legislação federal disciplina o instituto da outorga como um instrumento para o gerenciamento dos recursos hídricos.

Quando exigível a outorga, a competência para sua expedição será da União, dos Estados ou do Distrito Federal, a depender da titularidade dominial do recurso hídrico, se federal, estadual ou distrital. Cabível salientar que o poder executivo federal poderá delegar aos Estados e ao DF as competências para conceder outorga de recursos hídricos de domínio da União [10], sendo que o órgão a princípio responsável é a Agência Nacional de Águas.

Em Rondônia o órgão responsável pela emissão de outorga dos direitos de uso de recursos hídricos é a SEDAM, que a disciplinada por meio da portaria da N° 081 de 23 de março de 2017, a qual estabelece que o uso das águas de domínio do Estado de Rondônia pode ocorrer por meio de concessão, autorização ou dispensa de Outorga. Sendo por concessão, sempre que a utilização dos recursos hídricos for de utilidade pública; autorização, quando a utilização dos recursos hídricos não for de utilidade pública; e dispensa, quando a utilização dos recursos hídricos demanda vazão insignificante, observadas as condições atuais e futuras do uso na bacia hidrográfica [6].

De maneira que, conforme a portaria N° 81/SEDAM/2017, dependerão de Outorga do Direito de Uso dos Recursos Hídricos, emitida pela SEDAM, todos os usos e intervenções que alterem o curso natural dos corpos de água, ou suas condições quantitativas ou qualitativas e esse regramento está em consonância com a legislação Federal e Estadual, leis 9.433/97 e 225/2002 respectivamente.

Indiscutivelmente a PNRH introduziu na doutrina e na prática, critérios inovadores, ao longo dos seus dispositivos resta clara a ideia reiterada de que sua intenção foi alterar a cultura e o aproveitamento que a população destina a esse recurso fundamental, equiparado por alguns autores em importância ao direito à vida, podendo se afirmar que existe um direito humano à água, ainda que limitado ao direito à água potável e ao saneamento para uso pessoal e doméstico [4].

3. CONCLUSÃO

Para além de uma autorização, a outorga do uso de água é um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos, possibilitando uma distribuição mais justa e igualitária desses recursos. Quando bem utilizada pelo gestor público ela cria um direito ao instrumentalizar legalmente o outorgado do poder de utilização da água ao passo que o coloca sob o conhecimento do Estado no tocante à sua demanda hídrica, minimizando assim conflitos entre os diversos setores.

É notória a preocupação do legislador, a nível federal e também estadual em relação à utilização dos recursos hídricos, principalmente quando essa utilização pode de alguma maneira alterar sua qualidade e quantidade, o que se justifica diante das prementes inquietações atuais referentes a real possibilidade de sua escassez.

4. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS – ANA. **Situação da água no mundo**, 2018. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>>, acesso em [03 de Dez 2019].

[2] WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines**. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children’s Fund (UNICEF), 2017. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/launch-version-report-jmp-water-sanitation-hygiene.pdf?ua=1>>, acesso em [04 Dez 2018].

- [3] ARAÚJO, P. **Água**. Ministério do meio ambiente. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/agua.html>>, [Acesso 03 Set 2019].
- [4] YIP, C.; YOKOYA, M. Direito internacional dos direitos humanos e direito à água: uma perspectiva brasileira. **ACDI**, v. 9, pp. 167-195, 2016.
- [5] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: SAG, 2011. 50p.
- [6] RONDÔNIA. PORTARIA SEDAM N° 081/GAB/SEDAM, DE 23 DE MARÇO DE 2017. **Dispõe sobre os procedimentos administrativos e documentação necessária para emissão de autorização de uso de recursos hídricos no âmbito do Estado de Rondônia**. Porto Velho: Gabinete da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, 2017.
- [7] BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- [8] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017. 86p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>. Acesso em: 04 Dez. 2018.
- [9] LENZA, P. **Direito constitucional esquematizado**. São Paulo: Saraiva, 2015. 1560p.
- [10] BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, 1988**. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. 292p.
- [11] STJ - REsp: 518744 RN 2003/0048439-9, Relator: Ministro LUIZ FUX, Data de Julgamento: 03/02/2004, T1 - PRIMEIRA TURMA, Data de Publicação: --> DJ 25/02/2004 p. 108RT vol. 825 p. 200). Disponível em: <http://stj.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/7400234/recurso-especial-resp-518744-rn-2003-0048439-9-stj/relatorio-e-voto-13057632>
- [12] RONDONIA. **Lei complementar n. 255, de 25 de Janeiro de 2002**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia e dá outras providências. Porto Velho: Assembleia legislativa, 2002. 15p.

**AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO POR METODOLOGIAS
DISTINTAS E SUA RELAÇÃO COM O MICROCLIMA EM UMA ÁREA DE
PASTAGEM**

**EVALUATION OF VEGETATION INDEXES BY DIFFERENT
METHODOLOGIES AND THEIR RELATIONS WITH MICROCLIMA IN A PASTURE
AREA**

Rita Maria Medeiros de Almeida^{1*}, Larissa Santos Fambri², João Carlos Silva Cardoso¹, Nara Luísa Reis de Andrade³

¹Discente do Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Rondônia - UNIR.

²Graduada em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Rondônia – UNIR.

³Docente do Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Rondônia - UNIR.

* Autor correspondente: e-mail: ritamariamedeiros@icloud.com

RESUMO

A Floresta Amazônica é reconhecida por seu importante papel na regularização do clima, estando a eficiência deste serviço ambiental diretamente relacionada às características da cobertura vegetal, e, uma das formas de monitorar a cobertura vegetal é por meio dos índices vegetativos. Assim, o presente estudo tem como objetivo aferir os padrões sazonais de índices vegetativos e variáveis do microclima. O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) junto com a fração da radiação fotossinteticamente ativa (fPAR), índice de vegetação realçado (EVI) e evapotranspiração (ET) foram provenientes de produtos do *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Para o índice de área foliar (IAF) foram usadas três metodologias, sendo elas: medida direta, ceptômetro e produto do MODIS. Os dados do nível do lençol freático foram obtidos com o auxílio de fita métrica e a precipitação com o auxílio de um pluviômetro automático. Foi constatada uma relação do índice de área foliar com a disponibilidade hídrica do sistema em análise, assim como as variáveis micrometeorológicas relacionadas a disponibilidade hídrica local apresentaram um comportamento sazonal semelhante, com menores valores no período seco e os maiores valores no período seco-úmido.

Palavra-chave: Índice de área foliar. Índice de vegetação da diferença normalizada. Floresta Amazônica.

ABSTRACT

The Amazon plays an important role in the mass and energy exchanges at the biosphere-atmosphere interface. The objective of this study was to analyze the variations of the vegetative indexes (VIs) and their relationship with microclimate and evapotranspiration in a forest area in the Jaru / RO Biological Reserve. Leaf area index (LAI) was estimated by direct and indirect measures, normalized difference vegetation index was estimated by indirect measures, and the micrometeorological and evapotranspiration data come from a tower installed in the study area. For the analysis of the variations of the VIs and their relation with the microclimate, we applied descriptive statistics, normality and correlation tests. Direct LAI showed a strong, significant and negative correlation with precipitation and significant, positive and strong correlation with air temperature. The indirect LAI showed a significant,

moderate and negative correlation with air temperature. It was possible to observe interactions between the IVs and the microclimate variables, indicating a relation between water availability and the quantitative dynamics of leaf release by the Amazon forest.

Keyword: Leaf area index. Normalized Difference Vegetation Index. Amazon rainforest.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica desempenha papel fundamental na regularização do clima em escala regional e global, influenciando diretamente na emissão ou retenção de carbono e no fornecimento de vapor de água para a atmosfera [1]. Contudo, vem passando por intensas mudanças no uso da terra na Amazônia, em especial, no estado de Rondônia. Tais mudanças estão intimamente ligadas às atividades econômicas predominantes na região que levam as fronteiras agrícolas e pecuárias por sobre as florestas nativas [2].

O desmatamento ocasiona um aumento na temperatura do ar, que juntamente com uma menor taxa de evapotranspiração, afeta o balanço energético e conseqüentemente, o clima na região Amazônica [3].

Uma das formas de monitorar a cobertura vegetal, para que se possa acompanhar os efeitos das mudanças antrópicas, é através dos índices vegetativos, como, o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Área Foliar (IAF) [4], que são variáveis fortemente afetadas por essas alterações.

O IAF é um dos principais parâmetros da vegetação que caracteriza cada ecossistema, ele representa a razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo (m^2m^{-2}) [5], sendo uma variável biofísica diretamente relacionada com a transpiração e a produtividade do ecossistema [6].

Uma das principais dificuldades em estudar o IAF se deve aos problemas de se realizar as medidas *in loco*. Mediante isso, uma ferramenta que vem sendo largamente empregada para obtenção de dados de complicado acesso e quantificação em séries temporais longas é o sensoriamento remoto.

O uso do sensoriamento remoto tem se destacado no estudo de ambientes em processo de degradação como uma das alternativas para avaliar e monitorar as mudanças ocorridas ou que venha a ocorrer [7,8].

À vista disso, é imprescindível a realização de estudos para compreender e elucidar os impactos das atividades antrópicas, especificamente a substituição da floresta nativa por pastagem, verificando os efeitos na evapotranspiração e nos índices de vegetação.

O presente trabalho teve em vista estudar as interações entre índices de vegetação, evapotranspiração e microclima em áreas com diferentes coberturas vegetais na Amazônia, utilizando uma abordagem por meio de medidas de campo e produtos de sensoriamento remoto do *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)* na Fazenda Nossa Senhora.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 AREA DE ESTUDO

O sítio experimental está localizado na Fazenda Nossa Senhora (FNS), nas coordenadas $10^{\circ} 45' 44''$ S / $62^{\circ} 21' 27''$ O, a uma altitude de 293 m ao nível do mar, no município de Ouro Preto do Oeste (FIGURA 1).

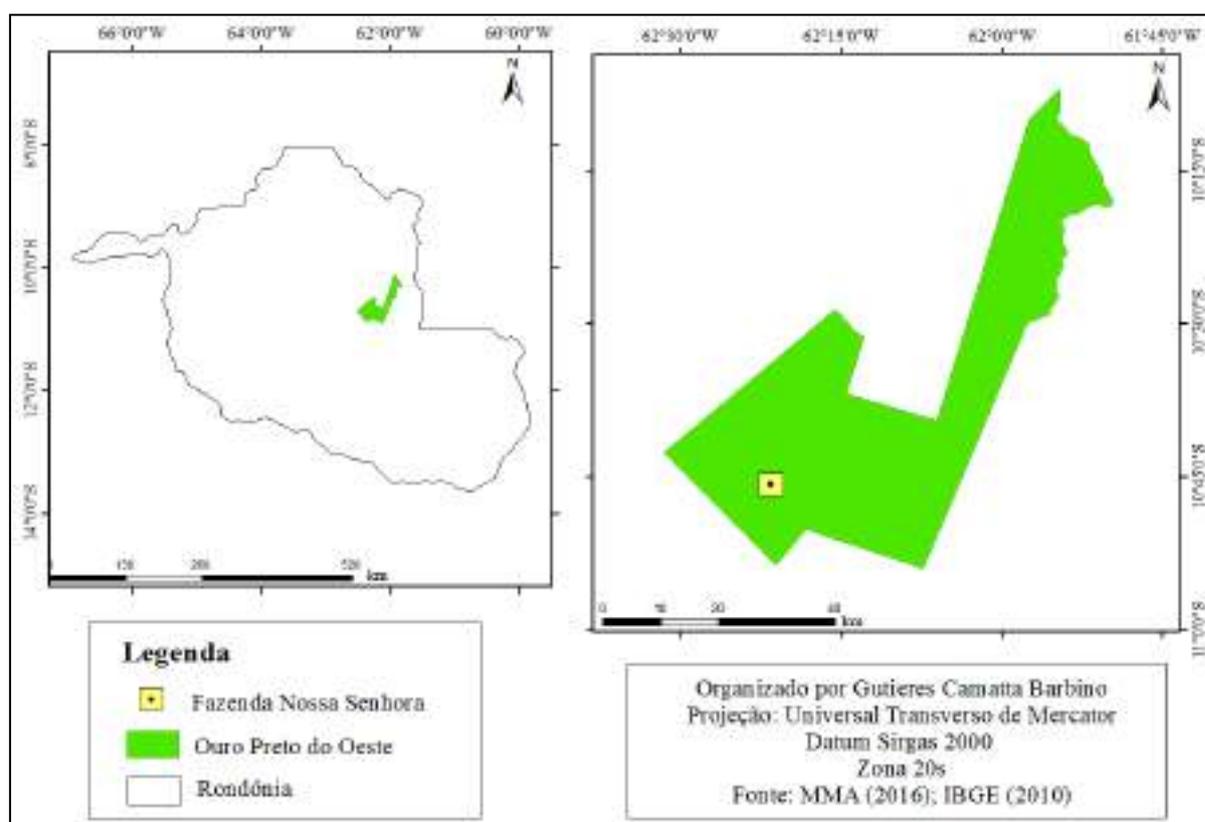


Figura 1 – Localização da Fazenda Nossa Senhora (FNS).

Fonte: [9].

As medidas foram realizadas no período de agosto/2018 a junho/2019 em um sítio experimental pertencente à rede de torres do Programa LBA, Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, em Rondônia.

De acordo com [10], o período úmido é característico de janeiro a março, úmido-seco de abril a junho, seco de julho a setembro e seco-úmido, de outubro a dezembro.

O sítio localiza-se no centro de uma área que foi desmatada na década de 80, tendo como cobertura vegetal predominante a gramínea *Brachiaria brizantha*, além de algumas espécies arbóreas dispersas, no qual possui uma torre micrometeorológica com 10 m de altura pertencente ao Programa LBA.

A FNS é considerada uma das maiores áreas planas com pastagem na região [11]. O solo é classificado como podzólico vermelho amarelo [12] e a temperatura média anual do ar é de $24,82 \pm 0,34$ °C [13].

3.2 DESCRIÇÃO DOS INSTRUMENTOS E MÉTODOS

Na presente pesquisa foram utilizadas três metodologias para estimar o IAF, sendo essas: coletas em campo tanto pelo método direto (IAFD), método indireto, através do Ceptômetro modelo AccuPAR PAR/LAI, modelo LP-80, Decagon Devides, Inc. (IAFC), e por meio de produtos de sensoriamento remoto (IAFM). Posteriormente, foram realizadas análises comparativas entre as diferentes metodologias, e verificadas as relações entre os índices vegetativos e o microclima.

3.2.1 Índices vegetativos

3.2.1.1 Coletas de dados de Índice de Área Foliar em campo pelo método direto

Para a aquisição de dados pelo método direto, as coletas foram realizadas com base na metodologia proposta por [14,15].

Para a estimativa do IAFD foram coletadas aleatoriamente 20 amostras de plantas no interior de uma área de 1 m², em 16 pontos distribuídos ao redor da torre micrometeorológica em um transecto de 1 hectare, com uma distância de 25 metros entre cada ponto, buscando uma maior representatividade da área sem a interferência de outro tipo de vegetação.

Primeiramente, as plantas selecionadas foram arrancadas do solo ao redor da área, obtendo a planta com todas as suas partes, sendo elas: material vivo (folha verde), material morto e o caule. Esse processo foi realizado em todos os 16 pontos.

As plantas de cada ponto foram colocadas em sacos plásticos demarcados referente a cada ponto e em laboratório houve a triagem, em que o material vivo, parte morta e caule foram separados por ponto. As folhas verdes foram escaneadas por uma impressora multifuncional HP modelo J610 e projetadas em imagem digital no formato JPEG (FIGURA

2), em seguida, foi calculada a área foliar das imagens digitais com o auxílio do programa ImageJ.



Figura 2 – Folhas digitalizadas.

Fonte: Arquivo pessoal

Após serem digitalizadas, as folhas e os demais materiais, hastes e o material morto, foram secos em uma estufa a 80 °C por 72 horas e pesados em uma balança analítica laboratorial.

Para calcular o IAF, foi utilizado primeiramente o cálculo da fração de folhas verdes das 20 plantas com o uso da Equação 1.

$$IAF = \frac{P_{FV}}{(P_{FV} + P_C + P_{MM}) * M_T * SLA/1000} \quad (1)$$

Em que, IAF é o índice de área foliar, medido em m² de área do solo pela cobertura vegetal em m⁻²; P_{FV} é o peso das folhas das 20 plantas (g); P_C é o peso do caule das 20 plantas (g); P_{MM} é o peso do material morto das 20 plantas; M_T Material morto total (kg ha⁻¹); SLA é a área específica da folha (m² kg⁻¹), [14] [15].

3.2.1.2 Coletas de dados de Índice de Área Foliar em campo pelo método indireto

As coletas do IAFC em campo foram realizadas mensalmente, com o auxílio do Ceptômetro. O Ceptômetro possui um microprocessador embutido à barra fixa do sensor (sonda). Essa sonda contém 80 sensores que funcionam de forma independentes, espaçados com 1 cm de distância. Além de um sensor externo para medir a PAR (Manual do Ceptômetro, 2015).

Os dados foram coletados nos mesmos pontos do transecto do método direto, visando à comparação de dados, sendo realizadas três medidas em cada ponto (FIGURA 3)



Figura 3 – Foto do ceptômetro.

Fonte: Arquivo pessoal.

Os valores de IAF foram calculados automaticamente pelo ceptômetro, com uso da equação 2 (Manual do Ceptômetro, 2015), em que, L é o índice de área foliar ($m^2 m^{-2}$), K é o coeficiente de extinção do dossel, fb é a fração do feixe da PAR incidente (assumiu-se um valor de 0,91), T é a razão entre a PAR abaixo do dossel e a PAR acima do dossel.

$$L = \frac{\left[\left(1 - \frac{1}{2K} \right) \cdot fb - 1 \right] \cdot \ln T}{A \cdot (1 - 0,47 \cdot fb)} \quad (2)$$

3.2.2 Produtos de Sensoriamento Remoto

Foram utilizados dados dos produtos de vegetação e microclima, provenientes de imagens espectrais do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* – MODIS, obtidos por meio do banco de dados fornecido gratuitamente pela NASA (<https://modis.ornl.gov/cgi-bin/MODIS/global/subset.pl>).

Os dados utilizados correspondem ao período de agosto de 2018 a junho de 2019, sendo os dados de IAF e da $fPAR$ provenientes do produto MCD15A3H, com resolução espacial de 500 metros com resolução temporal de 4 dias, a evapotranspiração (ET) proveniente do produto MOD16A2, com uma resolução espacial de 500 m e resolução

temporal de 8 dias, o NDVI e o EVI advindo do produto MOD13Q1 com resolução espacial de 250 metros e resolução temporal de 16 dias.

3.2.3 Precipitação e nível do lençol freático

Os dados do nível do lençol freático foram medidos mensalmente em um poço, que possui uma profundidade de 7 metros, localizado ao lado da torre micrometeorológica da FNS, com o auxílio de uma fita métrica.

Os dados de precipitação foram coletados com o auxílio de um pluviômetro automático (EM, ARG100) instalado a meio metro na torre micrometeorológica pertencente ao Programa LBA, localizada na FNS.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk com o objetivo de verificar o pressuposto de normalidade dos conjuntos de dados, onde foi verificado que somente a variável IAF obtida pelo método direto atendeu ao pressuposto, em decorrência disso, para comparação entre as diferentes variáveis estudadas, optou-se pela utilização de métodos estatísticos não paramétricos.

Com o intuito de avaliar as diferentes metodologias para a estimativa do IAF, foi aplicado o teste de Mann-Whitney para verificar a diferença entre os dados. Todos os testes mencionados foram realizados com nível de confiança de 95% ($\alpha=0,05$). As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se recursos computacionais dos programas EXCEL [16] elaborado pela Microsoft e o MiniTab [17].

Posteriormente, foram calculadas as médias mensais e sazonais, com os dados obtidos do produto do sensoriamento remoto para que pudessem ser pareados com os dados de IAF do ceptômetro e do método direto, cuja resolução temporal é mensal e sazonal, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 APROVEITAMENTO DE DADOS DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

A presença de falhas em uma série de dados pode influenciar no desempenho dos mesmos ao serem empregados a uma determinada finalidade, por isso, na Tabela 1, têm-se o aproveitamento dos dados de produto de sensoriamento remoto obtidos para a FNS.

Tabela 1 – Aproveitamento dos dados (%) em cada período sazonal, do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Realçado (EVI), Índice de Área Foliar proveniente do MODIS (IAFM), Evapotranspiração (ET), Fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa (fPAR) e o aproveitamento médio para a Fazenda Nossa Senhora (FNS).

| Períodos | Aproveitamento | | | | | |
|-------------|----------------|-----|------|------|-----|-------|
| | ET | IAF | NDVI | fPAR | EVI | Geral |
| Seco | 64% | 61% | 50% | 65% | 50% | 58% |
| Seco- úmido | 9% | 30% | 40% | 39% | 40% | 32% |
| Úmido | 10% | 57% | 17% | 61% | 17% | 32% |
| Úmido-seco | 55% | 83% | 83% | 91% | 83% | 79% |

Nota-se que os maiores aproveitamentos gerais ocorreram nos período úmido-seco, de 79%, e no seco, de 58%, enquanto os menores foram nos período seco-úmido e úmido chegando a valores com 32% de aproveitamento, o que ocorreu provavelmente devido a maior interferência da cobertura de nuvens.

[18], afirma que a aplicação de métodos de sensoriamento remoto é limitada pela nebulosidade e chuvas, por isso no período chuvoso, os dados apresentaram menor aproveitamento, o que pode interferir na análise deles em tal época.

Em relação ao aproveitamento médio das variáveis, a que obteve o menor aproveitamento foi a ET, sobretudo no período seco-úmido, com 9%, sendo este o menor aproveitamento do estudo, enquanto o melhor aproveitamento foi referente a variável fPAR, de 91%, no período úmido-seco, e as demais variáveis ficaram com 83% (IAF) e 83% (EVI e NDVI).

4.2 ANÁLISE DO IAF POR DIFERENTES METODOLOGIAS

O comportamento sazonal da variável IAF, obtida por diferentes metodologias pode ser observado na Tabela 2. Os menores valores para os métodos analisados ocorreram no período seco, já os maiores valores divergiram em relação à época em que ocorreram, o IAFD e o IAFC foram superiores no período úmido-seco, enquanto o IAFM atingiu o maior valor no período úmido.

Tabela 2 – Média sazonal dos índices de área foliar proveniente do MODIS (IAFM), índice

de área foliar direto (IAFD) e o índice de área foliar através do ceptômetro (IAFC) na Fazenda Nossa Senhora.

| Períodos | Índices vegetativos | | |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | IAFM (m^2m^{-2}) | IAFD (m^2m^{-2}) | IAFC (m^2m^{-2}) |
| Seco | 1,69 | 1,73 | 1,91 |
| Seco-úmido | 1,79 | 2,69 | 2 |
| Úmido | 2,11 | ** | 2,38 |
| Úmido-seco | 1,82 | 2,87 | 2,29 |

Nota: ** Problemas com a estufa da UNIR e por isso os dados não foram tabulados.

Os menores valores no período seco e seco-úmido se devem a baixa disponibilidade hídrica no sistema, ocasionando estresse hídrico na gramínea. Com isso, há uma redução da taxa fotossintética associada ao fechamento estomático ou pela queda das folhas, redução da transpiração e maior possibilidade de morte por desidratação, diminuição do crescimento foliar, maior crescimento do sistema radicular e também o enrolamento das folhas [19-21].

Os valores de IAF encontrados na FNS comparados com o de outros autores em diferentes localidades encontram-se na Tabela 3. Nota-se que há uma variação do IAF nas localidades, sendo que, o maior valor foi encontrado por Robert [14] e o menor por Silva [22].

Tabela 3 – Comparação dos dados do Índice de Área Foliar (IAF) obtido por diferentes metodologias no Brasil, com os valores médios, p-valor e o local de estudo.

| Autor | Método utilizado | Média | Local de estudo |
|---------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---|
| Zanchi et al. (2009) ^[21] | IAFD | 2 m^2m^{-2} | FNS |
| Roberts et al. (1996) ^[14] | IAFD | 2,4 m^2m^{-2} | FNS |
| Jordão et al. (2015) ^[6] | LI-COR modelo LAI 2000 | 1,72 m^2m^{-2} a 2,03 m^2m^{-2} | Campos naturais em Humaitá-AM |
| Silva et al. (2007) ^[22] | LI-COR modelo LAI 2000 | 0,67 m^2m^{-2} e 0,78 m^2m^{-2} | Brachiaria brizantha em SP, realizando adubações de produção após os ciclos de pastejo |
| Andrade et al. (2009) ^[23] | Algoritmo SEBAL | 2,0 m^2m^{-2} | Fazenda Experimental da Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande-MS |
| Silva et al. (2016) ^[24] | Algoritmo do SEBAL | 0,32 a 1,37 m^2m^{-2} | Pastagem no estado do Amazonas cobertura vegetalpredominante a Brachiaria brizantha (cv. marandu) |

No que se refere à análise entre as metodologias, os maiores valores foram obtidos pelo método direto e os menores foram obtidos pelo MODIS. Contudo, todas as metodologias apresentaram diferenças significativas entre si (p -valor $< 0,001$).

O IAFD, índice de área foliar direto, se destaca com um dos métodos mais confiáveis, por utilizar cálculos diretos sobre a quantidade de massa do vegetal analisado e não depender da radiação como recurso de análise, sendo um dos mais complexo e trabalhoso de todos os analisados, como também afirma [21].

Contudo, destaca-se a viabilidade do produto de sensoriamento remoto, que apesar de apresentar diferença significativa entre os outros métodos apresentou um comportamento semelhante, se mostra um método promissor para estimativa do IAF devido à facilidade da obtenção dos dados e baixo custo.

4.3 ANÁLISE SAZONAL E A RELAÇÃO COM A EVAPOTRANSPIRAÇÃO

O comportamento sazonal das variáveis ET, NDVI, fPAR, EVI, Precipitação e Nível do lençol freático estudadas estão discriminados na Tabela 4.

Todas as variáveis analisadas apresentaram um comportamento sazonal semelhante, menores valores no período seco e os maiores valores no período seco-úmido, com exceção da evapotranspiração, que teve seu ápice no período úmido, e da fPAR, que teve leve aumento no período úmido-seco.

Tabela 4 – Média sazonal de Evapotranspiração (ET), Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa (fPAR), Índice de Vegetação Realçado (EVI), Precipitação e Nível do lençol freático para a Fazenda Nossa Senhora.

| PERÍODOS | Variáveis analisadas | | | | | NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO (m) |
|------------|------------------------|------|----------|------|-------------------|------------------------------|
| | ET(mm d ¹) | NDVI | fPAR (%) | EVI | PRECIPITAÇÃO (mm) | |
| SECO | 2,43 | 0,62 | 0,57 | 0,41 | 228 | 6,73 |
| SECO-ÚMIDO | 4,06 | 0,73 | 0,6 | 0,54 | 997 | 6,25 |
| ÚMIDO | 5,59 | 0,72 | 0,6 | 0,49 | 908 | 3,85 |
| ÚMIDO-SECO | 3,97 | 0,69 | 0,64 | 0,45 | 148 | * |

Nota: * Dados não coletados.

[25], para a FNS, encontrou uma média estimada pelo produto MOD16, de $3,70 \pm 1,43 \text{ mm d}^{-1}$. Ao avaliar a disponibilidade de água em pastagem degradada do Cerrado da Baixada Cuiabana, [26], observou ET média ao redor de $2,0 \text{ mm d}^{-1}$, sendo uma média bem inferior ao encontrado na FNS.

Assim, verifica-se que a ET em áreas de pastagens é fortemente dependente da umidade do solo, ou seja, a baixa disponibilidade de água no solo influencia na quantidade de energia que é particionada, o que pode ser observado através do nível do lençol freático no período seco, que apresentou o valor de 6,73 m.

O nível do lençol freático medido em um poço de monitorado, com uma profundidade de 7 m, encontrou-se seco nos meses de setembro (período seco), outubro (período seco-úmido) e novembro (período seco-úmido). O que demonstra uma redução na umidade do solo no período de seca, com conseqüente rebaixamento do aquífero. A recarga do aquífero demanda um período de recarga considerável, visto que só foi possível encontrar água no poço novamente no mês de dezembro. Nota-se uma queda brusca no IAF do período seco para o período úmido, devido ao maior acúmulo de água nessa época que permite acúmulo de biomassa pela pastagem e conseqüentemente um maior valor. O aumento da biomassa é favorecido pelos altos períodos de chuvas [15] [24].

Os valores de NDVI encontrados na FNS foram elevados, alcançando o valor de 0,73 no período seco-úmido e 0,62 no período seco, tendo [27] em seu estudo relatado que valores de 0,72 de NDVI já se classificam como uma área de floresta, o que não representa a FNS.

O IAF torna-se relevante com base na sua relação direta com a troca de massa e energia do ecossistema com a atmosfera, de modo que um menor IAF reduz não somente a participação de energia de um ecossistema com o fluxo de calor latente como também a evapotranspiração [28] [21].

Por sua vez, o EVI se mostrou mais eficaz na FNS. De acordo com [29], o EVI é mais sensível à estrutura do dossel, embora sofra maior influência do ângulo zenital solar em determinadas condições, como ressalta Galvão [30].

Tanto o EVI quanto o NDVI são fortemente relacionados com a disponibilidade hídrica do local como afirma Fontana [31], pois ela é fator determinante do vigor das culturas o autor ainda relata que o EVI é mais fortemente associado a precipitação do que o NDVI.

Todas as variáveis estudadas apresentaram relação com a disponibilidade hídrica, pois todos os menores valores foram encontrados no período seco, no qual é possível observar a menor umidade no solo (lençol freático com 6,73m) e, a baixa precipitação de 228 mm, o que

acarreta a diminuição da evapotranspiração.

A relação entre os índices vegetativos e da fPAR com a ET, são diretamente proporcionais, logo, quanto maior a fração de radiação fotossintética ativa maior a evapotranspiração, os resultados demonstram a existência de mecanismos morfológicos e fisiológicos da planta que afetavam as taxas de evapotranspiração [32]. A presença de nebulosidade e precipitação atuam como elemento espalhador e atenuante da radiação solar, que atua como energia de entrada no sistema.

5. CONCLUSÃO

De acordo com resultados apresentados no presente trabalho foi possível observar que os dados de IAF do produto MODIS apresentaram valores condizentes com a sazonalidade da região, apesar dos valores serem um pouco distintos dos obtidos pelo ceptômetro. Constatou-se também uma relação do IAF com a disponibilidade hídrica, por meio das variáveis micrometeorológicas como a evapotranspiração, a precipitação e o nível de água no solo, tais resultados evidenciam que a interação entre a biosfera e a atmosfera acontece de forma complexa.

Ademais, foi possível observar que todas as variáveis analisadas apresentaram um comportamento sazonal semelhante, menores valores no período seco e os maiores valores no período seco-úmido, com exceção da evapotranspiração, que teve seu ápice no período úmido, e o fPAR, que teve um leve aumento no período úmido-seco.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por proporcionar a bolsa para inserção no âmbito da pesquisa, ao LBA, Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, pelo suporte nas coletas e ao Grupo de Pesquisa Engenharia Ambiental (GPEAMB) da UNIR.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ARTAXO, P. et al. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. **Ciência e Cultura**, v. 66, n.3, p. 41-46, 2014.

[2] GOMES, J.B.; WEBLER, A.D.; AGUIAR, R.G.; AGUIAR, L.J.G.; NUÑES, M.L.A. Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais as implicações no microclima da região? **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 67-81, 2015.

[3] ALVES, L.M.; MARENGO, J.A.; FU, R.; BOMBARDI, R.J. Sensitivity of Amazon Regional Climate to Deforestation. **American Journal of Climate Change**, v. 6, n 1, p. 75-98, 2017.

[4] FAUSTO, M.A., ANGELINI, L.P., MARQUES, H.O., FILHO, S.A, MACHADO, N.G., & BIUDES, M.S. Impacto da alteração do uso do solo no saldo de radiação no Cerrado do sul de Mato Grosso. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v 11, n 2. 2016.

[5] WATSON, D. J. Comparative physiological studies on growth of fields crops. I Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, London, v. 11, n 1, p. 41-76, 1947.

[6] JORDÃO, W.H. C.; ZANCHI, F.B.; FERREIRA, D.M.M.; PAGANI, C.H.P.; LUIZÃO, F.J.; NEVES, J.R.D.; DUARTE, M.L. Variabilidade do índice de área foliar em campos naturais e floresta de transição na região Sul do Amazonas. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 02, p. 364-375, 2015.

[7] BEZERRA, J. M.; et al. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, n. 1, p. 73 – 84, 2014.

[8] SALLO, F.DA S., FRANÇA, M.S. DE, MORAIS, D.M. DE, RODRIGUES, R., & BIUDES, M. S. Estimativa de componentes do balanço de radiação em diferentes tipos de uso e cobertura do solo. **Revista Ambiente & Água**, v 9, n 2, p 347-358. 2014.

[9] BARBINO, G.C. Determinação do índice de área foliar por diferentes métodos e sua relação com o microclima em áreas de floresta e pastagem. Ji-Paraná, RO, 2017.

[10] WEBLER, A.D.; GOMES, J.B.; AGUIAR, R.G.; ANDRADE, N.L.R.; AGUIAR, L.J.G. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, 2013.

[11] CULF, A.D.; ESTEVES, J.L.; MARQUES FILHO, A. de O.; ROCHA, H.R. Radiation, temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. 1997.

[12] HODNETT MG, OYAMA MD, TOMASELLA J, MARQUES FILHO A. 1996. Comparison of long-term soil water storage behaviour under pasture and forest in three areas of Amazonia. In: GASH JHC, NOBRE CA, ROBERTS JM, VICTORIA RL. (Eds.) 1996. Amazonian Deforestation and Climate. New York, USA: John Wiley & Sons, 638 p. ISBN: 0471967343.

[13] WEBLER, A.D.; GOMES, J.B.; AGUIAR, R.G.; ANDRADE, N.L.R. O uso da terra e as alterações na temperatura do ar no Sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 1, n.1, p. 208-212, 2012.

[14] ROBERTS, J.M.; CABRAL, O.M.R.; COSTA, J.P.; MCWILLIAM, A.L.C.; SÁ, T.D. Na Overview of the Leaf Area Index and Physiological Measurements during ABRACOS, In: J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts and R.L. Victoria (Eds). **Amazonian Deforestation and Climate**, J. Wiley and Sons, p. 287-305, 1996.

[15] WATERLOO, M.J. Water and nutrient dynamics of Pinus caribaea plantation forests on former grassland soils in SW Viti Levu, Fiji., June, Ph.D. thesis, **Vrije Universiteit Amsterdam**, The Netherlands, 478 pp. 1994.

[16] MICROSOFT. **Excel 2010**. California, 2010. Disponível em: <office.microsoft.com/enus/excel>. Acesso em: 26 jul. 2018.

[17] MINITAB. **Minitab 17**. 2016. Disponível em:<http://www.minitab.com/ptbr/products/minitab/freetrial/?WT.srch=1&WT.mc_id=SE&gclid=CPiX48udg9ACFUUIkQodaGAFIQ>. Acesso em: 26 jul. 2018.

- [18] PEREIRA, M.M.; MOURA, R.S.; CAMPOS, A.R.F.; MENESES, T.N.; Silva. M.A.M.; OLIVEIRA, F.E.R. de. Comparação de dois métodos de estimativa do índice de área foliar em cultivo irrigado do mamoeiro. **XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**. 2015.
- [19] SILVA, Francisco L. B. da et al. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 383-389, Apr. 2011.
- [20] SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; EUZÉBIO, V.L.M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n 4, p.655-662, 2011.
- [21] ZANCHI, F.B.; WATERLOO, M.J.; AGUIAR, L.J.G.; VON RANDOW, C.; KRUIJT, B.; CARDOSO, F.L.; MANZI, A.O. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 335-348, 2009.
- [22] SILVA, L.C. et al. Estimativa do balanço de radiação por sensoriamento remoto de diferentes usos de solo no sudoeste da Amazônia brasileira. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 2, 2007.
- [23] ANDRADE, R. G. et al. Análise preliminar da variabilidade espacial da evapotranspiração de pastagens com o uso de imagens orbitais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 7., 2009, Viçosa, MG. In: **Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo em anais de congresso**. Viçosa, MG: UFV, 2009.
- [24] PEREIRA, Rodrigo Moura e cols. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar obtida a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) corrigido **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 140-148, junho de 2016.
- [25] FORTANA, D.C., Potgieter, A., & Apan, A. (2005, July). Relação entre a precipitação pluvial e índice de vegetação em imagens multitemporais MODIS. In **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (CBAGRO)** (Vol. 16, p. 2005).

[26] OLIVEIRA, J.S. "Índices de vegetação (NDVI, IVAS, IAF, NDWI) como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho." 2013.

[27] BACKES, K.S. Variações do índice de vegetação por diferença normalizada (ndvi) do sensor modis associadas a variáveis climáticas para o estado do rio grande do sul. Universidade Federal de Santa Maria. **Dissertação de Mestrado**. Santa Maria, RS, 2010.

[28] GIAMBELLUCA, T.W.; SCHOLZ, F.G.; BUCCI, S.J.; MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN, G.; HOFFMANN, W.A. et al. Evapotranspiration and energy balance of Brazilian savannas with contrasting tree density. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, p. 1365–1376, 2009.

[29] HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, n 1-2, p.195-213, 2002.

[30] GALVÃO, L.S.; SANTOS, J.R. dos; ROBERTS, D.A.; BREUNIG, F.M.; TOOMEY, M.; MOURA, Y.M. de. On intra-annual EVI variability in the dry season of tropical forest: a case study with MODIS and hyperspectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.115, n 60, p.2350-2359, 2011.

[31] FONTANA, D. C.; POTGIETER, A.; APAN, A. Relação entre a precipitação pluvial e índice de vegetação em imagens multitemporais MODIS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEROLOGIA, 14., 2005, Campinas. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005.

[32] SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria**, v. 4, n.1, p. i-xii, 1996.

CAMPANHA DO LACRE E TAMPINHA PLÁSTICA - UM PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

LACRE CAMPAIGN AND PLASTIC CAP- A PROJECT FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION

Jéssica Lauany dos Santos Cesconetto^{1*}, Sara Line Silveira Araújo¹, Jonismara Balbino¹, Euripedes Fernandes Costa Junior¹, Calina Grazielli Dias Barros² Ana Lúcia Denardin da Rosa³.

¹Discentes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - UNIR.

²Engenheira Ambiental, Docente do Curso de Engenharia Ambiental da – UNESC,

³Engenheira Civil, Docente do departamento de Engenharia Ambiental - DEA/UNIR.

*Autor correspondente: cesconetto123jessica@gmail.com.

RESUMO

A concentração de resíduos tem sido uma problemática atual, onde latas de alumínio e garrafas de Polietileno tereftalato (PET) e, conseqüentemente, seus lacres e tampas, que são materiais gerados e consumidos diariamente por milhões de pessoas no Brasil, têm sido mal destinados. O trabalho tem o objetivo apresentar e discutir experiências obtidas no âmbito do projeto “Campanha dos lacres e tampinhas plásticas: Ajude o Guto a ajudar outras crianças”, em que são reciclados lacres de latas de alumínio e tampinhas de garrafas de (PET), para ajudar na aquisição de equipamentos que auxiliem os alunos da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) em suas atividades corriqueiras. O trabalho foi desenvolvido no município de Ji-Paraná, localizado no estado de Rondônia, em parceria com a APAE. A fim de executar a campanha, foram visitados estabelecimentos comerciais do município com o intuito de solicitar parceria, no que tange ao recolhimento das tampinhas e lacres, esses foram recolhidos mensalmente e armazenados em garrafas de PET adesivadas com a logomarca do projeto. Esses materiais estão sendo armazenados na Universidade Federal de Rondônia (UNIR), os quais posteriormente serão entregues à APAE para venda em uma empresa de reciclagem. A verba arrecadada será convertida em equipamentos para os alunos da APAE. Além disso, foi visitada a escola Estadual Jandinei Cella onde houve ministração de palestras sobre a temática de reciclagem e nesse momento a comunidade escolar foi convidada a participar e ser agente multiplicador do projeto. Nos 5 meses de existência do projeto, foram coletados 38 quilos de lacres e 118 quilos de tampinhas.

Palavras chaves: Educação ambiental, reciclagem, solidariedade.

ABSTRACT

The concentration of waste has been a current problem, where aluminum cans and bottles of polyethylene terephthalate (PET) and, consequently, their seals and lids, which are materials generated and consumed daily by millions of people in Brazil, have been misused. The work aims to present and discuss experiences obtained under the project “Campaign for plastic seals and caps: Help Guto help other children”, in which aluminum cans seals and PET bottle caps are recycled to assist in the purchase of equipment to assist students of the Association of Parents and Friends of the Exceptional (APAE) in their everyday activities. The work was developed in the city of Ji-Paraná, located in the state of Rondônia, in partnership with APAE. In order to carry out the campaign, the city's commercial establishments were visited in order to request a partnership, regarding the collection of caps

and seals, these were collected monthly and stored in PET bottles with the logo of the project. These materials are being stored at the Federal University of Rondônia (UNIR), which will later be delivered to APAE for sale at a recycling company. The funds raised will be converted into equipment for APAE students. In addition, the state school Jandinei Cella was visited, where lectures were given on the theme of recycling and at this time the school community was invited to participate and be multipliers agents of the project. During the project's 5 months of existence, 38 kilos of seals and 118 kilos of caps were collected.

Keywords: Environmental education, recycling, solidarity.

1. INTRODUÇÃO

O consumo da população apresenta significativa importância nos tempos atuais, devido a característica de descarte rápido e sucessivo [1]. Esta prática colabora na concentração de resíduos sólidos (RS) sem destinação correta, que é um problema ambiental atual que precisa ser revertido. Para isso, torna-se necessário que a sociedade se conscientize com relação à relevância que tem o ato de reciclar, e isso é possível por meio da Educação ambiental, impulsionando o reaproveitamento de materiais.

No Brasil, somente 3% dos RS processados nos municípios são reciclados, apesar de um terço de todo o resíduo urbano (63 milhões de toneladas anuais) ser reciclável [2]. Este pequeno índice implica nos resultados adquiridos pelo recente estudo executado pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA), onde é evidenciado que o país acaba perdendo R\$ 8 bilhões por descartar materiais ainda recicláveis. Além do mais, recursos naturais também são desperdiçados quando diminui-se a vida útil de objetos [3].

Segundo [4] nos Estados Unidos (EUA) cerca de 30% da produção de plástico é destinada ao setor de embalagens. No Brasil [3] consumiu-se 572 toneladas de resina Polietileno tereftalato (PET) para a fabricação de embalagens no ano de 2011, tendo uma previsão para 2016 um consumo de 840 toneladas. Consequentemente esse número reflete em um significativo número de tampas plásticas que são usadas para fechar os recipientes. Os dados históricos relatam que 90% da utilização da PET no Brasil é destinada a geração de embalagens de alimentos e bebidas [5].

Conforme a Figura 1, no ano de 2012 o Brasil alcançou um índice de reciclagem das embalagens de PET pós-consumo de 60%, resultando em um total 331kton das 561kton confeccionadas [6]. Ainda que a quantidade de PET reciclada tenha apresentado progresso, a mesma ainda é inferior se comparada a do alumínio que consiste em 85% do total fabricado [7].



Figura 1: Evolução do total de embalagens PET recicladas no Brasil.

Fonte: ABIPETc, 2013.

Em 2015, constatou-se que 292,5 mil toneladas de latas de alumínio foram recicladas. Por isso corresponde a 97,9 % de todo montante concedidas ao mercado brasileiro [8]. Segundo a Associação Brasileira de fabricantes de latas de alumínio [9], desde 2004, o índice de reciclagem de latas de alumínio se mantém acima dos 90%, o que coloca o Brasil entre os líderes mundiais de reciclagem desta embalagem. Em 2017, 97,3% das 303,9 mil toneladas de latas de alumínio para bebidas empregadas no mercado foram recolhidas e posteriormente passaram pelo processo de reciclagem, conquistando um índice de reciclagem equivalente a 295,8 mil toneladas.

Na década de 1970, na antiga União Soviética, a educação ambiental passou a ser reconhecida em âmbito global através da primeira conferência com a temática. O tema foi definido como uma prática estável, onde a população se conscientiza a respeito de boas práticas ambientais, tornando-se qualificada para solucionar inquietações ambientais [10].

Segundo a lei [11], a Educação Ambiental é o processo por meio do qual os indivíduos e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. Tornando esse cidadão com um olhar criterioso sobre o meio ambiente, com um novo jeito de compreender a responsabilidade que tem de preservar o meio em que vive.

Dessa forma, uma suposta sociedade sustentável pressupõe a crítica às relações sociais e de produção, tanto ao tipo de valor, como ao uso dos recursos e produtos da natureza [12]. De acordo com pesquisas da Agência Brasil [6], o Brasil gera mais de 78,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos (RS) anualmente, dos quais 13,5% são polímeros. Em

conformidade com a pesquisa do Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana, reciclando essa abundância de plástico seria viável recuperar cerca de R\$ 5,7 bilhões.

Contudo, é habitual encontrar materiais descartados em ruas e rios dos municípios brasileiros, como investigado pelo mutirão da limpeza que realizou campanha às margens do Rio Machado no município de Ji-Paraná com cerca de 70 voluntários que percorreram cerca de 30 quilômetros para fazer a ação [13]. Diante das evidências é necessário realizar projetos que visam aplicar Educação Ambiental, sensibilizando a população a respeito da importância da reciclagem e do cuidado com meio ambiente.

Entre os aspectos que podem motivar concomitantemente o governo, as empresas e a sociedade a promoverem atividades de reciclagem dos resíduos poliméricos contidos nos resíduos sólidos urbanos, destacam-se a economia de energia, a preservação de fontes esgotáveis de matéria-prima, a redução de custos com disposição final do resíduo, a economia com a recuperação de áreas impactadas pelo mau acondicionamento dos resíduos, o aumento da vida útil dos aterros sanitários, a redução de gastos com limpeza e saúde pública, e a geração de emprego e renda [14].

Instigando a prática da educação ambiental juntamente com a reciclagem, o presente estudo tem como objetivo juntar 1.900 quilos de tampinhas plásticas e 170 quilos de lacres de alumínio para a compra de duas cadeiras de rodas simples que custa em média R\$ 760,00 no município de Ji-Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto tem como área de estudo o município de Ji-paraná, localizado no centro do estado de Rondônia. Com duração prevista de 1 ano, no qual a divulgação do projeto acontecerá por meio de palestras em escolas, na UNIR, APAE, além da divulgação nas redes sociais do projeto, mídia (jornal, televisão e rádio), e em eventos realizados na cidade. Também foram visitados bares, restaurantes e estabelecimentos comerciais do município a fim de divulgação e adesão ao projeto.

Para o recolhimento das tampinhas e lacres, a equipe do projeto apresentava a proposta explicando a importância tanto na área ambiental, como na área social, a fim de motivar a participação dos comerciantes. Uma vez que, os empreendedores aceitaram participar do projeto, era deixado um recipiente de coleta (garrafa PET com a logo do projeto), conforme Figura 2 e mensalmente os materiais estão sendo coletados pela equipe do projeto



Figura 2- Recipiente de coleta de (A) lacres de alumínio e (B) tampas plásticas.

As tampas e lacres recolhidos são levados para o laboratório de Fenômenos dos Transportes e Hidráulica da UNIR, *Campus* de Ji-Paraná, até completar um montante significativo para ser doado à APAE, que irá realizar a venda do material para aquisição dos equipamentos.

Com relação a venda do material coletado, no município de Ji-Paraná existem empresas que realizam a compra dos lacres e tampinhas plásticas, para fins de reciclagem, que pagam R\$ 4,50 no quilo do lacre e R\$0,40 no quilo das tampinhas plásticas, respectivamente.

Para divulgação do projeto, foi criada a página: “Campanha dos Lacres e tampinhas plásticas” em uma mídia social, visando dar ênfase ao projeto e intensificar o número de agentes multiplicadores da campanha. Dessa forma, foram concedidas entrevistas a fim de elucidar como é simples e fácil realizar a reciclagem das tampinhas e lacres e a importância de aderir ao projeto. A meta foi alcançar o maior número possível de pessoas e sensibilizar sobre sua contribuição para um meio ambiente equilibrado e sustentável.

A campanha foi levada para a Rondônia Rural Show, uma feira de tecnologia e oportunidades dos negócios voltados ao agronegócio do estado de Rondônia. A mesma é realizada todos os anos no município de Ji-Paraná e atinge um público tanto regional quanto

internacional. A equipe se fez presente todos os dias, tirando dúvidas da população. Recipientes de coleta de 20L cada foram espalhados nos *stands* da feira, sendo que, diariamente os lacres e tampinhas eram retirados pelos membros do projeto. Neste evento foi possível instigar a população sobre a importância da Educação Ambiental e o fundamental ato de reciclar. A equipe do projeto participou da Semana do Meio Ambiente realizada pela SEMEIA no Instituto Federal de Rondônia (IFRO), expondo para a comunidade escolar o objetivo do projeto, e de que forma cada um poderia ajudar.

Na escola Jandinei Cella, foram ministradas palestras, com a finalidade de ressaltar a responsabilidade em que a comunidade exerce de proteger o planeta tornando-o mais sustentável, e do quanto podem contribuir com a preservação e também com a sociedade, tornando-o um agente multiplicador.

Na escola, também foi proposta, e realizada com os alunos, uma gincana em que os mesmos teriam três meses para a coleta dos lacres e tampinhas, os que realizassem o desafio com êxito, tendo maior quantidade dos materiais recicláveis, seriam os vencedores. A gincana pode proporcionar aos alunos como faz diferença a reciclagem, e o comprometimento que cada um deve exercer sobre o meio em que vive.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde o mês de março a equipe da Campanha se mobilizou para juntar garrafas PET, recipientes que serviram para armazenar todo material arrecadado. Aconteceu também a etapa de confecção dos recipientes, onde foram personalizados e adesivados com a logo do projeto.

Em um segundo momento, no dia 12 de abril de 2019, aconteceu a distribuição dos coletores no primeiro distrito da cidade de Ji-Paraná. Neste dia, foi possível estabelecer 11 pontos comerciais como colaboradores da ação. É possível identificar esses locais na Figura 3. Após 12 dias, sucedeu-se a segunda distribuição dos recipientes, desta vez no segundo distrito. Observa-se através da Figura 4 que mais 17 estabelecimentos se propuseram a auxiliar no projeto.



Figura 3 - Pontos de Coleta situados no primeiro distrito da cidade de Ji-Paraná Rondônia.



Figura 4 - Pontos de Coleta situados no segundo distrito da cidade de Ji-Paraná Rondônia.

Através da página na mídia social, que proporcionou a adesão de uma parcela da população e deu maior visibilidade ao projeto, foram alcançadas em média 628 pessoas em suas publicações, o que demonstrou a importância da mesma para a divulgação e aceitação. Segundo Rosa et al [15], “com a evolução da internet 2.0 em meados dos anos 90, as ferramentas de mídias sociais propagaram se de tal maneira, permitindo aos seus usuários uma troca diversificada de informações e assuntos de interesse comum”.

Além disso, o grupo realizou diversas entrevistas em programas de televisão local. Tendo também participado do jornal impresso o Madeirão, quem tem divulgação a nível de

Estado.

Soma-se a essas informações a publicação em sítio eletrônicos de informações sobre o acontecimento da campanha, bem como: “SEMEIA apoia a campanha dos lacres e tampinhas plásticas” [16] e: “Campanha de reciclagem para angariar recursos para alunos da APAE de Ji-Paraná” [17].

Foi possível verificar que empresas responsáveis pela mídia do estado cooperaram para os resultados que estão sendo alcançados, pois através dessas exposições a população teve acesso ao contato telefônico dos desenvolvedores do projeto e frequentemente ligam informando que possuem tampinhas e/ou lacres, como pode ser observado na Figura 5, na qual uma moradora utilizou o contato telefônico fornecido, para que pudesse ser feito a coleta do material doados.



Figura 5 -Doação de moradora de Ji-Paraná que se solidariza com a proposta e colabora.

Em busca de maior divulgação a campanha se fez presente em diversos eventos realizados na região. Na Figura 6, consta a presença da equipe com seus respectivos parceiros e coletores na edição da Rondônia Rural Show do ano de 2019, evento que se caracteriza como uma feira tecnológica de grande porte com a participação de outros países.



Figura 6 - Equipe do projeto, juntamente com representantes da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais, na Rondônia Rural Show 2019.

No intuito de aplicar a Educação Ambiental, em 17 de maio realizou-se a primeira palestra na escola Estadual Jandinei Cella no período da manhã para as crianças matriculadas do primeiro ao quinto ano. A fim de instigar as crianças a praticar a reciclagem, o método adotado para incentivá-las foi a de uma gincana.

A cada 20 dias houve o acompanhamento na escola para fixação da importância social que a reciclagem pode ter. Os alunos que conseguiram juntar mais materiais foram premiados. Ao final, através desta ação obteve-se cerca de 30 kg de lacres e tampas, conforme Figura 7.



Figura 7 - Equipe em coleta na escola Jandinei Cella.

No dia 05 de junho de 2019 a campanha teve participação na mesa redonda organizada pela Secretaria do Meio Ambientes de Ji-Paraná (SEMEIA). Este evento proporcionou uma parceria benéfica com a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Ji-Paraná RO (COOCAMARJI). A prática desta coparticipação rendeu 26 quilos de tampinhas plásticas em sua primeira expedição. E em 26 de junho de 2019 a COOCAMARJI cooperou com mais 20 quilos de tampinhas. Além disso, no dia 6 de junho o grupo se fez presente no endereço da cooperativa, conforme demonstrado na Figura 8, onde foram recolhidos 3 Kg de lacres de alumínio.



Figura 8- Equipe em coleta na Cooperativa de catadores de Material Reciclável de Ji-Paraná.

Atualmente, o projeto computou 38 quilos de lacres e 118 quilos de tampinhas plásticas em 5 meses de campanha. Espera-se atingir o valor de 170 quilos de lacre e 1900 quilos de tampinhas plásticas, até o fim do projeto.

4. CONCLUSÃO

Com a realização desse estudo, nota-se que por mais que a Educação Ambiental seja capaz de causar reflexão no ser humano com relação a sua conduta, as medidas educativas ligadas a esta temática ainda são pouco exploradas. Observou-se ainda que diariamente lacres e tampinhas plásticas são encontrados nas margens de ruas e em demais locais impróprios. Ou seja, apesar da Educação Ambiental ter garantia desde o ano de 1990 com a criação do Programa Nacional de Educação Ambiental e com a Lei 9.795/99, na prática esta ainda possui déficit.

Em contexto nacional, campanhas como esta já possuem resultados mais significativos. Ressalta-se que apesar da dificuldade de executar projetos bem sucedidos abordando a temática em questão, no estado de Rondônia, há inúmeras iniciativas focadas em desenvolver ações educativas que visam mitigar impactos ambientais.

Além disso, tudo o que se têm atingido até o momento se deve à adesão da população e ao grande número de parceiros, por meio dos quais foram coletados 38 kg de lacres e 118 kg de tampinhas. Os resultados se mostram satisfatórios, pois com os dados obtidos a partir da campanha, pode-se perceber que uma parcela da população de Ji-Paraná está se sensibilizando e deixando de descartar, de forma indevida o montante de 156 kg de materiais recicláveis.

Dessa forma, a Educação Ambiental se mostra uma importante ferramenta para tornar palpável a reciclagem, que acontece com práticas cotidianas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KREMER, J. **Caminhando rumo ao consumo sustentável: uma investigação sobre a teoria declarada e as práticas das empresas no Brasil e no Reino Unido**. PPG em Ciências Sociais, PUCSP. São Paulo, 2007.
- [2] SENADO FEDERAL. **Agência de Notícias do Senado, Matérias/Comissões**. Senado Notícias. Disponível em <http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2014/04/23/sem-vontade-politica-brasil-recicla- apenas-3-do-lixo-urbano>, [acesso 01 de set 2019].
- [3] CEMPRES. **Compromisso Empresarial para Reciclagem**. CEMPRES. Disponível em www.cempre.org.br, [acesso 01 de set 2019].
- [4] LEITE, P. R. **Logística Reversa - Meio Ambiente e Competitividade**. In: PRENTICE HALL. São Paulo. p. 246, 2003.
- [5] ABIPETb. **Panorama da Indústria do PET no Brasil: mercado, perspectivas, reciclagem**. Plástico Brasil. Disponível em www.abipet.org.br, [acesso 01 de set 2019].
- [6] ABIPETc. **Panorama da Indústria do PET no Brasil: mercado, perspectivas, reciclagem**. Plástico Brasil. Disponível em www.abipet.org.br, [acesso 01 de set 2019].
- [7] CEMPRES. **Enfardamento e revalorização de sucatas de PET Manual Reciclagem & Negócios – PET**. São Paulo, 2005.
- [8] CEMPRES. **Latas de Alumínio – 2016**. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/5/latas-de-aluminio>, [acesso 01 de set 2019].
- [9] ABRALATAS, Associação Brasileira de Fabricantes de Latas de Alumínio. **Brasil reciclou quase 300 mil toneladas de latas de alumínio**. Brasília/DF 2018. Disponível em: <http://www.abralatas.org.br/brasil-reciclou-quase-300-mil-toneladas-de-latas-de-aluminio>, [acesso 15 de dez 2018].
- [10] DIAS, G.F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. São Paulo, Gaia, 1992.
- [11] BRASIL. Constituição Federal.225. ed. São Paulo: Saraiva, 1999.BRASIL. Congresso. Conselho Nacional de Meio Ambiente e o Conselho Nacional de Educação. Resolução no 20, de 1999. Coleção de Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v. 183, p. 1156-1157, abr. 1999.
- [12] AMÂNCIO, C.O; Porque da educação ambiental?. Embrapa Pantanal, ADM-Artigo de Divulgação na Mídia, v.1, n.83, p. 1-3, 2005.
- [13] MIRANDA, G. **Mutirão de limpeza recolhe lixos deixados nas margens do Rio Machado em Ji-Paraná, RO**. G1.Disponível em <<https://g1.globo.com/ro/ji-parana-regiao-central/noticia/2018/08/25/mutirao-de-limpeza-recolhe-lixos-deixados-nas-margens-do-rio-machado-em-ji-parana-ro. ghtml>>, [acesso 21 de ago 2019].
- [14] BOEHM, B. **Brasil perde R\$ 5,7 bilhões por ano ao não reciclar resíduos plásticos**.

AGENCIA BRASIL. Disponível em <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-06/brasil-perde-r-57-bilhoes-por-ano-ao-nao-reciclar-residuos-plasticos>, [acesso 07 ago 2019].

[15] ROSA, G. R; e KAMIMURA, Q. P. **O poder das redes sociais: uma nova abordagem.** Scholar. Disponível em <http://www.scholar.google.com.br>, [acesso 23 de ago 2019].

[16] SEMEIA. Secretaria municipal de meio ambiente. **SEMEIA apoia a campanha dos lacres e tampinhas plásticas.** Disponível em: < <http://semeiajp.sedam.ro.gov.br/> > [acesso 07 ago 2019].

[17] CARVALHO. B. Campanha de reciclagem para angariar recursos para alunos da APAE de Ji-Paraná. Conexão Amazônia, Maio de 2019, Ji-Paraná. Disponível em: < <https://conexaoamazonia.com.br/6119/campanha-de-reciclagem-para-angariar-recursos-para-alunos-da-apae-de-ji-parana.htm> > [acesso 01 de set 2019].

CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA PRELIMINAR EM CORPOS D'ÁGUA DA CIDADE DE JI-PARANÁ/RO

PRELIMINARY LIMNOLOGICAL CHARACTERIZATION IN WATER BODIES OF JI- PARANÁ / RO CITY

Rafaela Aparecida Trindade¹, Daíse da Silva Lopes¹, Dara da Cunha Oliveira¹, Caroline Horana Luiz Pinheiro¹, Giovanna Maria Cavalcante Martins¹, Lindolaine Machado de Sousa¹, Elisabete Lourdes de Nascimento²

¹Discentes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Fundação Universidade Federal de Rondônia, *campus* de Ji-Paraná.

²Docente do Departamento de Engenharia Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná.

*Autor correspondente: e-mail: rafaelaatrindade1@gmail.com

RESUMO

Sendo a água um recurso imprescindível à manutenção da vida, utiliza-se instrumentos de gestão para diminuir e mitigar os impactos gerados pelo crescimento urbano desordenado em torno das bacias hidrográficas. A determinação do estado trófico de um corpo hídrico também é fundamental para obtenção de informações a respeito do ambiente aquático. Este estudo tem por objetivo avaliar a qualidade da água e o grau de antropização do igarapé Pintado, comparando-os com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Os parâmetros físico-químicos analisados foram turbidez, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica. Os nutrientes analisados foram nitrito, fósforo dissolvido e total. Quantificou-se também coliformes totais e fecais e o Índice de Estado Trófico foi analisado o Estado Trófico para Fósforo. Dentre os igarapés o mais crítico em relação as análises foi o Pintado, com uma concentração de OD 10,89 mg.L⁻¹, Nitrito 1,27 mg.L⁻¹ e 44,000 UFC/100 mL de *E.Colli*, bem como, o grau de trofia, classificado como mesotrófico para o período chuvoso-seco.

Palavras – chave: recursos hídricos, Estado Trófico, qualidade da água.

ABSTRACT

Since water is an indispensable resource for maintaining life, management tools are used to reduce and mitigate the impacts generated by disorderly urban growth around watersheds. Determining the trophic state of a water body is also crucial for obtaining information about the aquatic environment. This study aims to evaluate the water quality and the degree of anthropization of the Pintado stream, comparing them with the standards established by CONAMA Resolution 357/2005. The physicochemical parameters analyzed were turbidity, temperature, pH, dissolved oxygen and electrical conductivity. The analyzed nutrients were nitrite, dissolved and total phosphorus. Total and fecal coliforms were also quantified and the Trophic State Index was analyzed for Phosphorus Trophic State. Among the streams the most critical in relation to the analyzes was the Pintado, with a concentration of OD 10.89 mg.L⁻¹, Nitrite 1.27 mg.L⁻¹ and 44,000 CFU / 100 mL of *E.Colli*, as well as , the degree of trophic, classified as mesotrophic for the rainy-dry season.

Keywords: water resources, trophic state, water quality.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de suma importância para existência de todo o tipo de vida no planeta, qual possui ampla utilização pelo homem, desde uso doméstico, atendendo às necessidades básicas e participando da maior parte da constituição do ser humano, até a utilização na agricultura, pecuária, recreação e geração de energia elétrica [1].

O desenvolvimento socioeconômico e o crescimento demográfico, visto nos últimos anos, foram proporcionais ao aumento na demanda de águas [2]. A ocupação aos redores dos corpos hídricos, o crescimento espacial desordenado e acelerado, seguido da infraestrutura inadequada em torno de rios, córregos e riachos, promoveu uma significativa perda da vegetação marginal, a qual protege o curso d'água, e, conseqüentemente, a perda substancial da sua qualidade [3].

À medida que a urbanização e a industrialização crescem, juntamente, cresce a contaminação das águas, e tal fato pode ocorrer devido deficiência na coleta e tratamento de esgoto [4]. Além disso, a intervenção antropogênica nos ambientes lóticos, perto de áreas urbanas pode ser um fator importante que afeta a biota do rio, [5].

O monitoramento das águas superficiais destaca-se como um importante instrumento de gestão, independentemente do tamanho da bacia, possibilitando a tomada de decisões por parte dos órgãos ambientais [6]. Contudo é possível e fundamental avaliar a influência direta sobre a qualidade de vida da população, ou seja, a adequação para contato humano [7].

A determinação do estado trófico de um corpo hídrico também é fundamental para obtenção de informações a respeito do ambiente aquático, uma vez que, possibilita a classificação das águas em classes tróficas. Sendo a maior parte das vezes dada a conclusão da necessidade de acompanhamento do lançamento de esgoto doméstico, de maneira que se obtenha maior precisão [8].

A água utilizada para o abastecimento humano deve ser condizente aos padrões estabelecidos para qualidade, os quais apresentam quantidades limites de algumas variáveis. Sua determinação objetiva-se de criar parâmetros que orientem e assegurem a qualidade de água dentro dos valores aceitos [9]. Para enquadramento e classificação dos corpos d'água tem-se como ferramenta de gestão a Resolução do Conselho Nacional do meio Ambiente CONAMA n° 357/05 [10]. No qual, define a qualidade das águas superficiais e seus níveis.

A cidade de Ji-Paraná não é atendida por rede coletora de esgoto, resultado da infraestrutura urbana e rural, e que atualmente reflete nos municípios, com isso, a população encontrou alternativas, lançando suas águas residuais em sistemas rústicos e impróprios, que acabam sendo lançadas indiscriminadamente nos corpos hídricos existentes, comprometendo a qualidade das águas para usos variados. É importante destacar o risco de doenças de transmissão hídrica em decorrência de sua contaminação por excretas humanas ou de outros animais e procriação de vetores [11].

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água e o grau de eutrofização dos igarapés Pintado e Mangueira, como também do rio Urupá, pontos localizados no município de Ji-Paraná/RO, e comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 [10].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Ji-Paraná está localizado ao leste do estado de Rondônia entre as coordenadas 10°53' 07" S e 61° 57' 06" W, com uma distância de 377,3 km da capital Porto Velho, apresenta uma população de 116.610 habitantes e densidade demográfica de 16,91 hab./km² [12]. O clima da região é caracterizado conforme Koppen [13] como tropical quente e úmido com temperatura média anual de 24.5 °C máxima de 34 °C mínima de 17 °C [14].

O estudo foi realizado em cinco pontos amostrais, todos inclusos na Macrobacia do Rio Machado, inseridos dentro do perímetro urbano de Ji-Paraná, denominados igarapé Pintado, Igarapé Mangueira, Igarapé Dois de Abril, Rio Urupá e Rio Machado (Figura 1).

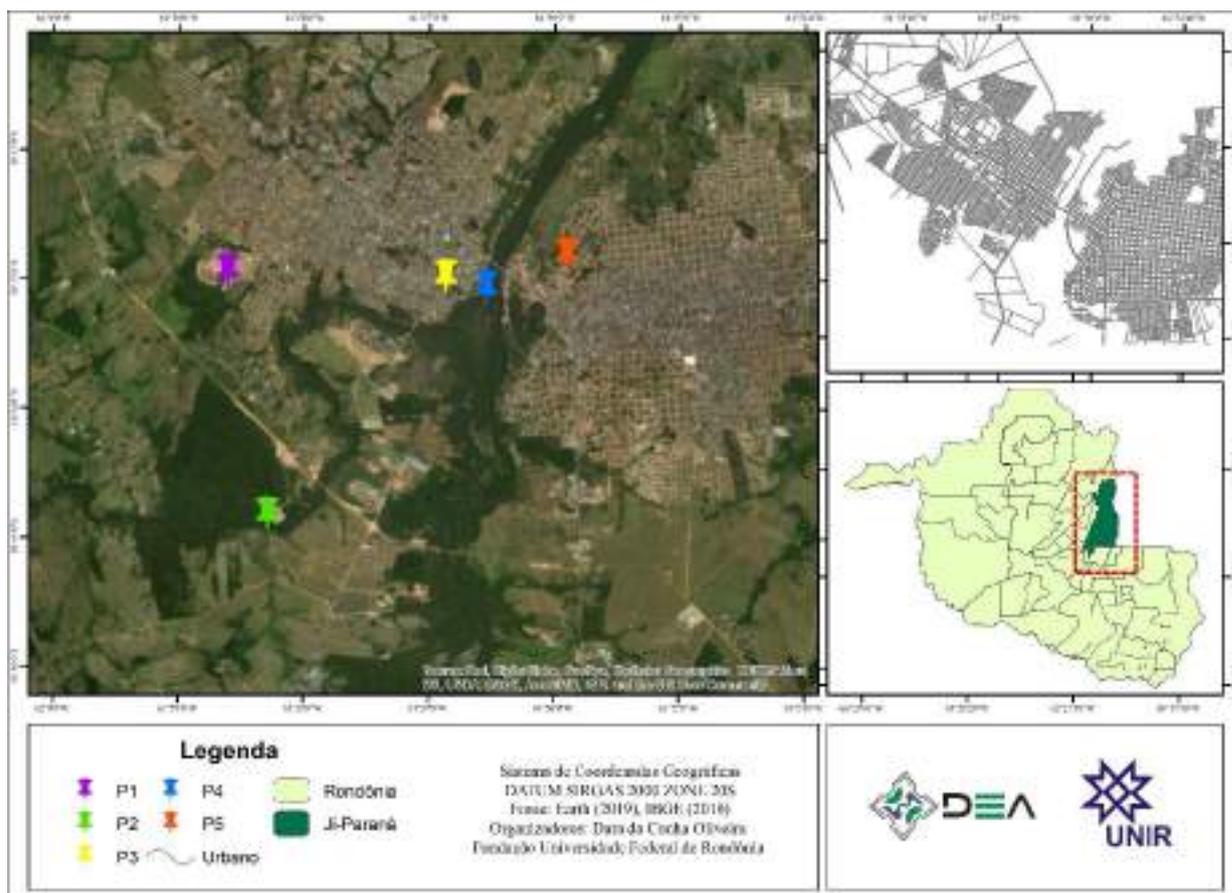


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta 1, 2, 3, 4 e 5 (Igarapé Mangueira, Rio Urupá, Igarapé 2 de Abril, Rio Machado e Igarapé Pintado, respectivamente) do município de Ji-Paraná/RO.

No Igarapé Pintado, foi possível observar pouca vegetação ao entorno das margens, sendo a encontrada rasteira. O Igarapé Mangueira, encontra-se parcialmente em área urbana, contendo além de residências, pisciculturas ao seu entorno, no entanto, sua nascente e foz dispõe de vegetação ciliar, que possibilita o corpo hídrico ter características naturais. O Igarapé Dois de Abril, encontra-se inserido diretamente em área urbana, sendo seu curso d'água canalizado até a foz. O ponto de coleta do Rio Urupá encontra-se em área urbanizada, com presença de mata ciliar, sendo o Rio enquadrado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 como Classe II, com disponibilidade ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional. O ponto de coleta no Rio Machado, está inserido em uma região urbanizada, sendo utilizado por pequenas embarcações.

2.2 AMOSTRAGEM

A coleta foi realizada no mês de maio, período de transição chuvoso-seco [15]. Para as análises laboratoriais foram coletadas alíquotas em garrafa de água mineral de 500 mL, no qual foi aberto no ato da coleta, a fim de manter a integridade da amostra. Foram mantidas refrigeradas até serem analisados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM, da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus Ji-Paraná.

Os parâmetros físico-químicos realizados foram: temperatura (T °C), condutividade elétrica (CE) com o auxílio da sonda multiparâmetro YSI - EC 300 e o potencial hidrogeniônico (pH) por meio da sonda AKSO modelo AK88 determinados em campo. A turbidez (UNT) pelo turbidímetro de bancada HACH, modelo 2100P. E oxigênio dissolvido (OD) realizada por meio do método de titulometria de Winkler (1969) conforme descrito em [16] realizados em laboratório.

Foram realizados também em laboratório os nutrientes: nitrito ($N^-NO^2^-$), fósforo dissolvido (PO_4^{3-}) e fósforo total (PT), conforme o método de espectrofotometria de acordo com as técnicas e práticas descrito em [17]. E variáveis microbiológicas, coliformes fecais e totais conforme o método de membrana filtrante em meio cromogênico [17].

2.3 DADOS QUALITATIVOS

Para o Índice de Estado Trófico foi analisado o Estado Trófico para Fósforo - IET (PT) estabelecidos para ambientes lóticos (ALVES et al., 2012) conforme a equação:

$$IET (PT) = 10x (6 - ((0,42 - 0,36x(\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

Onde:

PT = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu g. L^{-1}$;

ln = logaritmo natural.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adiante, tem-se a tabela 1 qual serve de comparativo entre dados de turbidez, temperatura e condutividade elétrica. Quanto ao parâmetro temperatura não se encontra na legislação um padrão a ser seguido, por ser uma característica que varia de acordo com a região. Para os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 (Igarapé Mangueira, Rio Urupá, Igarapé 2 de Abril, Rio Machado e Igarapé Pintado, respectivamente) a temperatura dos pontos variou de 24,7°C, para

ponto 2, a 30,4°C, valor obtido no ponto 4, podendo, as maiores temperaturas, serem explicadas devido à falta de vegetação do entorno e o horário em que a coleta fora realizada.

[18] analisou a suscetibilidade à inundação do Igarapé Pintado constatando que o mesmo apresenta, em toda a sua extensão, deslizamento de margens e aporte de material particulado devido ao assoreamento causado pela retirada da mata ciliar de seu leito. De acordo com o Novo Código Florestal (2012) [19], deve-se considerar Áreas de Preservação Permanente (APP), todas as margens de cursos d'água no Brasil. Constatou-se também acúmulo de detritos não orgânicos de lixo humano, provenientes do carreamento das águas ou diretamente dispostos pela população local, na qual reside a cerca de 30 metros do ponto de coleta. Observou-se também, quanto a detritos orgânicos, acúmulo de restos de alimentos e vegetação morta.

Tabela 1 - Parâmetros químicos da qualidade de água dos pontos 1, 2, 3, 4 e 5 (Igarapé Mangueira, Rio Urupá, Igarapé 2 de Abril, Rio Machado e Igarapé Pintado, respectivamente) do município de Ji-Paraná/RO

| Pontos | Turbidez (UNT) | Temperatura (°C) | Condutividade Elétrica (us/cm) |
|-----------------------|----------------|------------------|--------------------------------|
| Igarapé Pintado | 7 | 30,4 | 361 |
| Igarapé Mangueira | 27,0 | 29,5 | 324 |
| Igarapé Dois de Abril | 29 | 26,7 | 131,5 |
| Rio Urupá | 32,7 | 24,7 | 57,8 |
| Rio Machado | 30,5 | 25,4 | 48,2 |
| CONAMA 357/2005 | Nº 100 | - | - |

Nota: UNT = Unidade Nefelométrica de Turbidez.

Condutividade elétrica é caracterizada pela capacidade da água de conduzir corrente elétrica pelos seus íons [20]. Para a variável C.E. (Tabela 1), os maiores valores obtidos foram dos pontos 5 e 1, com 361 e 324 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, onde é possível haver influência pelo ao alto teor orgânico resultante do despejo de efluentes. Para [21] as águas naturais apresentam CE entre

10 a 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e em ambientes poluídos este valor pode chegar a 1000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. A CE representa medidas indiretas de concentração de efluentes, assim valores maiores que 100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados [22].

Conforme [23] a cor clara, na qual é considerada pobre em minerais com pouca carga de sedimentos decorrente da formação geológica antiga da bacia de drenagem.

A turbidez (Tabela 1) pode ser apontada pela presença de materiais sólidos em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas e inorgânica, organismo microscópicos e outras partículas. A claridade de um corpo d'água natural é um dos principais indicadores de sua condição e produtividade. Para esta pesquisa teve-se resultados de turbidez valores que se enquadram nas normas, de acordo com CONAMA.

O oxigênio dissolvido, qual valores se encontram na Tabela 2, é considerado como indicador de vida aquática [24]. Com base no valor obtido, verificou-se que o ponto 5 apresentou elevada concentração de oxigênio dissolvido, com 10,89 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, estando o pontos 3 e 2 com valores consideravelmente próximos, 7,49 e 7,3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Possivelmente que tais valores possam ser explicados devido a maior concentração ser no epilímnio, resultante no aumento da atividade fotossintética, aeração superficial, alta penetração de luz e se tratando também do período analisado.

O pH é um indicador de condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Os ecossistemas aquáticos naturais são influenciados pelo pH devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies [25]. Diante aos dados (tabela 2), da presente pesquisa, obtiveram-se valores dentro do que preconiza a CONAMA em todos os pontos, podendo dizer que ambos se caracterizam como alcalino. [26] também encontrou valor aproximado demonstrando valores alcalinos para esse período.

Tabela 2 - Valores obtidos para variáveis físicas da qualidade da água dos pontos 1, 2, 3, 4 e 5 (Igarapé Mangueira, Rio Urupá, Igarapé 2 de Abril, Rio Machado e Igarapé Pintado, respectivamente) no período de transição no município de Ji-Paraná/RO

| Pontos | O.D. ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | pH | N-NO ²⁻ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | PT ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | PO ⁴ ₃ . ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) |
|-------------------|---|------|---|---|---|
| Igarapé Pintado | 10,89 | 7,49 | 1,27 | 0,035 | 0,026 |
| Igarapé Mangueira | 3,6 | 7,5 | 0,049 | 0,124 | 0,026 |

| | | | | | |
|-----------------------|---------|------------|--------|-------|-------|
| Igarapé Dois de Abril | 7,49 | 7,3 | 0,087 | 0,749 | 0,06 |
| Rio Urupá | 7,3 | 7,72 | 0,011 | 0,042 | 0,027 |
| Rio Machado | 2,9 | 7,63 | 0,006 | 0,023 | 0,006 |
| CONAMA 357/2005 | Nº - | 6,0 9,0 | a 1 | 0,01 | - |

Nota: OD= Oxigênio Dissolvido; pH= Potencial Hidrogeniônico; N-NO²⁻= Nitrito; PT= Fósforo Total; PO₄³⁻= Fósforo Dissolvido.

Segundo [27] a eutrofização representa o aumento da concentração de nutrientes, principalmente o fósforo e nitrogênio aos corpos hídricos, que favorecem a floração de organismos fotossintéticos, elevando a produtividade do meio e reduzindo a qualidade da água. Tanto o fósforo quanto o nitrogênio podem se tornar nutrientes limitantes aos corpos hídricos.

O nitrito, assim como outras substâncias inorgânicas, é produzido pelas bactérias anaeróbias e oxidado pelas bactérias aeróbias. A importância do nitrogênio está associada principalmente ao seu papel na formação de proteínas que, no entanto, pode ser tóxico em condições excessivas. Para nitrito a CONAMA 357/2005 admite o máximo de 1,0 mg.L⁻¹ em rios de água doce. Neste estudo, obtivemos concentração que excedeu ao permitido pela CONAMA no ponto 5 com 1,27 mg.L⁻¹ (Tabela 2). Em condições anaeróbicas encontra-se maiores valores de nitrito, sendo este o método mais comum de remoção de nitrogênio no meio aeróbio. Santos (2018) encontrou valor semelhante a essa pesquisa para o mesmo período e Igarapé, sendo 1,53 mg.L⁻¹.

O fósforo é um nutriente essencial à biota, devido especialmente, à sua função de armazenamento de energia via ATP. O fósforo orgânico dissolvido é reconhecido como uma parte significativa do fósforo. Para este não existe ainda normativa pertinente. Entretanto na zona eufótica de um ambiente aquático, os nutrientes orgânicos dissolvidos como nitrogênio e fósforo, são produzidos por diferentes mecanismos biológicos. O fósforo dissolvido é a parcela filtrada, ou seja, com partículas menores que 0,45 µm de diâmetro. Obteve-se valores de PO₄³⁻ variando de 0,006 a 0,027 mg.L⁻¹ (Tabela 2) e PT todos os pontos apresentam valores superiores a 0,01 mg.L⁻¹, porém como destaque o ponto 3, com 0,749 mg.L⁻¹. Observa-se que a fração do fósforo dissolvido é menor que a fração de fósforo total e assim possui maior

influência no meio, ou seja, uma maior carga orgânica, que pode ser detectada por meio de lançamento de efluentes ao corpo hídrico.

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios são: ultraoligotrófico ($IET \leq 47$), oligotrófico ($47 < IET \leq 52$), mesotrófico ($52 < IET \leq 59$), eutrófico ($59 < IET \leq 63$), supereutrófico ($63 < IET \leq 67$) e hipereutrófico ($IET > 67$).

O IET para fósforo total indica Igarapé Pintado, Igarapé Dois de Abril, Rio Urupá e o Rio Machado como mesotrófico (52,41; 58,91; 53,35 e 56,36 respectivamente), essas classificações revela uma produtividade primária intermediária e possíveis implicações sobre a qualidade da água (conforme os resultados apresentados pelas análises físico-químicas, nutrientes e microbiológica) no que diz respeito aos resultados correspondentes ao fósforo total e devem ser entendidos como medida do potencial de eutrofização. O Igarapé Mangueira, apresenta-se como oligotrófico (47,01), sendo caracterizado como corpos d'água limpos, com pouca produção primária, dos quais não ocorre uso indesejado da água. Tais classificações foram realizadas para o período de transição chuvoso-seco [28].

Os coliformes são indicadores de presença de microrganismos patogênicos na água. Quanto mais presente a população de coliformes em uma amostra de água, maior será a possibilidade de contaminação por organismos patogênicos. Os padrões de qualidade da água se alteram para cada tipo de uso. De acordo com a Resolução [10], os padrões de água destinada para uso de recreação de contato primário limitam-se a 1000 Unidade Formadora de Colônia (UFC) por 100 mL de água. As análises microbiológicas, realizadas nos pontos, por sua vez, consideram os mesmos inapropriados para fins recreativos. Primárias, já que as amostra de coliformes fecais e totais ultrapassaram os valores exigidos em todos os pontos (Tabela 2), desta forma caracterizando todos os pontos como inapropriados para usos recreativos. Isso pode ser explicado devido às condições sanitárias inadequadas e entrada de efluente doméstico por maior parte dos pontos.

Tabela 3 – Análises microbiológicas dos pontos 1, 2, 3, 4 e 5 (Igarapé Mangueira, Rio Urupá, Igarapé 2 de Abril, Rio Machado e Igarapé Pintado, respectivamente) do município de Ji-Paraná/RO

| Pontos | CT UFC/100mL | E. COLI UFC/100mL |
|-----------------|--------------|-------------------|
| Igarapé Pintado | 11.0000 | 44.000 |

| | | |
|-----------------------|--------|--------|
| Igarapé Mangueira | 33.000 | 10.000 |
| Igarapé Dois de Abril | | |
| Rio Urupá | 47.000 | 26.000 |
| Rio Machado | | |
| CONAMA N° 357/2005 | 1.000 | 1.000 |

Nota: CT= Coliformes Totais; UFC= Unidade Formadora de Colônia, E. COLI = *Escherichia coli*.

Valores de coliformes, tanto totais como fecais, podem estar acima do que se pede em resolução devido a coleta ser realizada em período de chuva e haver o carreamento de partículas ao corpo hídrico devido a existência de animais ao redor do mesmo, como também pode ser devido ao lançamento não regular de efluentes por ocupação ao redor. Sendo também necessário analisar as outorgas da região para lançamento de efluente, qual não consta.

4. CONCLUSÕES

Dentro os pontos analisados o que se obtém valores mais críticos, quando comparados a resolução, destaca-se o ponto do Igarapé Pintado. Porém, todos os pontos apresentam características inapropriadas para atividades de recreação.

Por se tratar de um corpo hídrico de alta vazão, qual serve de abastecimento para a população do município se faz necessário um acompanhamento ambiental composto de análises microbiológicas para o rio Urupá. Também analisar outorgas da região para lançamento de efluentes, qual podem existir devido ocupação entorno do rio.

Os parâmetros de qualidade de água avaliados individualmente colaboram para a determinação do Índice de Estado Trófico sendo classificado como mesotrófico para o período chuvoso-seco resultando em possíveis implicações sobre a qualidade da água, uma vez que, apresentou concentração de nitrito em desconformidade com a CONAMA 357/05, bem como, elevada concentração de oxigênio dissolvido, presença de microrganismos patogênicos e pH dentro do estabelecido pela legislação.

Outras análises podem ser realizadas para auxiliar em um melhor diagnóstico da qualidade da água em estudo como amônia, DBO, nitrato e principalmente clorofila a para melhor enquadramento do Índice de Estado Trófico. Há a necessidade dos pontos de amostragem entorno da microbacia serem mais significativos e a ampliação no período hidrológico para seco e chuvoso, e suas respectivas transições também podem colaborar para um melhor diagnóstico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GOUVE, H.A.C.et al. Relevância do tema água no ensino de ciências. **Monografias Ambientais**, Santa Maria, v.14, p.157-171, 2015.
- [2] FROENHER S, MARTINS RF (2008) Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigüi na Região metropolitana de Curitiba. **Química Nova** 31: 2020-2026.
- [3] BISCAINHO NETO, J.; RABELO, G.C.; FREIRE, R. Efeito da poluição hídrica devido ao escoamento superficial urbano. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidade**, Tupã, v. 3, n. 20, p. 186-202, 2015.
- [4] ALMEIDA, Karine Paz de; SANTOS, Maycom Ferreira; AMORIM, Larissa Soares Alves; ANDRADE, Caroline Simonato Silva; DORES, Eliana Freire Gaspar de Carvalho; CAIXETA, Danila Soares. Qualidade ambiental e descrição morfométrica de uma microbacia urbana da região hidrográfica do Paraguai. **Engineering and Science**. V. 8, n. 1, 2019.
- [5] MACHADO, N. G.; NASSARDEN, D. C. S.; SANTOS, F.; BOAVENTURA, I. C. G.; PERRIER, G.; SOUZA, F. S. C. et al. Chironomus larvae (Chironomidae: Diptera) as water quality indicators along an environmental gradient in a neotropical urban stream. **Revista Ambiente & Água**, v. 10 n. 2, p. 298 – 309, 2015.
- [6] FIA, R.; TADEU, U. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 267-275, 2015.
- [7] BRITO, D. C. Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água Qual2kw em grandes rios: o caso do alto e médio o Rio Araguari – AP. Dissertação de mestrado do PPGBio/UNIFAP, Macapá, 130 p., 2008.
- [8] ÁVILA, Marcelo Wangler de; HORA, Mônica de Aquino Galeano Masseur da; ÁVILA, Celso Rosa de; ALVES, Fabrício Vieira; FARIA, Matheus Marinho de; VIEIRA, Maurrem Ramom. Gestão qualitativa dos recursos hídricos. Proposta metodológica para o planejamento de uma rede de estações para monitoramento da qualidade de águas superficiais. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Muriaé. **Revista Brasileira Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 401-415, June 2016.
- [9] LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água da lagoa do Apodi, RN. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.2, p. 155-164, 2010.

[10] CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento. **Documento Oficial da União**, n° 053, p. 58-63, de 18 de março de 2005.

[11] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 212 p, 2006

[12] IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

[13] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. CPTEC, 2019.

[14] ALVARES, C.A., et al.. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, dec. 2013, Available at https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Accessed on May 21, 2019-05-21

[15] WEBLER, A. D; GOMES, J. B; AGUIAR, R. G; ANDRADE, N. L. R; AGUIAR, L. J. G. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 868 – 876, 2013.

[16] APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: American Public Health Association, ed. 20, 1998.

[17] APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Edition 19. Washington, 1995.

[18] HELBEL, Alyne Foschiani; NUNES, Marcos Leandro Alves; MARCHETTO, Margarida. Determinação de áreas sujeitas à inundação do Igarapé Pintado em Ji-Paraná – Rondônia utilizando geotecnologias e caracterização morfométrica. **VETOR - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, [S.l.], v. 24, n. 2, p. 111-126, set. 2016. ISSN 2358-3452. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/vetor/article/view/3754>>. Acesso em: 29 jun. 2019.

[19] BRASIL. **Lei n° 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Casa Civil, Brasília, 2012.

[20] ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

[21] VON SPERLING, M. Estudos de modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: UFMG. Vol. 7. 452 p, 2007.

[22] CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2014.

[23] SIOLI, H. **A água na Amazônia**. Forsh. **Progresso**, v.26, p. 274-280, 1950.

[24] NOZAKI, C. T. et al. Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. **Atas de saúde ambiental**, São Paulo, v.2, n.1, p. 29-44, 2014.

[25] ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 826 p., 2011.

[26] SANTOS, T. A. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA EM MICROBACIAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ (RO): SUBSÍDIOS AO ENQUADRAMENTO NORMATIVO**. Ji-Paraná: UNIR, 2018. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, 2018.

[27] SANDERS, R.; JICKELLS, T.; *Deep-Sea Res.* **Total organic nitruents in Drake Passage**. Science Direct, v 47, ed 6, 997-1014, 2000.

[28] CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2009.

COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COMUNS GERADOS NO INSTITUTO FEDERAL DE RONDÔNIA - CAMPUS JI-PARANÁ

GRAVIMETRIC COMPOSITION OF COMMON SOLID WASTE GENERATED AT INSTITUTE FEDERAL OF RONDÔNIA – CAMPUS JI-PARANÁ

Alyne Foschiani Helbel¹, Beatriz Faustino Lima², Élen Carolina Silva Barbosa³, Poliana Espíndola de Matos⁴, João Paulo Papaleo Costa Moreira⁵, Fernanda Dutra da Silva⁶, João Gilberto de Souza Ribeiro⁷

¹Mestranda do ProfÁgua UNIR. Analista em Geoprocessamento MPE/RO.

²Acadêmica de Ciências Biológicas – UNIR.

³ Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo – Centro Univ. São Lucas.

⁴Licenciada em Artes Visuais – UNIR.

⁵Mestrando do ProfÁgua – UNIR. Engenheiro Ambiental da SEDAM/RO.

⁶ Acadêmica de Engenharia Ambiental – UNIJIPA. Gestora Ambiental da SEDAM/RO;

⁷Docente do ProfÁgua – UNIR.

* Autor correspondente: e-mail: eng.alynefh@gmail.com.

RESUMO

O crescimento da população e a ascensão social das camadas menos favorecidas, são, entre outros, fatores preponderantes na geração de resíduos sólidos (RS), tendo em vista que o consumismo faz-se parâmetro de mensuração de bem-estar social. Nesse contexto, os RS são definidos como o conjunto dos produtos não aproveitados das atividades ou aqueles gerados pela natureza. Partindo-se desta premissa, é fundamental que haja um planejamento estratégico no que tange ao gerenciamento de RS, buscando implementar conceitos sustentáveis para atender ao princípio dos 5R's (repensar, recusar, reduzir, reutilizar, reciclar). Ante o exposto, esta pesquisa primordialmente teve por finalidade diagnosticar e quantificar os RS comuns, tanto orgânicos como inorgânicos gerados no IFRO *Campus* Ji-Paraná. Para tanto, foi empregado o método do “quarteamento” estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, com adaptações, para caracterizar a composição gravimétrica dos RS. Os resultados obtidos indicaram que 44,15% dos resíduos secos domiciliares gerados é composto por plástico; 47,37% papel e papelão; 1,75% de metal; 2,05% de vidro; 4,68% de outros tipos de resíduos recicláveis (isopor, borracha, tecido etc.). De posse deste diagnóstico, verificou-se que a maior parcela dos resíduos produzidos nas dependências do IFRO *Campus* Ji-Paraná poderão ser reciclados. Assim, poder-se-á contribuir para com o planejamento de ações norteadoras com vistas ao correto manejo dos RS da instituição, bem como avaliar o potencial de reutilização, reciclagem e recuperação dos resíduos gerados, de modo a facilitar e nortear uma futura implantação da coleta seletiva no *Campus*.

Palavras-chave: Lixo, quarteamento, gerenciamento de resíduos sólidos, reciclagem, meio ambiente.

ABSTRACT

Population growth and upward mobility of the disadvantaged sections, are, among others, important factors in the generation of solid waste (SW), with a view that consumerism makes up parameter measurement of social welfare. In this context, the SW are defined as not used all the products of the activities or those generated by nature. Starting from this premise, it is vital to have a strategic plan in relation to the SW management, seeking to implement sustainable concepts to meet the principle of the 3Rs (reduce, reuse, recycle). Based on the foregoing, this research primarily aims to diagnose and quantify the common SW, both organic and inorganic generated in IFRO Campus Ji-Paraná. Thus, it was used the method of "quartering" established by the NBR 10007/2004, with adaptations to characterize the gravimetric composition of SW. The results indicated that 44.15% of the dry waste generated household consists of plastic; 47.37% paper and cardboard; 1.75% of metal; 2.05% of glass; 4.68% of other types of recyclable waste (polystyrene, rubber, fabric, etc.). Armed with this diagnosis, it was found that the largest share of waste produced on the premises of IFRO Campus Ji-Paraná can be recycled. Thus, it will be able to contribute towards the planning guiding actions aimed at the appropriate handling of the SW the institution and evaluate the potential for reuse, recycling and recovery of waste generated, in order to facilitate and guide future implementation of selective collection on Campus.

Keywords: Garbage, quartering, solid waste management, recycling, environment.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o processo acelerado de urbanização aliados ao consumo irracional de recursos naturais tornaram-se a combinação ideal para o desequilíbrio ambiental, que vem se agravando.

Vive-se numa sociedade da comunicação, muito mais das máquinas, da tecnologia do que das pessoas, onde tudo que se fabrica é feito para durar pouco tempo, e assim surgir a necessidade de novos produtos, transformando o planeta em um imenso depósito de resíduos [1].

Nesse sentido, a Resolução CONAMA 404/2008 considera Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) todos aqueles provenientes de residências ou quaisquer atividades que gerem resíduos com características domiciliares, assim como os resíduos de limpeza pública urbana [2].

O surgimento de Leis como a Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007 e a Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, que dispõem sobre a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) [3-4], respectivamente, estabeleceu diretrizes e critérios para o manuseio destes resíduos. Deste modo, cabe aos municípios e empreendimentos desenvolverem métodos mais eficientes, de forma que se adequem, visando

à saúde pública e ambiental, uma vez que sua responsabilidade para tanto já era prevista na Constituição Federal de 1988.

A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos vai além do gerenciamento técnico-operacional do serviço de limpeza, envolve os aspectos institucionais, administrativos, financeiros, ambientais, sociais e técnico operacionais, capazes de orientar a organização do setor, e considera o aspecto social como parte integrante do processo [5].

Isto posto, no ambiente acadêmico, se os resíduos não forem bem gerenciados, podem ser inadequadamente conduzidos para lixões, causando poluição tanto do solo quanto dos lençóis freáticos contaminando os cursos d'água, usados para captação de água para tratamento e posterior consumo humano [6].

Portanto, tendo em vista que ações com vistas à sustentabilidade necessitam ser implantadas em qualquer estrutura organizacional a fim de manter um equilíbrio entre meio ambiente e sociedade, a gestão ambientalmente correta dos resíduos sólidos faz-se mister.

Assim, a caracterização dos RS por meio da composição gravimétrica é um instrumento norteador e preliminar para que haja a implementação da coleta seletiva e uma posterior gestão dos resíduos sólidos [7].

No Instituto Federal de Rondônia (IFRO) - *Campus Ji-Paraná*, ainda existe um grande impasse referente à correta destinação dos RS, fato de não ter havido a implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos.

Partindo-se desta premissa, é fundamental que haja um planejamento estratégico no que tange ao gerenciamento de RS sempre buscando implementar conceitos sustentáveis atendendo ao princípio dos 5R's (repensar, recusar, reduzir, reutilizar, reciclar).

Ante o exposto, esta pesquisa teve por finalidade diagnosticar e quantificar os RS comuns produzidos no IFRO Ji-Paraná, utilizando-se a composição gravimétrica para esta finalidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O IFRO *Campus Ji-Paraná* localiza-se à Rua Rio Amazonas, nº 151 – Bairro Jardim dos Migrantes, no 1º distrito do município de Ji-Paraná/RO (Figura 1), Latitude 10°52'55.41"S e Longitude 61°58'05.30"O. O Instituto Federal de Rondônia, segundo o Plano Diretor de Ji-Paraná (Lei nº 2187/2011) está localizado em área de uso Macrozona Urbana - Zona Residencial Densa.

A instituição entrou em funcionamento no mês de março de 2009 e, oferece atualmente cursos técnicos de nível médio nas áreas de Florestas, Química e Informática; Licenciatura em Química; Tecnólogo em Análise de Desenvolvimento de Sistemas e Bacharelado em Engenharia Florestal; além de cursos de EaD e presenciais de curta duração, totalizando cerca de 1.000 alunos entre as diversas modalidades de ensino.



Figura 1. Mapa de Localização do IFRO *Campus* Ji-Paraná. Fonte: Autores.

2.2 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COMUNS

A análise da composição dos resíduos produzidos é um importante passo para os estudos de redução, reutilização e reciclagem destes. O conhecimento desta característica permite a elaboração de planos para o melhor método de segregação na origem, reaproveitamento de materiais recicláveis entre outros.

A caracterização dos resíduos sólidos produzidos em cidades é o primeiro passo para a busca do manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e que tem como desafio mudar o comportamento das pessoas em relação aos mesmos: não desperdiçar, reutilizar e separar [8].

Para se proceder a esta análise, os resíduos amostrados são separados, identificados e quantificados, através da determinação de sua massa em relação à massa total da amostra [9].

Assim, o método do “quarteamento” constitui-se em um dos mais utilizados para caracterizar uma certa e determinada massa de RS gerados, além de ser possível estimar a produção destes em uma escala temporal.

Neste estudo, foi adotado o método do quarteamento, visto que apresenta vantagem porque reduz a quantidade de material a ser analisado a partir da amostra original, tentando mantê-la homogênea de forma que represente a totalidade dos resíduos produzidos na localidade.

O método de mensuração da composição gravimétrica dos RS, quarteamento, foi realizado conforme o estabelecido pela NBR 10007/2004 [10], com adaptações (não foram tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra, mas sim as quatro partes como um todo devido ao quantitativo de resíduos coletados no interstício de uma semana), tendo por objetivo caracterizar a composição gravimétrica dos RS comuns passíveis de reciclagem, tanto os orgânicos (molhados) como os inorgânicos (secos).

Considerando que a classificação quanto à origem dos resíduos sólidos gerados pelo IFRO, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), é do tipo “resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços”, para o desenvolvimento do quarteamento foram recolhidas amostras dos resíduos sólidos comuns gerados nos mais diversos setores da instituição considerados como principais pontos geradores de RS: salas de aulas/professores/setores administrativos, laboratórios, cantina, marcenaria e almoxarifado, excetuando-se os resíduos perigosos gerados nos laboratórios e eletroeletrônicos.

2.2.1 Quarteamento dos RS

Para seu desenvolvimento foi utilizada uma lona para recobrimento do solo, uma enxada, uma balança digital e, sacos plásticos para lixo resistentes a rupturas e punções.

Ainda, foram necessários Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), tais como, luvas de borracha, botas e máscaras descartáveis.

O método do “quarteamento” constitui-se em um dos mais utilizados para caracterizar uma certa e determinada massa de RS gerados, além de ser possível estimar a produção destes numa escala temporal.

Desse modo, os resíduos comuns amostrados foram recolhidos durante uma semana nos

locais considerados maiores pontos geradores. Os RS então, foram armazenados ao abrigo de umidade e calor excessivos, contando com a colaboração da equipe da empresa terceirizada responsável pela limpeza e higienização do *Campus* para se fazer a coleta.

Os resíduos secos foram estocados durante 07 dias, sendo segregados após a coleta, no próprio processo de amostragem e pesados ao final da semana. Já os RS orgânicos, que são provenientes da cantina e refeitório, foram pesados diariamente ao final do expediente do IFRO.

Após a coleta do último dia, o volume de resíduos armazenados foi separado, pesado e acondicionado em local seco para o quarteamento. O material foi espalhado sobre uma lona plástica, rompendo-se os sacos plásticos e espalhando todos os resíduos para que ficassem homogêneos. Com a enxada, foi realizado o revolvimento da massa de resíduos e efetuada a separação do volume em quatro partes (quarteamento).

Os resíduos então foram separados por categorias de acordo com o tipo de materiais (papéis, plásticos, resíduos orgânicos, metais, vidro, entre outros) e pesados para que se obtivesse a participação equivalente aproximada de cada tipo de material na composição dos resíduos comuns recolhidos pelo serviço de coleta do município.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levando-se em consideração que a instituição possui mais de 900 alunos, a quantidade de resíduos é considerável. Assim, no ambiente de ensino, se os resíduos não forem bem gerenciados, podem ser inadequadamente conduzidos para lixões, causando poluição tanto do solo quanto dos lençóis freáticos contaminando os cursos d'água, usados para captação de água para tratamento e posterior consumo humano [6].

É importante salientar que durante a realização deste estudo percebeu-se que o IFRO não possui coletores específicos de coleta seletiva para a recepção dos resíduos; ou seja, os RS não foram segregados na fonte, havendo uma completa mistura dos materiais nos recipientes. Este fato dificultou consideravelmente a catação e quantificação do material na origem.

Após a aplicação do método do “quarteamento”, em que a partir do mesmo foram feitas a caracterização da composição gravimétrica dos RS domiciliares, os RS foram separados entre orgânicos (molhados) e inorgânicos (secos).

A Figura 2 apresenta a composição gravimétrica dos resíduos sólidos do IFRO Câmpus Ji-Paraná. Com 47,09% o papel foi o material predominante na composição dos resíduos em estudo. O plástico foi o segundo tipo mais encontrado nos descartes, com 44,18% da composição total.

Em pesquisa semelhante realizada no IFRJ, verificaram que o plástico é o resíduo mais recorrente, correspondendo a 36,04% da massa de RS amostrada, diferentemente do resultado obtido no IFRO Ji-Paraná [7].

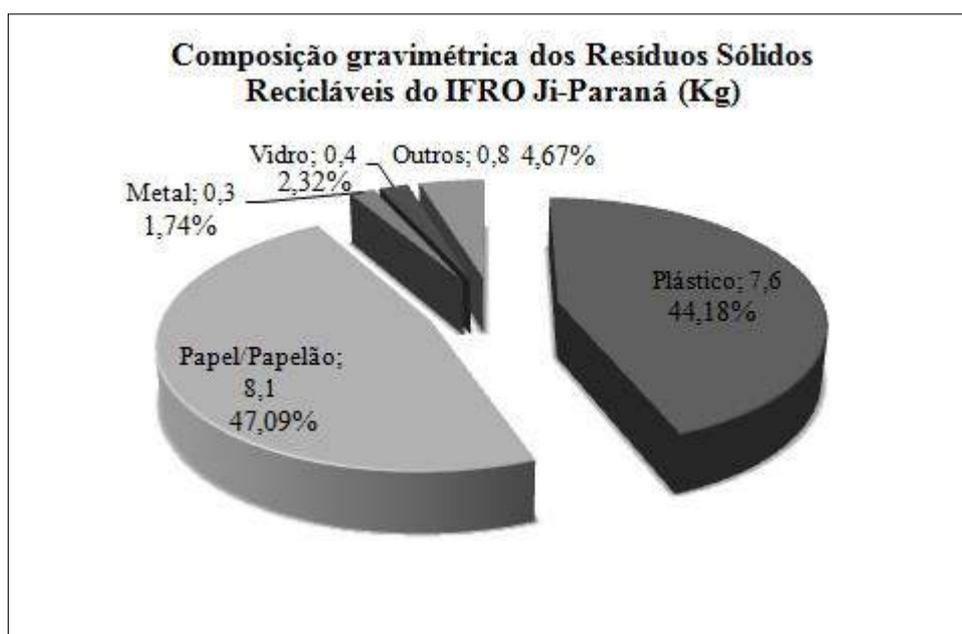


Figura 2. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos do IFRO *Campus* Ji-Paraná (kg) – amostragem por quarteamento. Fonte: Autores.

Estes resultados indicam a possibilidade de se reciclar a maior parcela dos resíduos sólidos domésticos gerado no IFRO *Campus* Ji-Paraná.

A quantidade de resíduos sólidos orgânicos produzidos na cantina é de aproximadamente 160kg/semana. Estes resíduos poderão ser reaproveitados por meio da compostagem ou na alimentação de animais existentes na comunidade do entorno do *Campus*.

4. CONCLUSÕES

A partir das análises verificou-se que a caracterização dos RS do IFRO Ji-Paraná permite auxiliar o planejamento de ações norteadoras com vistas ao correto manejo dos RS da instituição, bem como avaliar o potencial de reutilização e reciclagem dos resíduos gerados.

As quantidades e os tipos de resíduos encontrados nos pontos de produção, possibilita a geração de empregos diretos e indiretos, envolvendo a reciclagem e outros métodos que auxiliam na melhoria da saúde pública visando também o meio ambiente, que com o descarte inadequado de lixo causa sérios danos ao solo, ao lençol freático e também à atmosfera.

Além disso, tendo em vista os tipos de resíduos gerados no instituto, projetos interdisciplinares poderão ser trabalhados principalmente nos cursos de áreas correlatas ao meio ambiente, contribuindo para com o engajamento dos acadêmicos enquanto cidadãos responsáveis por ações mais sustentáveis que, por sua vez, tornam-se multiplicadores de atitudes preservacionistas e uso racional dos recursos naturais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos funcionários da empresa terceirizada responsável pela limpeza e higienização do IFRO *Campus* Ji-Paraná, por auxiliarem na coleta dos resíduos que foram utilizados para o quarteamento.

Ao Instituto Federal de Rondônia *Campus* Ji-Paraná, pelo fomento ao projeto que foi realizado.

Agradecemos pelo apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradecemos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] FRANÇA, R. G.; RUARO, E. C. R. Diagnóstico da Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos na Região da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI), Santa Catarina. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 14 n. 6, p. 2191-2197, 2009.

[2] BRASIL. Resolução CONAMA N° 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 220, p. 93-95, 17 nov. 2008. Seção 1.

[3] BRASIL. Lei Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei Nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 jan. 2007. Seção 1.

[4] BRASIL. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2008. Seção 1.

[5] MESQUITA JR, J. M. **Gestão integrada de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

[6] PEREIRA NETO, J.T. **Gerenciamento do Lixo Urbano**: aspectos técnicos e operacionais. Viçosa: UFV, 2007. 129 p.

[7] THODE FILHO, S.; et al. Um estudo sobre a composição gravimétrica dos resíduos sólidos do IFRJ Campus Duque de Caxias, RJ. **REGET**, v. 18, Ed. Especial, Mai, 2014, p. 30-35.

[8] CERQUEIRA, M. C. **Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no distrito de Tarilândia – Jarú/RO**. (Monografia) Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2011.

[9] TAVARES, J. C. L. **Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade de Maceió**. (Dissertação) Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007: amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, p. 21. 2004.

ESTADO DAS INTERAÇÕES DE ÍNDICES VEGETATIVOS COM VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS NA RESERVA BIOLÓGICA DO JARU - RONDÔNIA

STATE OF VEGETATIVE INDEX INTERACTIONS WITH MICRO-CLIMATE VARIABLES IN JARU BIOLOGICAL RESERVE - RONDÔNIA

João Carlos Silva Cardoso, ^{1*}Rita Maria Medeiros de Almeida¹, Nara Luísa Reis de Andrade²

¹Discente do Departamento de Engenharia Ambiental - UNIR.

²Docente do Departamento de Engenharia Ambiental - UNIR.

* Autor correspondente: e-mail: joaocsc219@gmail.

Resumo

A Amazônia exerce relevante papel nas trocas de massa e energia na interface biosfera-atmosfera. Os índices de vegetação gerados a partir de dados oriundos de sensores remotos constituem uma importante ferramenta para o monitoramento de alterações naturais ou antrópicas no uso e na cobertura da terra. O objetivo do presente estudo foi analisar as variações dos índices vegetativos (IVs), e suas interrelações com o microclima e evapotranspiração. O índice de área foliar (IAF) foi estimado por medidas diretas e indiretas, o índice de vegetação por diferença normalizada foi estimado por medidas indiretas e os dados micrometeorológicos e de evapotranspiração são oriundos de torre experimental pertencente ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia. Para analisar as variações mensais dos IVs e suas relações com as demais variáveis, aplicou-se estatística descritiva, testes de normalidade e de correlação. O IAF direto apresentou correlação forte, significativa e negativa com a precipitação e significativa, positiva e forte com a temperatura do ar, o IAF indireto apresentou correlação significativa, moderada e negativa com a temperatura do ar. Foram observadas interações entre os IVs e as variáveis do microclima, o que sugere uma relação entre disponibilidade hídrica e a dinâmica quantitativa de abscisão foliar pela floresta amazônica.

Palavras-Chaves: índice de área foliar, índice de vegetação da diferença normalizada, sensoriamento remoto, clima, floresta Amazônica.

Abstract

The Amazon plays an important role in mass and energy exchange at the biosphere-atmosphere interface. Vegetation indices generated from data from remote sensors are an important tool for monitoring natural or anthropogenic changes in land use and land cover. The aim of the present study was to analyze the variations of vegetative indexes (VIs), and their interrelations with microclimate and evapotranspiration. The leaf area index (LAI) was estimated by direct and indirect measurements, the normalized difference vegetation index was estimated by indirect measurements, and the micrometeorological and evapotranspiration data are derived from an experimental tower belonging to the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Program. in the Amazon. To analyze the monthly variations of the VIs and their relationships with the other variables, descriptive statistics, normality and correlation tests were applied. Direct LAI showed strong, significant and negative correlation with precipitation and significant, positive and strong correlation with air temperature, indirect LAI showed significant, moderate and negative correlation with air temperature. Interactions

between VIs and microclimate variables were observed, suggesting a relationship between water availability and the quantitative dynamics of leaf abscission in the Amazon rainforest.

Keywords: leaf area index, normalized difference vegetation index, remote sensing, climate, Amazonian forest.

1. INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica é considerada a maior floresta tropical úmida do mundo, com uma área de aproximadamente sete milhões de km², sendo desses, mais de 5 milhões de km² no território brasileiro. A floresta desse bioma exerce um importante papel nas trocas de massa e energia na interface biosfera-atmosfera, realizando um importante serviço ambiental principalmente na absorção e estocagem do carbono livre na atmosfera terrestre e no transporte de massas de umidade pelo continente [1-4].

Devido a sua fisiologia e aos processos de evapotranspiração, a floresta amazônica pode reciclar cerca de 20 a 35% da umidade disponível para a precipitação. Essa fonte de umidade reflete na ocorrência de precipitação nas regiões do sul da América do Sul [5]. Além disso, a Amazônia é também conhecida por sua rica biodiversidade, com uma extensa gama de espécies de animais e plantas que habitam o bioma. Essas espécies interagem de forma estreita com a floresta, que possui suas características climáticas bem definidas, assim como a floresta interage intimamente com os processos sazonais do ambiente. Essas interações formam um frágil e complexo equilíbrio ecossistêmico, que pode ser facilmente desconfigurado em decorrência de grandes impactos ambientais negativos, principalmente advindos de ação antrópica [6].

Esse desequilíbrio pode acarretar alterações nos principais serviços ambientais exercidos pela floresta, incluindo perda da biodiversidade, declínio na capacidade de assimilação de carbono e mudanças climáticas em escala local, regional ou global, dependendo do tipo e do grau de alteração. Deste modo, os efeitos de alterações nas condições naturais da floresta Amazônica podem ser perceptíveis, não apenas na fauna e flora local, como também nas condições de existência da biosfera como um todo, interferindo inclusive, na sociedade humana, visto a importância do fator climático em diversas atividades sociais [7-9]. Atualmente, a Amazônia é motivo de preocupação no cenário mundial em decorrência da sua forma de ocupação antrópica e pela exploração dos recursos naturais na região.

Embora ainda existam vastas áreas de floresta tropical intacta, elas estão sendo ameaçadas pela transformação contínua e redução dos habitats [10]. Fatores ambientais, incluindo geologia, topografia e qualidade do solo, fatores climáticos como a seca, e os

fatores econômicos relacionados à infraestrutura e ao desenvolvimento de estradas contribuem para o desmatamento; no entanto, as pressões populacionais e a agricultura itinerante são frequentemente os principais precursores do desmatamento [11].

O interesse científico em compreender os mecanismos naturais de interação solo-floresta-atmosfera vem crescendo conforme os impactos ambientais decorrentes do uso-ocupação também aumentam. Estudos que avaliam a mudança da cobertura de florestas tropicais e suas causas têm sido realizados em regiões tropicais [12-14].

De fato, a mensuração e análise de dados é de suma importância para uma melhor elucidação do comportamento do regime hidrológico, sua dinâmica de transporte de massa úmida ao longo do globo, bem como a forma que a vegetação em pé influencia na manutenção desses ciclos. Dessa forma será possível prever as dimensões dos impactos decorrentes de uso e ocupação desordenada no bioma amazônico, o que é necessário para dar suporte às políticas públicas de ocupação dessas regiões com densidade demográfica ainda pequena, em comparação com outras regiões do Brasil [15, 16].

Os índices de vegetação gerados a partir de dados oriundos de sensores remotos constituem uma importante ferramenta para o monitoramento de alterações naturais ou antrópicas no uso e na cobertura da terra. Estes índices têm sido usados na estimativa de diversos parâmetros da vegetação como, por exemplo, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) [17], e o índice de área foliar (IAF) [18, 21].

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) permite avaliar o vigor vegetativo dos estágios sucessionais de determinada vegetação ou cultura, bem como identificar e diferenciar áreas com algum tipo de vegetação e áreas sem cobertura vegetal. De acordo com [22], os índices de vegetação realçam o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com o vigor da vegetação verde, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade. Assim, as assinaturas espectrais permitem distinguir a variação na cobertura vegetal.

O IAF é uma variável biofísica que interage com diversos fatores, como por exemplo, radiação solar, evapotranspiração e fotossíntese florestal [23]. De modo geral, o IAF é a razão entre o somatório de área das folhas de um determinado dossel (m^2) pela área de solo ocupada por essa mesma vegetação (m^2). O mesmo pode ser estimado localmente por diferentes métodos ou por meio de sensoriamento remoto através de medidas realizadas por sensores orbitais, entre os principais sensores, estão o MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) e Thematic Mapper, a bordo dos satélites Terra/Aqua e Landsat 5, respectivamente [24, 25].

O dossel de uma floresta é sensível as condicionantes do microclima, ciclagem de nutrientes, interação com espécies (herbivoria) entre outros fatores. Dessa forma, o quantitativo de folhagem contido num determinado dossel florestal é tido como uma característica ecológica local que reflete a resultante desses fatores. Assim, o IAF aparece como uma ferramenta viável para avaliar a interação da floresta com as variáveis climáticas [26].

Isto posto, o objetivo deste trabalho é analisar os índices vegetativos por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e do Índice de Área Foliar (IAF) por diferentes métodos, em uma floresta semidecidual localizada na Reserva Biológica do Jaru (Rebio Jaru), no estado de Rondônia, e correlacioná-los com as variáveis microclimáticas, no período de agosto de 2018 a julho de 2019.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo teve como sítio experimental a Reserva Biológica do Jaru (Rebio Jaru), uma unidade de conservação de proteção integral, sob responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). A vegetação desta reserva é caracterizada por floresta tropical úmida [27].

A Rebio Jaru está localizada a leste do Estado de Rondônia (FIGURA 1), com cerca de 30,30% de sua área localiza-se no município de Ji-Paraná [28], e o restante da sua área distribuída em menores proporções em outros municípios como Vale do Anari e Machadinho D'Oeste, entre as latitudes 09°19'52" e 10°11'46"S e longitudes 61°35'40" e 61°52'48 O. A sua altitude varia entre 120 e 150 m do nível do mar [29].

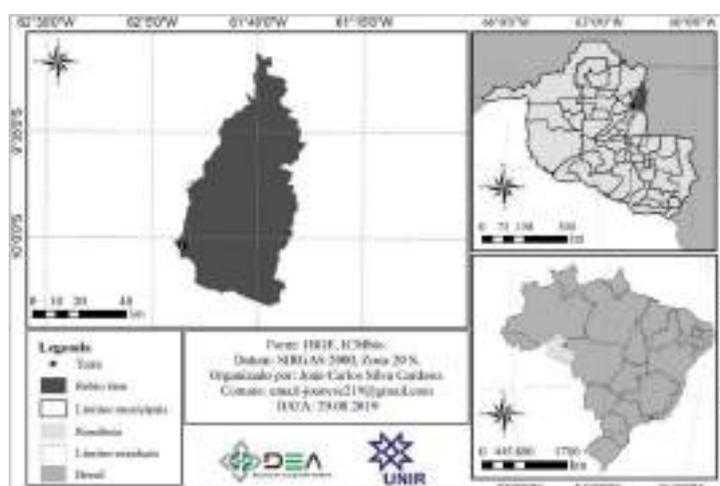


Figura 1 - Localização da Rebio Jaru - RO.

A cobertura vegetal apresenta características de terra-firme e a altura média do dossel é de aproximadamente 35 m. O tipo de solo é caracterizado predominantemente como podzólico vermelho-amarelo [30].

A temperatura média é de 25 °C, e a umidade relativa média, 82% [31]. Os picos de maiores temperaturas podem ser observados na estação seca, sendo que no mês de setembro a temperatura média do ar chega a $26,5 \pm 0,38^{\circ}\text{C}$ [32]. A Amazônia é caracterizada de modo geral por altos valores de umidade relativa do ar e precipitação, com precipitação média anual de 2100 [33].

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA

Os dados micrometeorológicos foram coletados por sensores instalados na torre micrometeorológica localizada na Rebio Jaru. A torre é pertencente ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (Programa LBA) e sua localização é dada pelas coordenadas $10^{\circ}11'11,4''\text{S}$ e $61^{\circ}52'29,9''\text{O}$.

Na torre meteorológica, entre os sensores instalados, estão o de temperatura do ar (T) e precipitação (Ppt) (TABELA 1), conectados a um sistema de aquisição de dados (Datalogger CR10X, Campbell Scientific Instrument, Utah, USA) programado para fazer uma leitura das medidas a cada 30 segundos e depois armazenar uma média a cada 30 minutos.

Tabela 1 - Descrição dos sensores micrometeorológicos instalados na Reserva Biológica do Jaru e suas respectivas alturas

| Variáveis Meteorológicas | Nome do Sensor | Altura (m) |
|--------------------------|---|------------|
| Temperatura do Ar | <u>Termohigrômetro Vaisala</u> | 62,0 |
| | HMP35A, (Helsinki, Finlândia) | |
| Precipitação | Pluviômetro Campbell Scientific (ARG-100), Barcelona, Espanha | 61,0 |

2.2 MEDIÇÕES LABORATORIAIS DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Para realizar a avaliação do estado do dossel vegetal e de sua variação mensal e interação com o microclima, foi estimado o IAF pelo método direto, por meio da produção de serapilheira (biomassa). As coletas foram realizadas aproximadamente a cada 15 dias.

Para tal, instalou-se uma parcela permanente de pesquisa medindo 100 m x 100 m no interior da Rebio Jaru, localizada a noroeste da torre micrometeorológica (FIGURA 2). A

parcela é dividida em 25 sub-parcelas, no interior das quais foram instalados coletores de serapilheira (um coletor para cada sub-parcela), medindo 0,50 m x 0,50 m cada um, de acordo com o protocolo da Rede Amazônica de Inventários Florestais - RAINFOR [34] (FIGURA 3). Os coletores são identificados com numeração de 1 a 25, sendo que nesse estudo foram utilizadas somente as amostras dos seguintes coletores: 2, 4, 5, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 24 e 25, totalizando 15 pontos selecionados por amostragem aleatória simples.

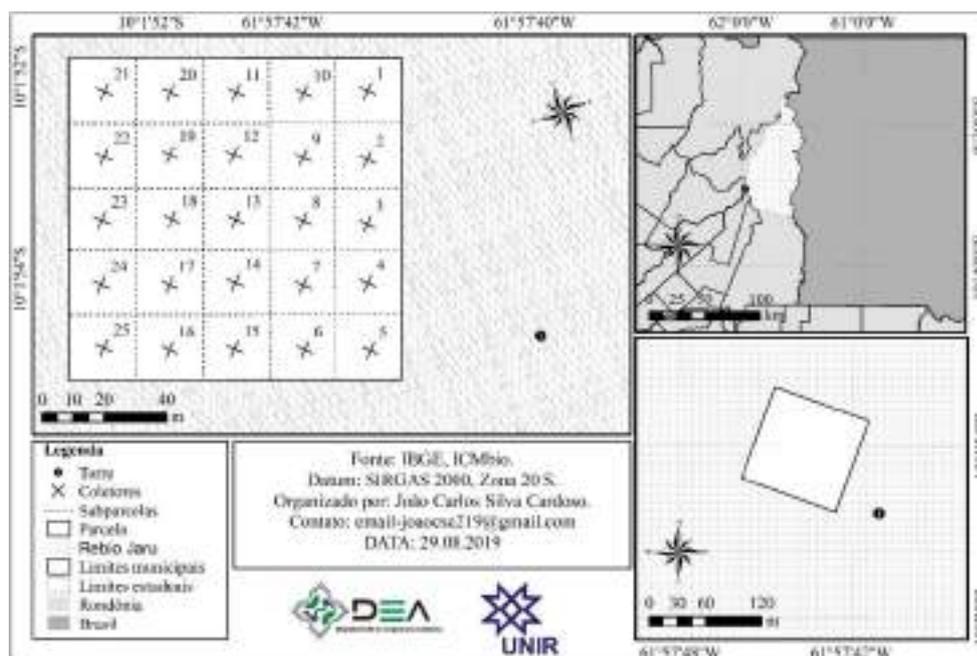


Figura 2 - Mapa de localização da parcela permanente de pesquisa e da torre micrometeorológica, na Rebio Jaru, RO e esquematização da parcela permanente com 25 coletores.

As amostras de serapilheira foram preparadas em laboratório, sendo separadas somente as folhas. As mesmas foram escaneadas em uma impressora multifuncional HP modelo J610 e projetadas em imagem digital no formato JPEG, em seguida mediu-se a área foliar (m^2) dessas amostras com o auxílio do *software* ImageJ, e por fim o IAF direto foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$IAF = \frac{Af}{Ac} \quad (1)$$

em que Af é a área foliar (m^2) obtida no ImageJ e Ac é a área do coletor (m^2). O IAF obtido pelo método direto gera um valor com dimensão em $m^2 m^{-2}$, ao contrário de outros métodos de medida de IAF que tem como resultado valores adimensionais (ex: IAF por Transmitância de radiação) (DECAGON DEVICES, 2016).



Figura 3 - Coletor de serapilheira (1) e folhas sobrepostas na tela da impressora para digitalização (2).

2.3 DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Para fins de comparação com as medidas de IAF direto, foram obtidos dados de índice de vegetação por meio de estimativa indireta, com o uso de produtos de sensoriamento remoto. Para tal, foram coletados dados referentes aos produtos que disponibilizam uma série de dados de IAF e NDVI, do ano 2002 aos dias atuais, da base de dados do produto de vegetação e ecologia provenientes de imagens espectrais do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), obtidos por meio do banco de dados fornecido gratuitamente pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) ([HTTP://modis.gsfc.nasa.gov](http://modis.gsfc.nasa.gov)). Foram utilizados os produtos MODIS MCD15A3H e MOD13Q1. O produto MCD15A3H disponibiliza IAF e fração de radiação fotossinteticamente ativa (fPAR), com resolução espacial de 0,5 m² e resolução temporal de 4 dias [35], que será descrito doravante como IAF MODIS. O produto MOD13Q1 disponibiliza dados de NDVI, tem resolução espacial de 250 m e temporal de 8 dias [36].

Para realização das análises, foram selecionados os dados de IAF e NDVI referentes ao pixel onde está localizada a torre micrometeorológica da Rebio Jaru, de acordo com as coordenadas anteriormente citadas.

2.4 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISES DOS DADOS

Os dados de IAF MODIS e NDVI passaram por uma análise baseada no controle de qualidade (QC), disponibilizado juntamente com os produtos, deste modo, os dados com QC ruim e péssimo (QC > 97) foram excluídos para evitar inconsistência nos dados.

Para verificar a normalidade dos dados, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk para os valores de IAF, NDVI e microclimáticos, onde a maioria dos dados não apresentaram

normalidade (nível de significância $\alpha \geq 0,05$). Em decorrência disso, optou-se pela utilização de método estatístico não paramétrico, teste de correlação de Spearman, sendo adotado o nível de significância de 5%.

Para uma melhor interpretação, os dados foram organizados em médias mensais, com o intuito de verificar a variação mensal dos mesmos e para a comparação entre todos os dados numa mesma escala temporal.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 COMPORTAMENTO DO IAF E DO NDVI

A Tabela 2 resume o aproveitamento dos dados de IAF e NDVI provenientes do MODIS, entre os meses de agosto de 2018 a maio de 2019. Para o IAF MODIS o aproveitamento foi de 100% nos meses de agosto e maio. No entanto ocorreu baixo aproveitamento nos meses de novembro, dezembro e janeiro. O aproveitamento dos dados de NDVI para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e abril foi de 50%, nos demais meses foi máximo.

Tabela 2 - Aproveitamento dos dados de índice de área foliar (IAF MODIS) e dos dados de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) provenientes do sensor MODIS na Rebio Jarú, entre os meses de agosto de 2018 a maio de 2019

| Aproveitamento | | |
|----------------|-----------|------|
| Mês | IAF MODIS | NDVI |
| Ago | 100% | 100% |
| Set | 37,5% | 100% |
| Out | 71,43% | 100% |
| Nov | 37,5% | 100% |
| Dez | 12,5% | 50% |
| Jan | 37,5% | 50% |
| Fev | 28,57% | 50% |
| Mar | 75% | 100% |
| Abr | 57,14% | 50% |
| Mai | 100% | 100% |

Fica evidente que nos meses de seca (menos nuvens) os dados de IAF e NDVI provenientes do sensor MODIS apresentaram melhor aproveitamento, enquanto nos meses

caracterizados como chuvosos (maior presença de nuvens na atmosfera) o aproveitamento foi menor. Isso indica ocorrência de interferências atmosféricas nos dados deste sensor.

Na Tabela 3 encontra-se a estatística descritiva do IAF direto, IAF MODIS e NDVI.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas do índice de área foliar do sensor MODIS (IAF MODIS), índice de área foliar pelo método direto (IAF direto) e do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), no período de agosto de 2018 a maio de 2019

| Estatísticas | IAF direto | IAF MODIS | NDVI |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|
| | (m ² m ⁻²) | (m ² m ⁻²) | |
| Média | 0,47 | 6,03 | 0,83 |
| Mediana | 0,34 | 6,10 | 0,85 |
| Desvio padrão | 0,42 | 0,48 | 0,07 |
| Mínimo | 0,06 | 4,90 | 0,64 |
| Máximo | 2,37 | 7,00 | 0,89 |

Os valores médios mensais do IAF, por ambos os métodos, apresentaram variações no decorrer do período estudado. O IAF obtido pelo método direto apresentou valores oscilando de 0,06 a 2,37 m² m⁻² e desvio padrão de 0,42 m² m⁻². Os valores médios mensais do IAF MODIS sofreram consideráveis variações no decorrer do período analisado, com valores de máximo, mínimo e desvio padrão de 7; 4,9 e 0,22 m² m⁻², respectivamente. Por sua vez, os dados de NDVI sofreram pouca variação, apresentou máximo, mínimo e desvio padrão de 0,89; 0,64 e 0,7 no decorrer do período estudado.

Um estudo realizado em localidades distintas na região amazônica com o produto MODIS, sendo elas, Rebio Jaru, Manaus e Tapajós, [37] encontrou IAF de $5,5 \pm 0,5$ m² m⁻², $5,5 \pm 0,7$ m² m⁻² e $4,9 \pm 0,9$ m² m⁻², respectivamente.

Na Figura 4 pode-se observar as variações em escala mensal do IAF estimado por ambas as metodologias, e do NDVI.

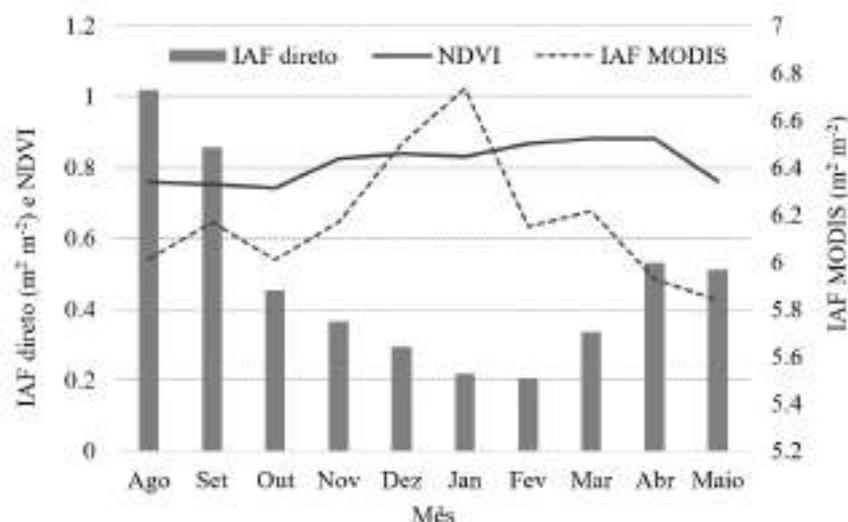


Figura 4 - Variação mensal do índice de área foliar do sensor MODIS (IAF MODIS), índice de área foliar pelo método direto (IAF direto) e do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), no período de agosto de 2018 a maio de 2019.

O IAF MODIS e o NDVI se comportaram de maneira inversa ao IAF direto. Os maiores valores de IAF MODIS ocorreram nos meses de dezembro e janeiro, meses em que o IAF direto apresentou os seus menores valores. Assim como, os menores valores do IAF MODIS foram nos meses de abril, maio, agosto, setembro e outubro meses em que o IAF direto apresentou os seus maiores valores.

Considerando o fato de que o IAF direto, analisado neste estudo, foi calculado através da área das folhas liberadas pelos indivíduos no decorrer no período estudado, os valores obtidos pelas duas metodologias utilizadas para calcular o IAF tendem a ser inversamente proporcionais, assim como o NDVI tende a ser inversamente proporcional ao IAF direto e diretamente proporcional ao IAF MODIS, uma vez que, o IAF e o NDVI estimado por sensoriamento remoto são resultantes da refletância do dossel da vegetação em diferentes bandas espectrais que dependem, principalmente, do quantitativo de folhas e das propriedades ópticas (refletâncias das folhas e galhos) [38].

Ao analisar o IAF na Rebio Jaru utilizando o produto MOD15A2, [39] constataram que o IAF foi maior no período úmido ($5,61 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) e menor no período úmido-seco ($5,32 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). Neste estudo em questão, foi utilizada uma extensa série temporal de dados (de 2004 a 2010). Os autores ainda observaram que depois de alcançar o valor máximo no período úmido, o IAF diminuiu chegando ao valor mínimo no período úmido-seco.

A dinâmica florestal da Rebio Jaru pode explicar esta ocorrência, em que, no decorrer do período de transição úmido-seco ocorre uma diminuição da precipitação, desencadeando

assim o mecanismo de intensificação da produção de novas folhas pelas plantas, a fim de controlar as perdas de água para a atmosfera, gerando a abscisão foliar [40].

3.2 COMPORTAMENTOS DAS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS E SUAS RELAÇÕES COM OS ÍNDICES VEGETATIVOS

Os dados de precipitação mensal e da temperatura do ar média mensal estão organizados na Figura 5 para melhor análise do comportamento dessas variáveis no intervalo de tempo em que elas foram estudadas.

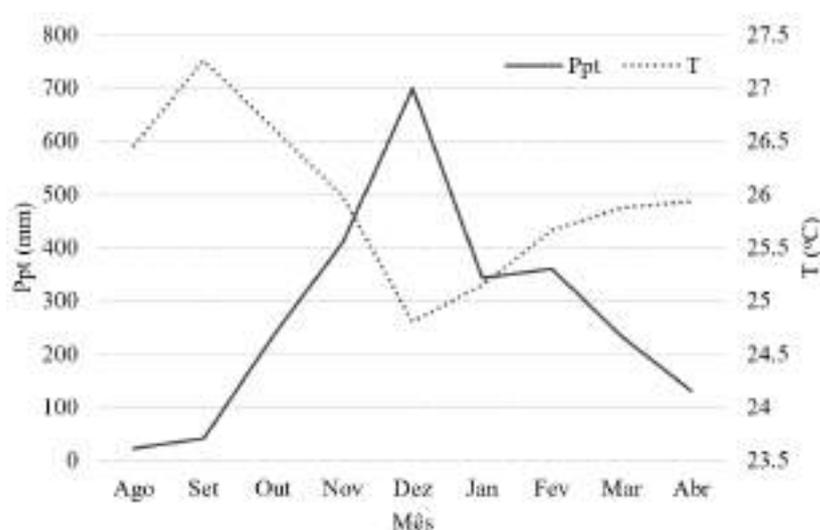


Figura 5 - Variação mensal da precipitação (Ppt) e da temperatura do ar (T), no período de agosto de 2018 a maio de 2019.

Os valores de precipitação seguiram o regime hidrológico identificado por [41] para a região do estudo, com baixa precipitação na seca, um aumento de precipitação considerável no período de transição seco-úmido, atingindo o ápice de precipitação no período úmido, seguido do decréscimo no período de transição úmido-seco. No mês de dezembro, a precipitação foi de 698,782 mm, este valor está maior do que o esperado, o erro pode estar relacionado a falhas no sensor. [42] ao estudar a precipitação desta mesma área entre os anos de 1999 a 2012 encontrou valores de precipitação em torno de 330 mm para o mês de dezembro.

A T apresentou comportamento inversamente proporcional a Ppt. Esses resultados corroboram estudos anteriores realizados com dados da Rebio Jaru, como o de [32, 43].

A Tabela 4 representa a matriz de correlação entre os índices vegetativos e as variáveis microclimáticas.

Tabela 4 - Correlação de Spearman entre os índices vegetativos IAF direto (índice de área foliar obtido pelo método direto), IAF MODIS (índice de área foliar obtido por sensoriamento remoto) e NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada); e variáveis microclimáticas precipitação pluviométrica (Ppt), temperatura do ar (T)

| | IAF direto (m ² m ⁻²) | IAF MODIS (m ² m ⁻²) | NDVI | T (°C) | Ppt (mm) |
|--|---|--|---------|-----------|-------------|
| IAF direto (m ² m ⁻²) | 1,00 | -0,57* | -0,52 | 0,82*** | -0,78** |
| IAF MODIS (m ² m ⁻²) | -0,57* | 1,00 | 0,28 | -0,58* | 0,47 |
| NDVI | -0,52 | 0,28 | 1,00 | -0,68** | 0,20 |
| T (°C) | 0,82*** | -0,58* | -0,68** | 1,00 | -0,65* |
| Ppt (mm) | -0,78** | 0,47 | 0,20 | -0,65* | 1,00 |

Nota - Dados marcados com * apresentaram p-valor $\leq 0,10$; com ** apresentaram p-valor $\leq 0,05$, e com *** apresentaram p-valor $\leq 0,01$.

Na Tabela 4, nota-se correlações significativas ($p\text{-valor} \leq 0,10$ e $p\text{-valor} \leq 0,05$) e altamente significativas ($p\text{-valor} \leq 0,01$). O IAF direto se correlacionou de forma moderada e inversamente proporcional ($r = -0,57$) com o IAF MODIS, este resultado se mostra satisfatório de acordo com a análise da Figura 4 anteriormente discutida.

O IAF direto ainda se correlacionou de forma significativa, fortemente direta com a T ($r = 0,82$), moderada e inversa com a Ppt ($r = -0,78$). Esse comportamento com a Ppt indica um maior aporte na produção de serapilheira nos períodos secos do ano, como mecanismo fisiológico da vegetação de suportar períodos de déficit hídrico no meio [44], sendo esse comportamento esperado, e se enquadra na dinâmica conhecida da vegetação.

O IAF MODIS se correlacionou de forma significativa, moderada e inversa com a T ($r = -0,58$) apenas. O NDVI sofreu correlação significativa, moderada e inversa com a T ($r = -0,68$).

As Figuras 6 e 7 demonstram a relação comportamental do IAF direto e do IAF MODIS com a Ppt no decorrer do período de pesquisa.

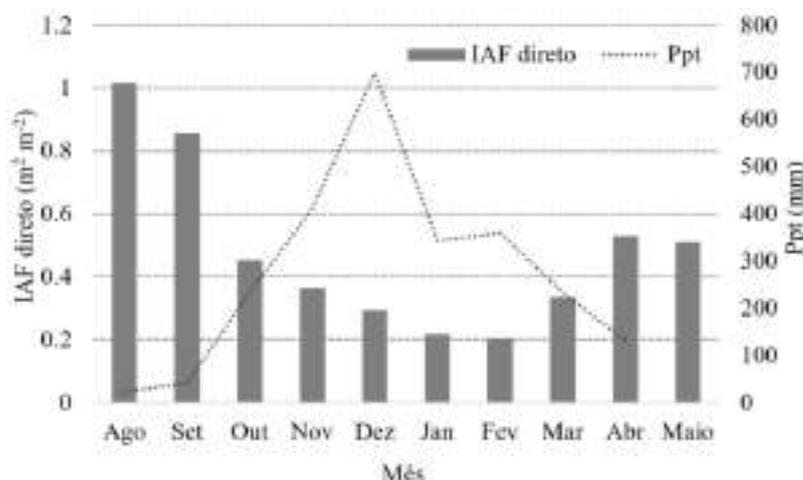


Figura 6 - Variação mensal do índice de área foliar direto (IAF direto) e da precipitação (Ppt), no período estudado.

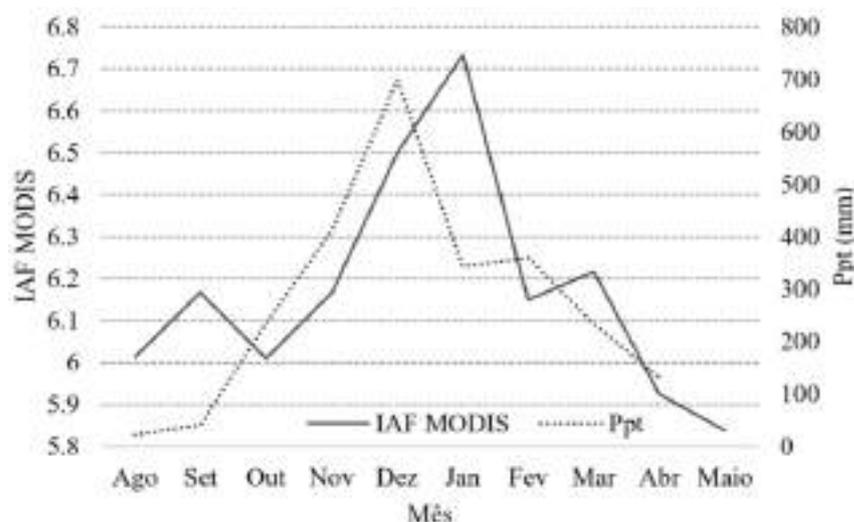


Figura 7 - Variação mensal do índice de área foliar obtido por sensoriamento remoto (IAF MODIS) e da precipitação (Ppt), no período estudado.

Conforme observado, o IAF direto se relacionou fortemente com a precipitação, evidenciando uma relação inversa, uma vez que o estresse hídrico leva os indivíduos ao fechamento dos estômatos, abscisão das folhas e em casos extremos pode levar a morte [45].

Na Figura 7 ficou nítido o *delay* do IAF MODIS em relação com a Ppt. A medida em que a curva da precipitação se ascende a do IAF MODES acompanha, o mesmo ocorre quando a curva da Ppt tende a decair. Mais uma vez o IAF sofreu variações na medida em que a Ppt oscilou no decorrer dos meses, isso demonstra que a cobertura vegetal apresenta estreita ligação com o microclima.

4. CONCLUSÃO

Nas análises realizadas no presente trabalho, foi possível identificar relações entre o índice de área foliar estimado pelo medidas diretas em campo e indiretas por meio de sensoriamento remoto, bem como sua relação com o NDVI. Foi notória também a relação dos índices vegetativos com o microclima, mesmo com uma série curta de dados.

As relações identificadas entre o índice de área foliar e a precipitação pluviométrica indicam que existe uma relação um tanto quanto estreita entre o dossel vegetativo e o microclima. Esse resultado sugere uma forte influência das chuvas e, conseqüentemente, da disponibilidade hídrica, na dinâmica quantitativa de liberação de folhas pela floresta amazônica. Esse fato permite supor uma fragilidade do bioma amazônico ao estresse hídrico, ao contrário de outros biomas mais adaptados a períodos maiores de seca.

Vale destacar a viabilidade desta linha de pesquisa para melhor compreensão dos mecanismos naturais e para prevenção de perturbações no bioma amazônico que possam vir a causar efeitos negativos a fauna, flora e ao meio antrópico.

Para uma próxima pesquisa, recomenda-se a utilização de uma série histórica de dados maior a fim de se obter médias mais representativas.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida, ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) pelos suportes nas coletas em campo e pelo fornecimento de dados climatológicos. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelo suporte na logística de campo. Ao Grupo de Pesquisa Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia.

6. REFERÊNCIAS

- [1] FUENTES, J.D; CHAMECKI, M. Linking meteorology, turbulence, and air chemistry in the Amazon rain forest. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 97, n.12, p. 2329-2342, 2016.
- [2] JARDINE, K.J. et al. Within-canopy sesquiterpene ozonolysis in amazonia. **Journal of Geophysical Research**, v. 116, n.16, 2011.
- [3] JARDINE, A.B. et al. Highly reactive lightdependent monoterpenes in the Amazon. **Geophysical Research Letters**, v. 42, n.5, p. 1576-1583, 2015.
- [4] ROCHA, H.R. et al. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern Amazonia. **Ecological applications**, v. 14, n.4, 522-532, 2004.
- [5] ROCHA, V.M; SILVA, C.F; MORELLI, F.P. Reciclagem de precipitação na amazônia: um estudo de revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n.1, p. 59-70, 2015.
- [6] ALBAGLI, S. Amazônia: fronteira geopolítica da biodiversidade. **Parcerias estratégicas**, v. 6, n.12, 5-19, 2010.
- [7] COMBES, J.L. et al. Public spending, credit and natural capital: does access to capital foster deforestation? **Modelagem Econômica**, v. 73, p. 306-316, 2018.
- [8] LE QUERE, C. et al. Global Carbon Budget 2016. **Earth System Science Data**, v. 8, p. 605-649, 2016.
- [9] TRUMBORE, S; BRANDO, P; HARTMANN, H. Forest health and global change. **Science**, v. 349, n.6250, p. 814-818, 2015.

- [10] LEWIS, S.L; EDWARDS, D.P; GALBRAITH, D. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, v. 349, n.6250, p. 827-832, 2015.
- [11] ARMENTERAS, D. et al. National and regional determinants of tropical deforestation in Colombia. **Regional Environmental Change**, v. 13, n.6, p. 1181-1193, 2013.
- [12] GRINAND, C. et al. Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier. **Remote Sensing of Environment**, v. 139, p. 68-80, 2013.
- [13] KIM, D.H; SEXTON, J.O; TOWNSHEND, J.R. Accelerated deforestation in the humid tropics from the 1990s to the 2000s. **Geophysical Research Letters**, v. 42, n.9, p. 3495-3501, 2015.
- [14] MARGONO, B.A. et al. Mapping and monitoring deforestation and forest degradation in Sumatra (Indonesia) using Landsat time series data sets from 1990 to 2010. **Environmental Research Letters**, v. 7, p. 3-19, 2012.
- [15] FISCH, G; MARENGO, J.A; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 28, n.2, p. 101-101, 1998.
- [16] SALATI, E; VOSE, P.B. Amazon basin: a system in equilibrium. **Science**, v. 225, n.4658, p. 129-138, 1984.
- [17] TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n.2, p. 127-150, 1979.
- [18] HOLBEN, B.N; TUCKER, C.J; FAN, C.J. Spectral assessment of soybean leaf area and leaf biomass. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 46, n.5, p. 651-656, 1980.
- [19] BARET, F; GUYOT, G. Potential and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n.2, p. 161-173, 1991.
- [20] MENDONÇA, R.R. **Dinâmica da vegetação através do índice de vegetação e sua relação com variáveis meteorológicas no município de Ingá-PB.** (Dissertação) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2019.
- [21] RODRIGUES, E.L; FERNANDES, D.H.F; ELMIRO, A.T; FARIAS, S.D. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do Vale do Rio Itapeçerica, Alto São Francisco, em Minas Gerais. In: **XVI16º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2013
- [22] EPIPHANIO, J.C.N. et al. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n.6, p. 445-454, 1996.
- [23] GALVANI, E; LIMA, N.G.B. Fotografias hemisféricas em estudos microclimáticos: referencial teóricoconceitual e aplicações. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 215-221, 2014.

- [24] ASNER, G.P; SCURLOCK, J.M.O; HICKE, J.A. Global synthesis of leaf area index observations: implications for ecological and remote sensing studies. **Global Ecology and Biogeography**, v. 12, n.3, p. 191-205, 2003.
- [25] BIUDES, M.S. et al. Ground and remote sensingbased measurements of leaf area index in a transitional forest and seasonal flooded forest in Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n.6, p. 1181-1193, 2014.
- [26] WANG, Q. et al. On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site. **Remote sensing of environment**, v. 94, n.2, p. 244-255, 2005.
- [27] MICHILES, A.A.S. **Taxas de Armazenamento Térmico na Biomassa e Balanço de Energia em Superfície para Áreas de Floresta de Terra Firme na Amazônia.** (Tese) Doutorado em Meteorologia-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.
- [28] VIEIRA, V.R. **Geotecnologias aplicadas à estruturação de um sistema de informação geográfica da olericultura, Ji-Paraná-RO.** (Monografia) Bacharel em Engenharia Ambiental - Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2013.
- [29] CULF. In: JHC. GASH, J.H.C; NOBRE, C.N.; ROBERTS, J.M; VICTORIA, R.M, Editors, **Amazonian Deforestation and Climate**, Wiley, Nedlands, W.A. ISBN 0-471-96734-3. 1996.
- [30] JUÁREZ, R.I.N. et al. Control of dry season evapotranspiration over the Amazonian forest as inferred from observations at a southern Amazon forest site. **Journal of Climate**, v. 20, p. 2827- 2839, 2007.
- [31] ANDRADE, N.L.R. et al. Participação no saldo de radiação em áreas de floresta amazônica e floresta de transição Amazônia-Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n.3, p. 346-355, 2009.
- [32] GOMES, J.B. **Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais são as implicações no microclima da região?** (Trabalho de Conclusão de Curso) Bacharelado em Engenharia Ambiental - Departamento de Engenharia Ambienta, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2011.
- [33] GOMES, J.B. et al. Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais as implicações no microclima da região? **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 67-81, 2015.
- [34] PHILLIPS, O. et al. **Measuring Tropical Forest Carbon Allocation and Cycling: A RAINFOR-GEM Field Manual for Intensive Census Plots:** Manual Global ecosystems Monitoring network, 2014.
- [35] MYNENI, R.; KNYAZIKHIN, Y.; PARK, T. MCD15A3H MODIS/Terra Leaf Area Index/FPAR 4-Day L4 Global 500 m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2015.

[36] DIDAN, K. MOD13Q1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250 m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2015.

[37] RUHOFF, A.L. **Sensoriamento remoto aplicado à estimativa da evapotranspiração em biomas tropicais.** (Tese) Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

[38] ALMEIDA, T.S. **Modelagem agrometeorológica espectral para estimativa da produtividade de cafeeiros para áreas irrigadas do noroeste de Minas Gerais.** (Tese Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

[39] BARBINO, G.C. et al. Variabilidade sazonal da evapotranspiração e do índice de área foliar em uma floresta na Amazônia ocidental. In: **WORKSHOP BRASILEIRO DE MICROMETEOROLOGIA**, 2017.

[40] FERREIRA, L.S.; CATTÂNIO, J.H.; JARDIM, M.A.G. Efeito da topografia e da precipitação na florística e na produção de liteira em Caxiuanã, Pará. **Revista Árvore**, v. 39, n.6, p. 995-1005, 2015.

[41] MARENGO, J.A.; NOBRE, C. Clima da região amazônica. **Tempo e Clima no Brasil**, edited by: **Fonseca de Albuquerque Cavalcanti, I.; Ferreira, N.; Justi da Silva, M.; Faus da Silva Dias, M.** Oficina de Textos, p. 179-212, 2009.

[42] OLIVEIRA, M.A. **Caracterização da precipitação em área de floresta e pastagem no sudoeste da Amazônia.** (Trabalho de conclusão de curso) - Graduação em Bacharel em Estatística. Departamento de Matemática e Estatística, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2014.

[43] ANDRADE et al. Variabilidade sazonal e interanual do microclima em área de floresta no sudoeste da Amazônia. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 169-176, 2016.

[44] SELLE, G.L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n.4, p. 29-39, 2007.

[45] Waterloo, M. J. **Water and nutrient dynamics of Pinus caribaea plantation forests on former grassland soils in SW Viti Levu, Fiji.** (Thesis Doutorado) - Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 1994.

ESTUDO DA VIABILIDADE DE CULTIVO DE MICROALGAS EM ÁGUAS DE IGARAPÉ URBANO

STUDY OF THE VIABILITY OF GROWING MICROALGAE IN URBAN STREAM WATER

Daíse da Silva Lopes^{1*}, Josilena de Jesus Laureano², Lindolaine Machado de Sousa¹, Beatriz Machado Gomes³, Wanderley Rodrigues Bastos⁴, Elisabete Lourdes do Nascimento³

1 Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UNIR/ Ji-Paraná, RO.

2 Mestranda da Prof.Água da UNIR/ Ji-Paraná, RO

3 Professora Doutora da UNIR/ Ji-Paraná, RO.

4 Professor Doutor da UNIR/Porto Velho, RO

*Autora correspondente: e-mail: daise_dsl2@hotmail.com

RESUMO

O uso de microalgas para o tratamento de efluentes industriais configura-se um campo promissor por aliar a redução de compostos poluentes e gerar biomassa, a qual pode ser utilizada em diferentes processos biotecnológicos. Objetivou-se avaliar o crescimento da microalga *Scenedesmus* sp cultivada em efluente tratado de frigorífico paralelo à remoção de nutrientes. Inóculos da microalga *Scenedesmus* sp foram adicionados em duas diluições de efluente, 5% e 10%. A cada três dias foram retiradas alíquotas de cultura para análise de nutrientes (APHA, 1995). Houve alta eficiência na redução de amônia, 99% (tratamento 5%) e 97% (tratamento 10%); a remoção de fósforo dissolvido e total apresentaram 72% (tratamento 5%) e 60% (tratamento 10%). O maior valor de crescimento foi verificado no tratamento 5% (0,29 nm). O efluente tratado de frigorífico apresentou-se viável para o cultivo de *Scenedesmus* sp, contribuindo para o crescimento da microalga em ambas diluições. Paralelamente foi observado redução na concentração de nutrientes.

Palavras-chave: Microalga. Crescimento. Efluente frigorífico

ABSTRACT

The use of microalgae for the treatment of industrial effluents is a promising field for combining the reduction of pollutant compounds and generating biomass, which can be used in different biotechnological processes. The objective of this study was to evaluate the growth of *Scenedesmus* sp microalgae grown in a treated effluent from a refrigerator parallel to nutrient removal. Microalgae *Scenedesmus* sp inoculum were added at two effluent dilutions, 5% and 10%. Every three days culture aliquots were taken for nutrient analysis (APHA, 1995). There was high efficiency in reducing ammonia, 99% (5% treatment) and 97% (10% treatment); total and phosphorus removal showed 72% (5% treatment) and 60% (10% treatment). The highest growth value was found in the 5% treatment (0.29 nm). The effluent treated from the refrigerator was viable for the cultivation of *Scenedesmus* sp, contributing to the microalgae growth in both dilutions. At the same time, a reduction in nutrient concentration was observed.

Keywords: Microalgae. Growth. Effluent refrigerator.

1 INTRODUÇÃO

A carne bovina está presente em muitas mesas dos consumidores, principalmente brasileiros e é um dos principais produtos da economia em diversos países. Sendo o Brasil um dos maiores exportadores de carne bovina desde 2008, com um volume de exportação de 1,6 milhão de toneladas e receita bruta de aproximadamente US \$ 7,1 bilhões [1]. A exportação de carne brasileira atinge cerca de 170 países, em diversos lugares do mundo [2].

Em Rondônia, seu aspecto econômico se baseia em grande parte, no segmento agropecuário que, por sua vez, é a terceira maior importância na composição do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado. O estado ganha destaque no setor de carne e leite bovino, que é considerado a fronteira do agronegócio no Brasil, da qual contribui para a economia e gera investimentos, resultando em emprego e renda para a população [3].

Como grande preocupação, se tem, no que diz respeito aos grandes volumes de efluentes gerados devido ao consumo de água decorrentes dos abatedouros bovinos. Onde despertar o interesse por formas de reverter esse prejuízo ao meio ambiente, assim umas das alternativas muito utilizadas é o uso de microalgas.

As microalgas são reconhecidas por serem uma ótima fonte de proteínas, lipídios, ácidos graxos poli-insaturados, carotenoides, pigmentos valiosos e vitaminas, também muito utilizadas em indústrias de alimentos, rações, cosméticos, farmacêuticas e biocombustíveis [4] e [5].

As microalgas recebem atenção superior como matéria-prima de biocombustível devido às suas características atraentes como maior taxa de crescimento, fotossíntese mais rápida, alta eficiência de sequestro de CO₂ e opções de cultivo mais baratas, como águas residuais, por exemplo [6] e [7]. Ademais, seus compostos extraídos não energéticos têm grande valor comercial.

Há vários tipos de biocombustível: bioetanol, biohidrogênio, bioóleo e biodiesel com base no produto final da reação [8]. Entretanto, as preocupações financeiras e consequentemente econômicas relacionadas ao processamento de biodiesel de microalgas para comercialização, como altos custos de cultivo, operação, desaguamento e utilização de solventes, influenciam como principais obstáculos para a realização bem-sucedida da missão de produção de biodiesel por algas [9].

A fim de reduzir a demanda de nutrientes para cultivo de microalga e água, os pesquisadores estão averiguando águas residuais industriais, agrícolas e domésticas para cultivo de algas [10, 11]. Desse modo, este estudo tem como objetivo avaliar a produção de

biomassa de microalga cultivada em efluente de frigorífico, paralelo a avaliação da remoção de nutrientes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 COLETA E PRESERVAÇÃO

O efluente industrial selecionado para o desenvolvimento desta pesquisa trata-se de efluente tratado de um frigorífico localizado no município de Ji-Paraná (RO). A amostra de efluente para o experimento com *Scenedesmus* sp foi coletada de um igarapé que recebe o efluente do frigorífico, visto a impossibilidade de acesso às lagoas no momento da coleta.

2.2 CARACTERIZAÇÃO

Para as análises físico-químicas foram medidas a condutividade elétrica (CE) por meio da sonda YSI - EC 300; a temperatura e o potencial hidrogeniônico (pH) utilizando a sonda AKSO modelo AK88. Para as análises dos nutrientes ortofosfato (PO_4^{3-}), amônia ($\text{NH}_3^+\text{NH}_4^+$), nitrito (N^-NO_2^-), nitrato (N^-NO_3^-) e o fósforo total (PT), foram realizadas conforme metodologias descritas em APHA, [12]. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM, da Fundação Universidade Federal de Rondônia – *campus* Ji-Paraná.

2.3 OBTENÇÃO E MANUTENÇÃO DA CEPA *SCENEDESMUS SP*

A cepa de clorofícea utilizada foi gentilmente cedida pelo Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia de Cianobactéria-LETC, do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho-IBCCF, da Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ. Atualmente a mesma está sendo mantida na sala de cultivo de microrganismos do LABLIM. As condições de cultivo são: meio de cultura ASM-1 líquido, pH 8,0 [13], cultura não axênica, fotoperíodo de 12 h, condições controladas de intensidade luminosa ($\sim 160 \mu\text{mol.fótons.m}^2.\text{s}^{-1}$) e temperatura ambiente de $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

2.4 MONTAGEM DO EXPERIMENTO E ANÁLISES LABORATORIAIS

Todo o experimento foi realizado em triplicata em condições controladas de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) e intensidade luminosa ($\sim 160 \mu\text{mol.fótons.m}^2.\text{s}^{-1}$) com fotoperíodo de 12 h. Para realização do experimento, o inóculo da cepa foi adicionado a dois controles constituídos de meio ASM-1, o primeiro foi constituído de meio ASM-1 sem alteração

(contendo fósforo), e o segundo foi constituído de meio com ausência de fósforo. A cepa foi pré-adaptada nas condições de luz e temperaturas mencionadas. Posteriormente, foram adicionadas 150mL em cada balão contendo diluições de 5% e 10% de água do igarapé em água destilada e dois controles (1) meio ASM-1 contendo fósforo e (2) meio ASM-1 com ausência de fósforo, totalizando 3 L cada balão. O experimento teve a duração de 15 dias. Ressalta-se que previamente à introdução das cepas em cada tratamento, os meios de cultura e as soluções diluídas foram auto clavadas.

Iniciando pelo dia da montagem do experimento, a cada 3 dias, foram medidos os valores de temperatura, condutividade elétrica, e pH de cada unidade amostral. Para as análises de nutrientes (fósforo total e dissolvido, nitrato, nitrito e amônia, por meio da técnica descrita em APHA, 1995) foram armazenadas e congeladas alíquotas das culturas. O monitoramento do crescimento das culturas de microalgas foi acompanhado através de espectrofotometria (540nm).

2.5 CRESCIMENTO CELULAR

O monitoramento do crescimento da microalga foi feito por meio de leituras de absorvância em espectrofotômetro (modelo IL-226-NM) à 750nm de comprimento de onda.

2.6 ANALISE ESTATÍSTICA

Os dados foram testados quanto à normalidade, por meio do teste de Kruskal-Wallis. Verificou-se que os dados apresentaram distribuição não normal, optando assim pela utilização da estatística não-paramétrica.

As análises de correlação foram feitas através da matriz de correlação de Spearman. A interpretação do coeficiente de correlação foi feita conforme adaptação de Vieira [14]:

- $r = 0$: correlação nula;
- $0 < |r| < 0,25$: correlação pequena ou nula;
- $0,25 < |r| < 0,50$: correlação fraca;
- $0,50 < |r| < 0,75$: correlação moderada;
- $0,75 < |r| < 0,90$: correlação forte;
- $0,90 < |r| < 1$: correlação fortíssima;

Todas as análises foram conduzidas com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO

Os resultados das análises realizadas na água de igarapé de efluente frigorífico coletado em janeiro de 2019 estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de caracterização do efluente bruto com *Scenedesmus sp* (janeiro/2019)

| COLETA | pH | Temp. (°C) | CE (µS.cm ⁻¹) | Amônia (mg/L ⁻¹) | Nitrito (mg/L ⁻¹) | Nitrato (mg/L ⁻¹) | FT (mg/L ⁻¹) | FD (mg/L ⁻¹) |
|-----------------|-----------|------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Jan./2019 | 7,68 | 33,5 | 1,36 | 5,66 | 0,02 | 0,1 | 3,63 | 3 |
| CONAMA 357/2005 | 6,0 a 9,0 | - | - | 3,7 | 1,0 | 10,0 | 0,01 | 0,01 |
| CONAMA 430/2011 | 5,0 a 9,0 | < 40 | - | 20,0 | 1,0 | 10,0 | - | - |

Nota: Temp. = temperatura; CE= Condutividade Elétrica; FT.= Fósforo Total; F D. = Fósforo Dissolvido.

Para o parâmetro pH o mesmo apresentou valor (7,82) de acordo com o estabelecido nas resoluções CONAMA n°430/2011 [15] (pH 5 a 9) e CONAMA 357/2005 [16] para águas de Classe 2 (pH 6 a 9).

Para a variável temperatura, apresentou valor de 24,3 °C indicando estar dentro do estabelecido pela legislação, da qual, estabelece valor inferior a 40 °C.

Em relação a condutividade elétrica o resultado apresentado foi de 0,918 µS.cm⁻¹, para tal análises a CONAMA n°430/2011 e CONAMA n° 357/2005 não estabelecem valor orientador, Para os valores de nutrientes a amostra bruta apresentou concentração de amônia 3,32 mg.L⁻¹, nitrito de 0,49 mg.L⁻¹, nitrato de 0,06 mg.L⁻¹, fósforo total de 9,78 mg.L⁻¹ e dissolvido de 6,74 mg.L⁻¹. Em termos de teores de nitrogênio amoniacal total a CONAMA n°430/2011 estabelece concentração máxima de 20 mg.L⁻¹ e a CONAMA n° 357/2005 3,7 mg.L⁻¹ não estando de acordo com o preconizado. Fósforo Total e Dissolvido também estão fora da norma segundo a CONAMA n° 357/2005

3.2 CRESCIMENTO

O perfil de crescimento de *Scenedesmus sp* encontra-se na Figura 1, onde apresenta dois tipos de controles: com fósforo (Cont C/P) e sem fósforo (Cont S/P) e dois tipos de tratamentos: Diluição 5% e Diluição 10% no decorrer do experimento (15 dias).

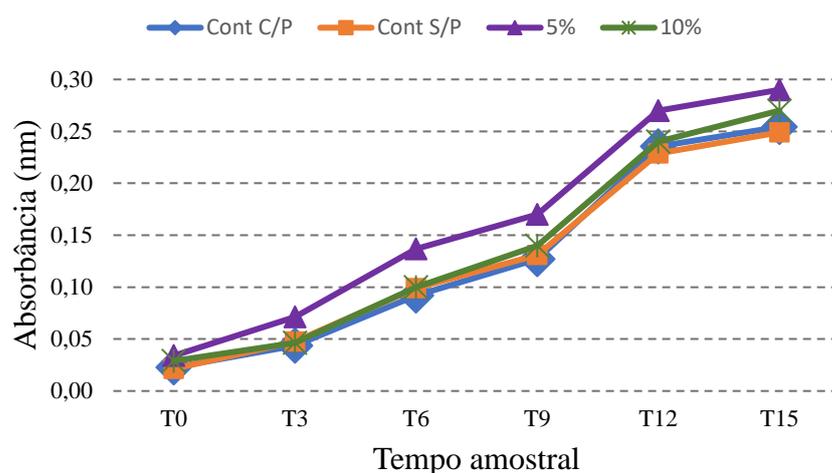


Figura 1 – Valores médios de crescimento microalgal (*Scenedesmus sp*) nos controles e tratamentos. (Cont C/P = controle com fósforo; Cont S/P = Controle sem fósforo; 5% = tratamento diluição 5%; 10% = tratamento diluição 10%).

Para os controles com fósforo (Cont C/P) e sem fósforo (Cont S/P) e os tratamentos 5% e 10% no experimento (Figura 1) observou-se que após a adaptação ao meio já se verificou crescimento (T3), onde o tratamento 5% teve maior crescimento que o tratamento 10% e em relação aos controles. Em contrapartida, o crescimento do controle sem fósforo apresentou valores menores, pois, o fósforo é um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das microalgas.

Houve a fase exponencial para todos os cultivos, da qual inicia o processo de divisão da célula, onde os tratamentos 5% e 10% apresentam correlação fortíssima (0,99) (p-valor < 0,05), bem como, os controles Cont C/P e Cont S/P 99 (p-valor < 0,05), apresentando crescimento em ambas as condições.

3.3 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE O EXPERIMENTO

3.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH do meio é influenciado pelas proporções entre as formas de carbono dissolvidas no mesmo, onde ao atingir níveis muito elevado torna-se tóxico para muitas espécies [17]. O crescimento máximo da microalga se encontra no pH próximo do neutro, no entanto, o pH ideal para o desenvolvimento da cultura é o inicial em que a alga está adaptada para crescer [18]. Porém vale ressaltar que dependendo da espécie que irá crescer, algumas se adaptam ao meio ácido enquanto outras se desenvolvem melhor em meio alcalino. Na Figura 2 estão os valores médios de pH para o experimento com *Scenedesmus sp*.

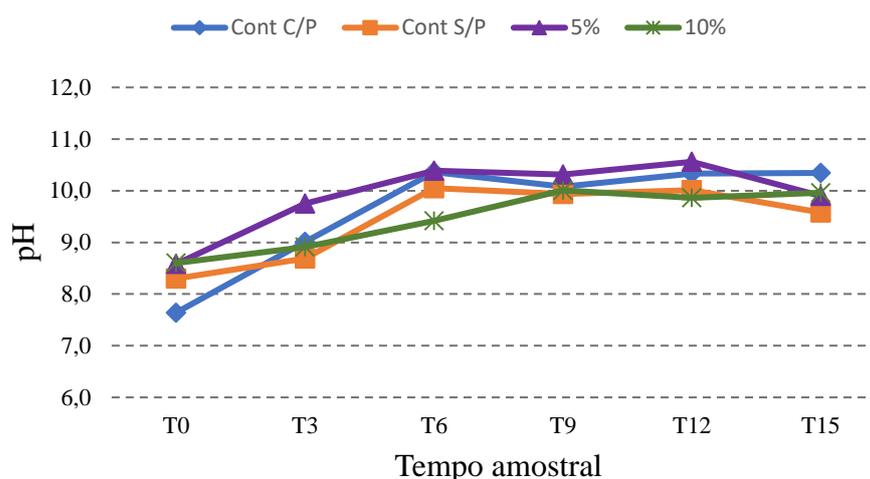


Figura 2 – Valores médios de potencial hidrogeniônico (pH) em dois diferentes tipos de controles e tratamentos. (Cont C/P = controle com fósforo; Cont S/P = Controle sem fósforo; 5% = tratamento diluição 5%; 10% = tratamento diluição 10%).

Observou-se para os valores de pH (Figura 2) que para todos os tempos e cultivos estão caracterizados como alcalino, sendo o menor valor 7,6 (T0, Cont C/P) à 10,6 (T12, 5%). Comparando com a análise de absorvância (Figura 1) é possível perceber que o crescimento celular está paralelo ao aumento do pH (maior valor 10,6) no tratamento 5%. Percebeu-se também o aumento gradativo durante os dias de experimento, o que pode ser explicado devido a atividade fotossintética realizada pelas microalgas.

De acordo com Lopes [19] e Cuaresma et al. [20], o pH aumenta porque durante o processo fotossintético, as microalgas transportam íon hidróxido para o exterior da célula visando realizar o consumo de formas inorgânicas de carbono. Constatou-se relação forte 0,78 ($p\text{-valor} < 0,05$) entre os tratamentos 5% e 10%. Cont S/P apresentou diferença estatística significativa ($p\text{-valor} < 0,05$) em relação aos tratamentos e Cont C/P, correlação 0,94 fortíssima.

3.3.2 Temperatura

Outra variável que desempenha forte influência para o crescimento microalgal afetando a taxa metabólica dos organismos é a temperatura. Esta deve ser mantida de acordo com a necessidade de cada espécie e a finalidade do cultivo [21]. Em laboratório os cultivos são mantidos em temperatura constante, o qual propicia maior desenvolvimento e melhor reprodutibilidade da espécie. Para a análise de temperatura, os valores médios estão apresentados nas Figura 3.

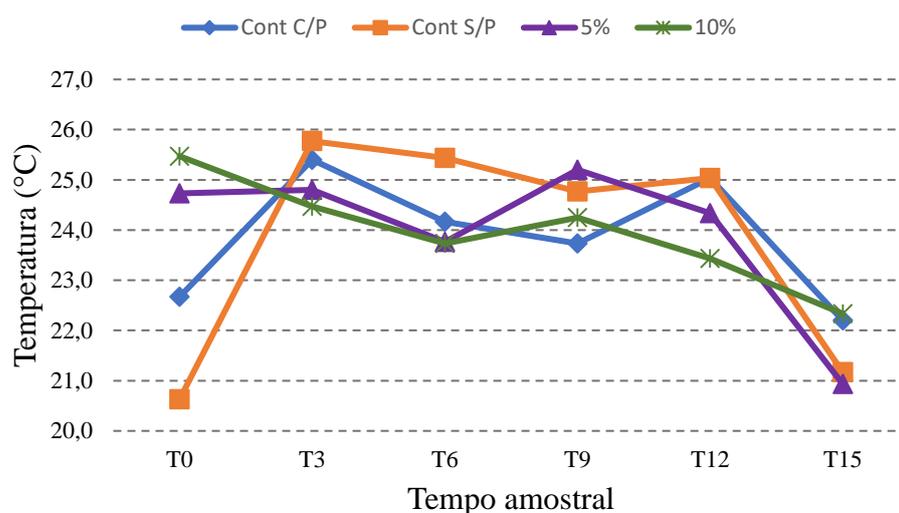


Figura 3 - Valores médios de temperatura em dois diferentes tipos de controles e tratamentos. (Cont C/P = controle com fósforo; Cont S/P = Controle sem fósforo; 5% = tratamento diluição 5%; 10% = tratamento diluição 10%).

Os resultados apresentados demonstram que não houve grandes variações de temperatura 20,6 °C (Cont S/P, T0) à 25,8 °C (Cont S/P, T3). Observa-se que para os tempos iniciais (T0 e T3) apresentam elevada temperatura (25 °C) e menor temperatura também no T15 chegando a 20,9 °C. Os valores ideais de temperatura para crescimento microalgal se encontram entre 18 e 24 °C segundo Lavens e Sorgeloos [22], podendo haver crescimento até 30 °C.

3.3.3 Condutividade elétrica

Para o parâmetro condutividade elétrica, os valores médios estão dispostos na Figura 4.

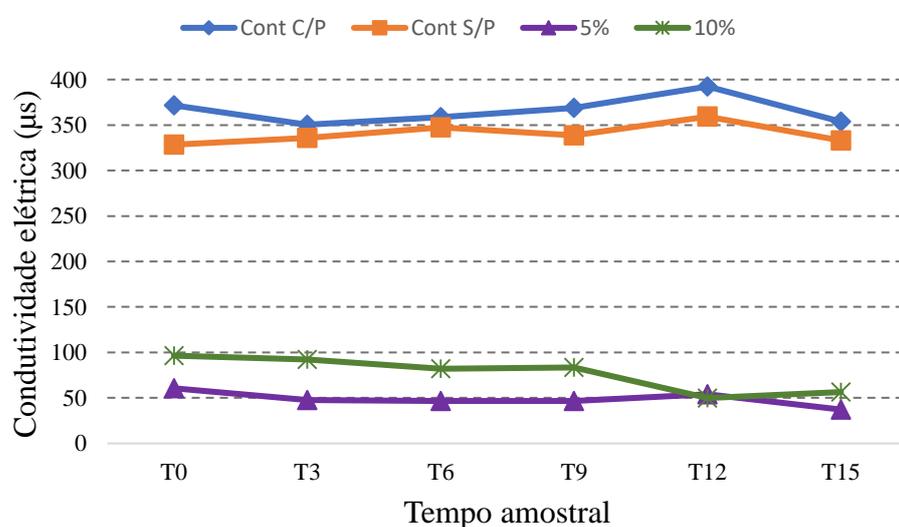


Figura 4 – Valores médios de condutividade elétrica em dois diferentes tipos de controles e tratamentos. (Cont C/P = controle com fósforo; Cont S/P = Controle sem fósforo; 5% = tratamento diluição 5%; 10% = tratamento diluição 10%).

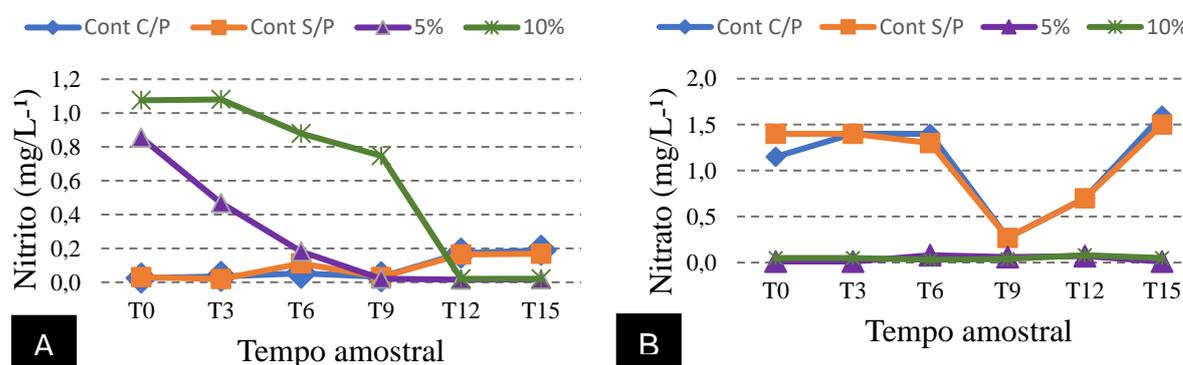
No experimento obteve-se uma variação de 37,2 μ s (5%, T15) à 392,3 μ s (Cont C/P, T12), resultando, controles com elevados valores de condutividade e os tratamentos menores valores. É possível perceber, que todos os controles e tratamentos não apresentaram grandes amplitudes de variação no decorrer dos dias. Em relação a estatística os controles com e sem fósforo apresentaram correlação nula 0,24 (p -valor $>$ 0,05). Os tratamentos 5% e 10% apresentaram correlação 0,51 moderada (p -valor $>$ 0,05) não houve diferença significativa.

3.4 NUTRIENTES

3.4.1 Nitrito, nitrato e amônia

O Nitrogênio é um importante macro nutriente para o crescimento e metabolismo das células de microalgas. Este elemento encontra-se disposto em diferentes configurações: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3) e íon amônio (NH_4^+). Sua distribuição no meio influencia na atividade metabólica do organismo. Em elevadas concentrações, observa-se um aumento nos acúmulos de proteínas e clorofila nas células [23].

As concentrações médias dos nutrientes nitrito, nitrato e amônia no decorrer de quinze dias, encontram-se na Figura 6.



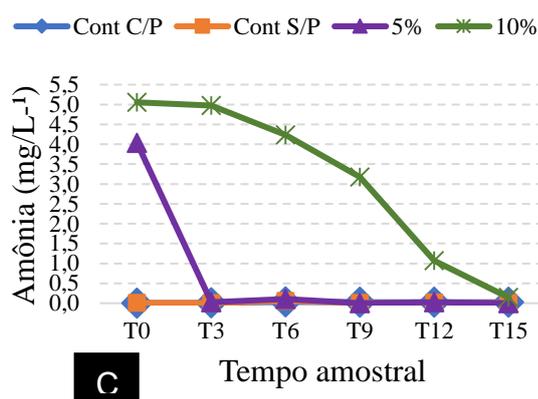


Figura 6 – Concentrações médias de **A)** Nitrito, **B)** Nitrato e **C)** Amônia em dois diferentes tipos de controles e tratamentos para o experimento com *Scenedesmus sp.* (Cont C/P = controle com fósforo; Cont S/P = Controle sem fósforo; 5% = tratamento diluição 5%; 10% = tratamento diluição 10%).

Em relação ao nitrito (Figura 6-A) este apresentou altas concentrações, sua variação foi de $0,019 \text{ mg/L}^{-1}$ (5%, T15) a $1,08 \text{ mg/L}^{-1}$ (10%, T0 e T3), durante o experimento os tratamentos que continham efluente frigorífico independente das diluições apresentaram maiores concentrações de nutrientes no início do experimento, devido à carga de poluente. Para os controles com e sem fósforo registrou-se aumento nas concentrações, havendo formação de nitrito no cultivo, onde para o início do experimento apresentou $0,025 \text{ mg/L}^{-1}$ e $0,03 \text{ mg/L}^{-1}$ e no final $0,19 \text{ mg/L}^{-1}$ e $0,17 \text{ mg/L}^{-1}$ respectivamente. Houve redução de 98% do nutriente para os tratamentos 5% e 10 %, sendo $0,86 \text{ mg/L}^{-1}$ e $1,08 \text{ mg/L}^{-1}$ para $0,017 \text{ mg/L}^{-1}$ e $0,02 \text{ mg/L}^{-1}$ respectivamente.

No que se refere ao nutriente nitrato a Figura 6-B representa os resultados do experimento. Observa-se que não houve remoção do nutriente para nenhum tipo de cultivo e sim o aumento da concentração no decorrer dos quinze dias para os controles com e sem fósforo. Para os controles com e sem fósforo, a variação foi de $1,15 \text{ mg/L}^{-1}$, $1,4 \text{ mg/L}^{-1}$, respectivamente para $1,60 \text{ mg/L}^{-1}$, $1,5 \text{ mg/L}^{-1}$, respectivamente. Esse aumento é explicado devido a nitrificação no meio, processo de duas etapas realizado por bactérias nitrificantes – organismos autotróficos muito comuns em sistemas de cultivo mixotróficos [24]. O processo é realizado devido a oxidação de N-NH_4^+ à N-NO_2^- - por bactérias oxidantes de amônia e, por fim, o N-NO_2^- - é transformado em N-NO_3^- - por bactérias oxidantes de nitrito.

Para o tratamento 5 e 10% não houve nem aumento e nem remoção desse nutriente apresentando concentração de $0,05 \text{ mg/L}^{-1}$ e $0,01 \text{ mg/L}^{-1}$ respectivamente, do início ao final do experimento.

Quanto à nutriente amônia, os resultados podem ser observados na Figura 6-C. Houve redução de 99% e 97% do nutriente para os tratamentos 5% e 10% respectivamente, variando de 4,04 mg/L⁻¹ e 5,06 mg/L⁻¹ para 0,003 mg/L⁻¹ e 0,14 mg/L⁻¹ respectivamente. Não apresentou redução para o controle com fósforo variando de 0,003 mg/L⁻¹ para 0,02 mg/L⁻¹. E para o controle sem fósforo não houve redução e nem aumento da concentração resultando em 0,01 mg/L⁻¹. O estudo realizado por Li et al. [25], em efluente municipal, obtiveram resultados semelhantes com o desta pesquisa, com remoção de amônia de 93,9%.

3.4.2 Fósforo dissolvido e total

Assim como o nitrogênio o fosfato também é um dos importantes macros nutriente para o crescimento e metabolismo das células de microalgas. Ele se relaciona a processos que envolvem trocas energéticas nas células de ATP, açúcares fosfatados, ácidos nucleicos e fosfoenzimas. O fósforo tem como função a transferência de energia e a construção de moléculas estruturais. Sua restrição implica em um acúmulo de lipídeos e astaxantina [26, 27].

As concentrações médias dos nutrientes fósforo total e fósforo dissolvido para o experimento com *Scenedesmus sp* no decorrer de quinze dias, encontram-se na Figura 7. As concentrações médias de fósforo dissolvido (Figura 7-A) durante o experimento resultam que o controle com fósforo apresentou maiores médias de concentração, sua remoção foi de 20%, no início a concentração era de 5,80 mg/L⁻¹ e terminou com 4,63 mg/L⁻¹.

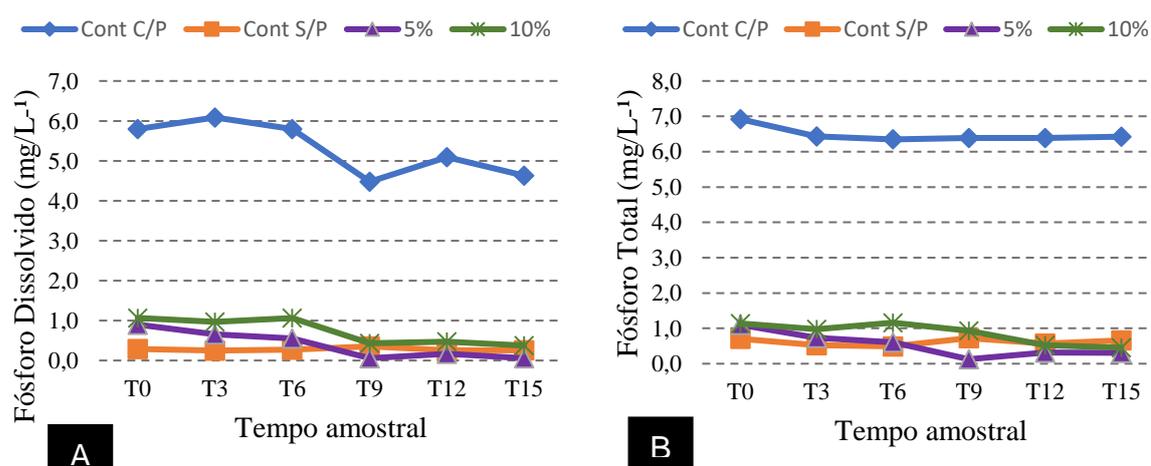


Figura 7 – Concentrações médias de **A)** Fósforo Dissolvido e **B)** Fósforo Total em dois diferentes tipos de controles e tratamentos para o experimento *Scenedesmus sp*. (Cont C/P = controle com fósforo; Cont S/P = Controle sem fósforo; 5% = tratamento diluição 5%; 10% = tratamento diluição 10%).

Também houve remoção de nutriente para o controle sem fósforo 14% variando de 0,29 mg/L⁻¹ a 0,25 mg/L⁻¹. Para os tratamentos 5 e 10% a remoção foi de 72 e 60% respectivamente, variando de 0,90 mg/L⁻¹ e 1,07 mg/L⁻¹ para 0,06 mg/L⁻¹ e 0,37 mg/L⁻¹ respectivamente.

O fósforo total (Figura 7-B) apresentou o mesmo comportamento que o fósforo dissolvido, onde o controle com fósforo obteve valores altos de concentrações durante o experimento, sua remoção foi de 7% variando de 6,92 mg/L⁻¹ a 6,42 mg/L⁻¹. Houve remoção para controle sem fósforo de 6% (0,70 mg/L⁻¹ a 0,66 mg/L⁻¹). Para os tratamentos 5 e 10% a remoção foi de 72% e 60% respectivamente, sendo 1,10 mg/L⁻¹ e 1,14 mg/L⁻¹ para 0,31 mg/L⁻¹ e 0,45 mg/L⁻¹ as concentrações respectivamente.

Ao comparar com os dados de crescimento e as concentrações de fósforo dissolvido, percebe-se que no decorrer dos 15 dias houve aumento de crescimento microalgal e diminuição de fósforo dissolvido, devido a taxa de absorção da microalga pelo nutriente. Lourenço [28] afirma que devido sua capacidade de absorção em grandes proporções, variando até de 8 a 16 vezes sua fração mínima, permite ainda assim seu crescimento mesmo com carência em determinados períodos.

4 CONCLUSÃO

O uso de água coletada de um igarapé que recebe efluentes domésticos e industriais utilizada no experimento apresentou-se viável para o cultivo da microalga *Scenedesmus sp* nas diluições de 5% a 10%. Apresentando eficiência na redução de amônia em 99% (tratamento 5%) e 97% para o tratamento 10%. A remoção de fósforo dissolvido e total apresentaram para ambos nutrientes, remoção de 72% (tratamento 5%) e 60% (tratamento 10%). De forma que a biomassa produzida pode ser utilizada para fins biotecnológicos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] AGROSTAT. Resultados de 2015, perspectivas para 2016. Estatística de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>> Acesso em: 16 de jun. de 2019.

[2] ABIEC 2016. Exportações Brasileiras de Carne Bovina, janeiro a dezembro de 2015. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Disponível

em: <<http://www.abiec.com.br/download/relatorio-anual-2015.pdf>> Acesso em: 16 de jun. de 2019.

[3] IDARON. Levantamento de dados sobre a produção de leite em Rondônia. Porto Velho: [s.n.].2013.

[4] GONG, Y.; HU, H.; GAO, Y. XU, X. GAO, H. Microalgae as platforms for production of recombinant proteins and valuable compounds: progress and perspectives. **J. Ind. Microbiol. Biotechnol**, vol.38, n 12, p. 1879-1890, 2011.

[5] MATOS, C.T.; SANTOS, M.; NOBLE, B.P.; GOUVEIA, L. Nannochloropsis sp. Biomass recovery by electro-coagulation for biodiesel and pigment production. **Bioresource Technology**, v. 134, p. 219-226, 2013.

[6] AMARO, H.M.; MACEDO, C.; MALCATA, F.X. Microalgae: an alternative as a sustainable source of biofuels ? **Energy**, vol, 44, n. 1, p. 158-166, ago. 2012.

[7] SUGANYA, T.; VARMAN, M.; MASJUKI, H.; RENGANATHAN, S. Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: a biorefinery approach. **Renew. Sustain. Energy Rev**, vol, 55, p. 909-941, mar. 2016.

[8] FRANCO, A. L. C.; LÔBO, I. P.; CRUZ, R. S. Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. **Química Nova**, v. 36, n. 3, p. 437-448, 2013.

[9] JASON, C.; QUINN, R. The potentials and challenges of algae based biofuels: a review of the Techno – economic, life cycle, and resource assessment modeling. **Bioresource Technology**, vol, 184, p. 444-452, maio. 2015.

[10] PITTMAN, J.K.; DEAN, A.P.; OLUMAYOWA, O. The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources. **Bioresource Technology**, vol, 102, p. 17-25, jan. 2011.

[11] SHEN, Q.; JIANG, J.; CHEN, L.; CHENG, L.; XU, X.; Chen, H. Bioresource technology effect of carbon source on biomass growth and nutrients removal of *Scenedesmus obliquus* for wastewater advanced treatment and lipid production **Bioresource Technology**, vol, 190, p. 257-263, ago. 2015.

[12] APHA, AWWA, WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Edition 19. Washington, 1995.

[13] GORHAM, P. R., MCLACHLAN, J., HAMMER, U. T., KIM, W. K., 1964. **Isolation and culture of toxic strains of *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) de Bréb.** Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh,15: p.796-804, 1964.

[14] VIEIRA, S. **Introdução à bioestatística**. São Paulo, p. 345, 4ª edição, ISBN: 978-85-352-5012-1, 2011.

[15] BRASIL, **Decreto Lei nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de abril

de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, n. 92. 2011.

[16] CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento. **Documento Oficial da União**, n° 053, p. 58-63, de 18 de março de 2005.

[17] LOURENÇO, S.O. **Cultivo de Microalgas Marinhas: Princípios e Aplicações**. São Carlos, Rima Editora. 2006.

[18] JUNEJA, A.; CEBALLOS, R.M.; MURTHY, G.S. Effects of environmental factors and nutrient availability on the biochemical composition of algae for biofuels production: a review. **Energies**, v. 6, n. 9, p. 4607-4638, 2013.

[19] LOPES, E. J. **Sequestro de dióxido de carbono em fotobiorreatores**. 2007. Tese (Programa de Pós-Graduação: Engenharia Química-Mestrado e Doutorado) – Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

[20] CUARESMA, M.; GARBAYO, I.; VEGA, J.M.; VÍLCHEZ, C. Growth and photosynthetic utilization of inorganic carbon of the microalga *Chlamydomonas acidophila* isolated from Tinto river. **Enzyme and Microbial Technology**, n.40, p.158-162, 2006.

[21] LOURENÇO, S.O. **Cultivo de Microalgas Marinhas: Princípios e Aplicações**. São Carlos, Rima Editora. 2006.

[22] LAVENS, P.; SORGELOOS, P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper. Roma, n. 361, p. 295,1996.

[23] JUNEJA, A.; CEBALLOS, R.M.; MURTHY, G.S. Effects of environmental factors and nutrient availability on the biochemical composition of algae for biofuels production: a review. **Energies**, v. 6, n. 9, p. 4607-4638, 2013.

[24] RUIZ-MARTINEZ, A.; GARCIA, N. M.; ROMERO, I.; SECO, A.; FERRER, J. Microalgae cultivation in wastewater: Nutrient removal from anaerobic membrane bioreactor effluent. **Bioresource Technology**, 126, p. 247- 253. 2012.

[25] LI, Y. et al. Characterization of a microalga *Chlorella* sp. well adapted to highly concentrated municipal wastewater for nutrient removal and biodiesel production. **Bioresource Technology**.v.102, p.5138–5144, 2011.

[26] LOURENÇO, S.O. **Cultivo de Microalgas Marinhas: Princípios e Aplicações**. São Carlos, Rima Editora. 2006.

[27] JUNEJA, A.; CEBALLOS, R.M.; MURTHY, G.S. Effects of environmental factors and nutrient availability on the biochemical composition of algae for biofuels production: a review. **Energies**, v. 6, n. 9, p. 4607-4638, 2013.

[28] LOURENÇO, S.O. **Cultivo de Microalgas Marinhas: Princípios e Aplicações**. São Carlos, Rima Editora. 2006.

FOCOS DE QUEIMADA NA RESERVA BIOLÓGICA DO GUAPORÉ NOS ANOS DE 2003 A 2017

WILDFIRES SPOTS ON THE BIOLOGICAL RESERVE OF GUAPORE FROM 2003 TO 2017

Kemily Letícia Alves Chaves Emerick ^{1*}; Wanderson Pereira Brito ²; Mayk da Silva Sales ³

¹ Acadêmica em Engenharia Ambiental e Sanitária, UNIR.

² Acadêmico em Engenharia Ambiental e Sanitária, UNIR.

³ Professor Orientador, UNIR.

*Autor corresponde: e-mail: kemilyleticia@hotmail.com.

RESUMO

Há anos as queimadas que ocorrem na Amazônia atingem extensas áreas comprometendo o equilíbrio microclimático, a existência da diversidade da fauna e flora local, a saúde humana e outros prejuízos ecológicos e econômicos. O presente estudo tem como objetivo identificar as zonas de maior densidade de focos de queimada no interior da Reserva Guaporé e sua zona de amortecimento de 3 km, utilizando geotecnologias em uma série histórica de 15 anos (2003 – 2017), através de mapas de anuais acumulados. Foi usado para análise e processamento dos dados, o SIG supracitado adotando-se o estimador de Kernel. Foram elaborados os mapas seriais e o mapa acumulado que são baseados nas classes de porcentagens de focos e representados graficamente através de uma paleta de cores do verde para o vermelho de forma crescente em relação à densidade de focos. A incidência mais frequente de focos se encontra na região Sul da Reserva Biológica. Também áreas frequentemente afetadas são as da região oeste, que fazem fronteira com os municípios de Costa Marques e São Francisco do Guaporé, que são municípios urbanizados. A recorrência anual de incêndios florestais no mesmo local implica na perda de serviços ambientais, tais como perda de nutrientes do solo, perda de biodiversidade faunística e florística, possibilidade de formação de erosão, etc. Portanto o presente trabalho traz evidências de que as áreas da Reserva Biológica do Guaporé estão fragilizadas devido a proximidades com regiões antropizadas, e que muitas vezes incêndios florestais são conduzidos da zona de amortecimento para o interior.

Palavras-chave: Unidade de Conservação; Geoprocessamento; Preservação Ambiental.

ABSTRACT

For years the fires that occur in Amazon reach large areas compromising the microclimatic balance, the existence of the diversity of the local fauna and flora, the human health and other ecological and economic damages. The goal of this study is to identify the areas with the highest density of wildfires spots within the Guapore Reserve and its 3 km buffer zone using geotechnologies in a 15-year historical series (2003 - 2017) according to annual maps accumulated. It was used for data analysis and processing, the GIS adopting the kernel estimator. Serial maps and the accumulated one that are based on the focus percentage classes were plotted and plotted through a color palette from green to red within the increasing of the focus density. The most frequent incidence of fire spots is in the southern region of the Biological Reserve. Frequently affected areas are those of the western region too, which border the counties of Costa Marques and São Francisco do Guapore, which are urbanized

municipalities. The annual recurrence of forest fires in the same place implies on the loss of environmental services such as soil nutrient loss, loss of fauna and forest biodiversity, possibility of erosion formation, etc. Therefore, the present paper provides evidence that the Guapore Biological Reserve areas are fragile due to their proximity to anthropized regions, and that forest fires are often conducted from the buffer zone to the inside area.

Keywords: Conservation Unit; Geoprocessing; Environmental Preservation

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 9.985 de 2000, uma Unidade de Conservação é constituída por um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo águas jurisdicionais, com o objetivo de conservação e limites definidos, sobre regime especial de administração, em que se aplicam garantias adequadas de proteção [1].

No entanto, grande parte das UC's criadas ou implantadas na Amazônia tem sido pressionada por diversas formas de uso e ocupação, geralmente praticados pelos atores sociais ligados aos setores da pecuária, da soja e da madeira. Somam-se, neste cenário, os pequenos agricultores que, em conjunto com os demais atores, reproduzem um modelo de uso e ocupação que, é intensivo e irregular, já que avança indiscriminadamente para dentro das áreas diplomadas [2].

O impacto ambiental gerado pelas queimadas atinge a qualidade do solo e do ar e, conseqüentemente, a biodiversidade é alterada [3]. As queimadas causam diferentes tipos de danos e intensidade à floresta, podendo se propagar através da camada orgânica, a liteira do solo, ou através das copas das árvores [4].

Há anos as queimadas que ocorrem na Amazônia atingem extensas áreas comprometendo o equilíbrio microclimático, a existência da diversidade da fauna e flora local, a saúde humana e outros prejuízos ecológicos e econômicos [5].

As queimadas têm sido um dos principais agentes de degradação de fragmentos florestais, tanto pela destruição direta das áreas afetadas, como também pelo efeito de pequenos focos que ocorrem nas bordas do fragmento, alterando significativamente a dinâmica dos ecossistemas [6].

A Reserva Biológica do Guaporé foi criada com o objetivo de proteger uma amostra representativa do ecossistema de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica, bem como as amostras dos ecossistemas aquáticos de rios, lagos, campos e florestas inundáveis, e ainda preservar espécies raras, ameaçadas ou em perigo de extinção [7].

Portanto, o presente estudo tem como objetivo identificar as zonas de maior densidade de focos de queimada no interior da REBIO Guaporé e sua zona de amortecimento de 3 km, utilizando geotecnologias em uma série histórica de 15 anos (2003 – 2017), através de mapas de anuais acumulados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no interior e na zona de amortecimento de 3 km da Reserva Biológica do Guaporé, que propõe uma área de 615.334 hectares está localizada sobre as coordenadas geográficas 12°30'23"S e 63°32'56"W na região sul do estado de Rondônia como mostra o mapa de localização (Figura 1).

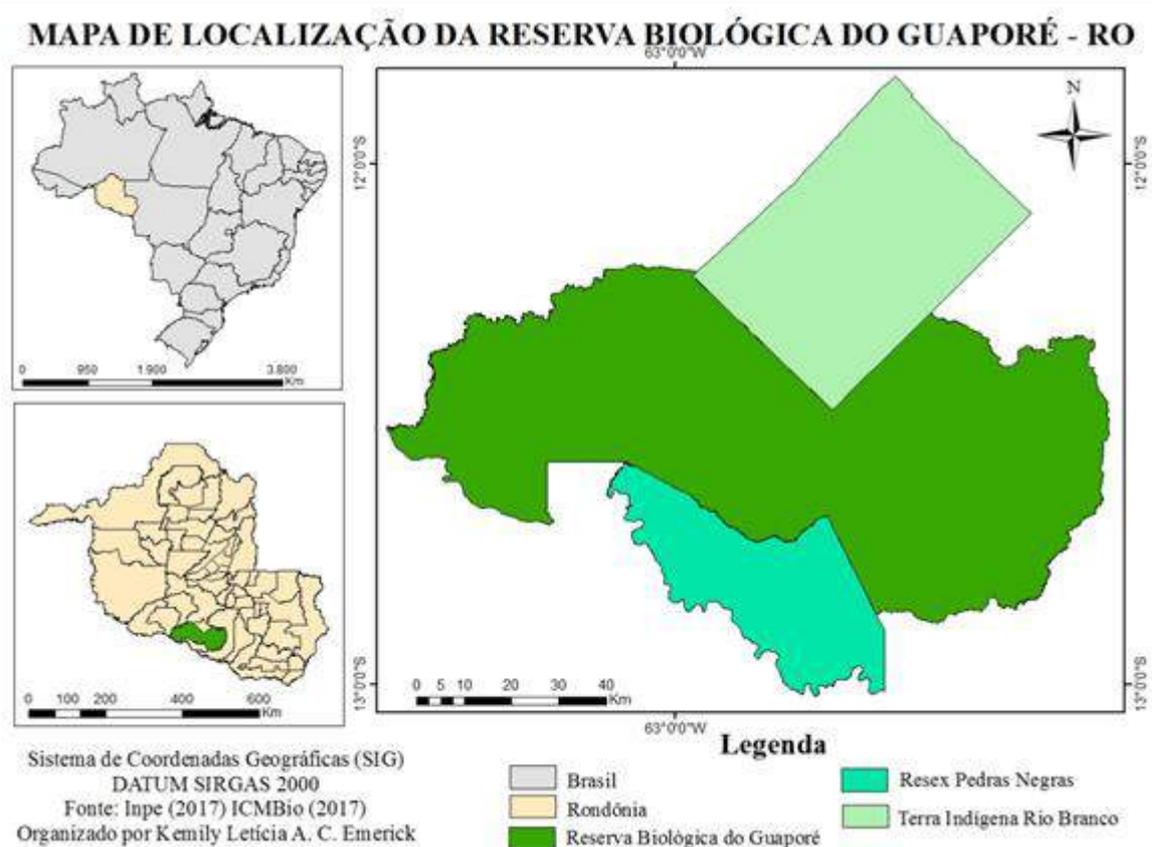


Figura 1 – Mapa de localização da Reserva Biológica do Guaporé – RO.

Fonte: Autoria.

Sobre regime de proteção integral da biodiversidade, utilizando as normativas do SNUC, a qual é gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, a reserva possui temperatura média de 25° C, e tendo média máxima no trimestre mais quente (agosto, setembro e outubro) de 33°C e precipitação média anual variando de 2000 a 2200 mm [8].

Tal área possui extensos pantanais e terras altas recobertas por florestas densificadas, abrangendo riquezas em fauna e flora, incluindo espécies ameaçadas de extinção. Banhada pela bacia Amazônica, os limites da reserva possuem marcações hídricas, o Rio Guaporé ao Sul, limite leste com o Rio Colorado, ao norte o Rio Massaco e a região central é banhada pelo Rio Branco. Abrange os municípios de Alta Floresta, São Francisco do Guaporé, São Miguel do Guaporé e Costa Marques, além de fazer fronteira na parte sudoeste com a Bolívia.

A Reserva Biológica do Guaporé faz fronteira com a Terra Indígena Rio Branco na região norte e com a Reserva Extrativista (RESEX) Pedras Negras na região sul, além de possuir presença de comunidades indígenas e tradicionais dispersadas no interior da reserva.

Para coleta inicial dos dados foram acessadas as páginas da web do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade [9] e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [10], a fim de utilizar ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto (SIG) para quantificar os focos de incêndio no interior e no entorno da Reserva Biológica do Guaporé, através dos programas ArcGIS versão 10.5 de teste e Excel 2016.

Para isso, foram utilizados os dados de focos de calor que estão disponibilizados em domínio público na plataforma do Programa de Queimadas (INPE), onde se obteve informações dos anos de 2003 a 2017, em formato *shapefile*, totalizando 15 anos de monitoramento.

É importante ressaltar que a resolução dos dados coletados a base de sensores termais só registra focos de incêndios acima de 30x30m de área, portanto, focos de queimadas inferiores as tais extensões não são detectadas pelos satélites, e nem são contabilizados nesse estudo. Em caso de muitos focos de queima aglomerados, e a presença de uma nuvem de fumaça grande, pode-se inferir que a queimada terá dimensão dos pixels de queima detectados [10].

O Plano de Manejo Reserva Biológica do Guaporé segue a normativa CONAMA 473/2015 para delimitação da zona de amortecimento em 2 km de raio ao entorno da Unidade [11], porém para este estudo adotou-se o estabelecido pela Resolução 428/10 Art. 1º de 3 km a partir do limite da Unidade como zona de amortização [12]. Assim, foi delimitada a área de estudo e em seguida feito um *buffer*, relativo à zona de amortecimento, com 3 km do limite territorial da área de Reserva Biológica do Guaporé.

Posteriormente foram sobrepostos ao polígono, os focos de incêndio em pontos no formato *shapefile*, tornando possível a quantificação dos dados através da aplicação do estimador, para criação das zonas de densidade, utilizando-se dos dados da tabela de atributos

do arquivo. Desta forma, foram processados os dados quantitativos ano a ano, durante os 15 anos de estudo, para identificação da maior incidência de focos de calor.

Foi usado para análise e processamento dos dados, o SIG supracitado adotando-se o estimador de Kernel. Esta ferramenta cria contornos circulares nas regiões de maior sobreposição de pontos. O estimador de Kernel evidencia a densidade de zonas pela soma da concentração de valores, no determinado raio de cada ponto; ou seja, uma soma de “colisões” por raio de ponto [13].

Assim foram obtidos os arquivos *rasters* com as zonas de densidades de cada ano de estudo. E por fim os arquivos gerados em cada ano foram usados para a formulação de um mapa final, contendo o somatório de todas as zonas afetadas, em todo período de tempo, através da aplicação da ferramenta *raster calculator* do *software*. Com o uso dessa metodologia foram construídos, do somatório de toda série histórica equivalente a um período de 180 meses mapas seriais dos 15 anos, com suas densidades e zonas afetadas e, no mapa final, o panorama das zonas continuamente afetadas.

Após o tratamento dos dados, foi adotada a representação em classes que são baseados nas porcentagens de focos correspondendo aos valores apresentados na tabela 1 e representados graficamente através da paleta de cores do verde para o vermelho de forma crescente em relação à densidade de focos.

Tabela 1 – Relação de Zonas e Porcentagem de incidência de Focos de Queimada.

| Zona | % |
|-----------------------|----------|
| Não Incidente | 0 |
| Baixa Incidência | 0 - 41 |
| Média Incidência | 40 - 60 |
| Alta Incidência | 60 - 80 |
| Muito Alta Incidência | 80 - 100 |

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como proposto, foi gerado um mapa com a incidência dos focos de calor ano a ano, através da Figura 2 abaixo. É possível analisar o perfil e a variação da quantidade e localização dos focos.

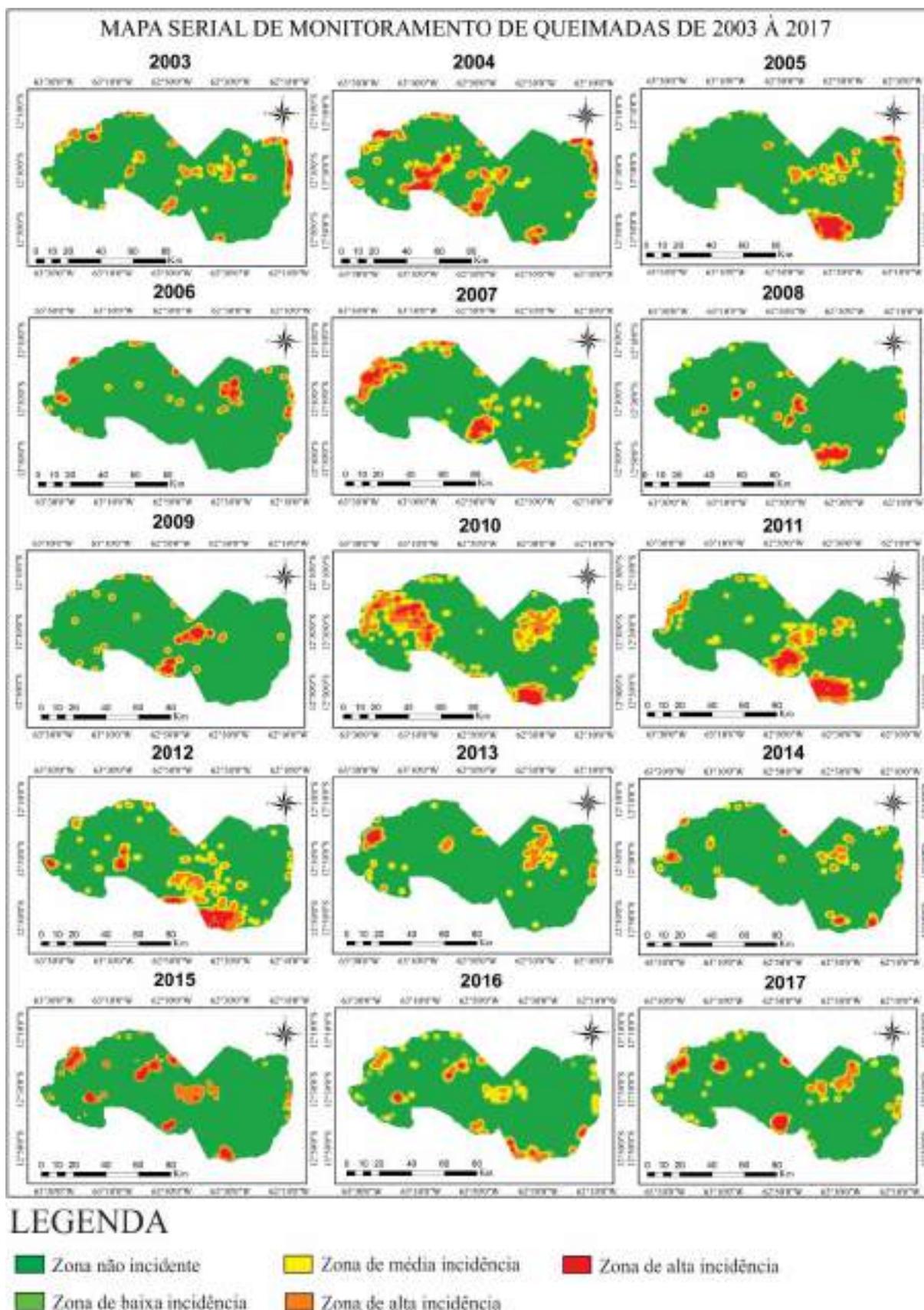


Figura 2: Mapa com a série de anos dos focos de calor da Reserva Biológica do Guaporé.

Fonte: Autoria.

Os mapas correlacionam às cores quentes as zonas com maior incidência e as mais frias com as menos afetadas. É perceptível uma elevada concentração dos focos em 2005 e nos anos de 2013, 2014 e 2015 mais recentemente. A maioria dos anos da série temporal possui incidência mais frequente na região Sul da Reserva Biológica, que pode estar recebendo influência da RESEX Pedras Negras que faz fronteira ao sul da reserva. Também áreas frequentemente afetadas são as da região oeste, que fazem fronteira com os municípios de Costa Marques e São Francisco do Guaporé, que são municípios urbanizados.

Para verificar as incidências totais nesses 15 anos analisados, foi elaborado também, um mapa com o acumulado dos focos de calor, no qual é possível identificar as áreas que sofrem maior pressão, e as zonas degradadas por incêndios corriqueiros, como é mostrado na Figura 3.

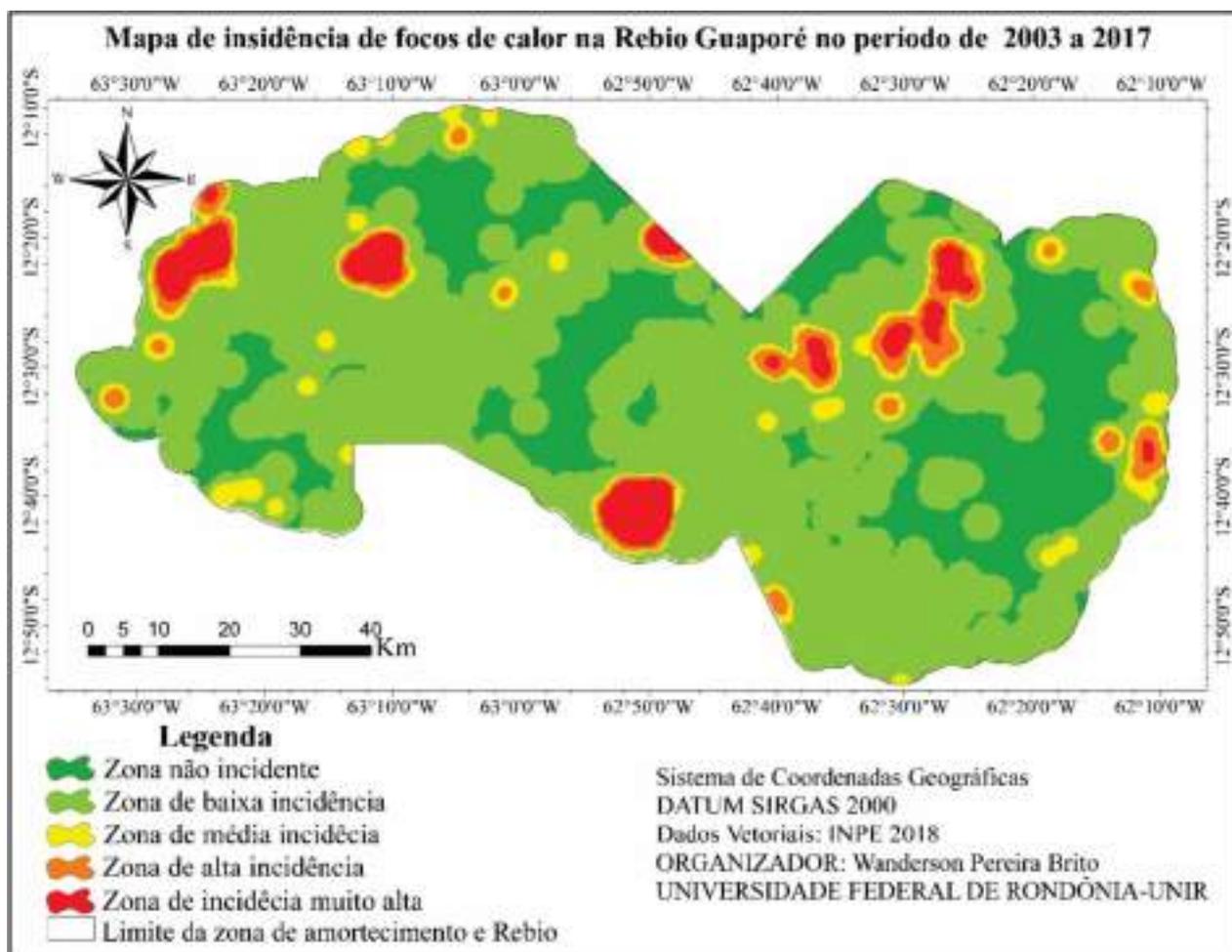


Figura 3- Mapa de focos de calor acumulado de 2003 a 2017 na Reserva Biológica do Guaporé – RO.

Fonte: Aatoria.

Na zona não incidente, apresentam-se as regiões onde não houve problemas com focos de calor nos 15 anos estudados. Na zona de baixa incidência houve incêndio pelo menos uma vez, ou até em 40% dos anos, essa região traz uma importante informação, pois através dela é possível perceber que a maior parte da reserva biológica, já sofreu com incêndios pelo menos uma vez no período estudado.

Para a zona de incidência média fica contido um intervalo de 41% a 60%. A zona de alta incidência sofreu com focos de calor em até 80% dos anos estudados, e logicamente está sempre em torno das zonas de incidência muito alta, que em mais 81% dos anos houve focos de calor. Vale ressaltar que no processamento o software trabalha com as médias acumuladas dos meses, ou seja, com a somatória dos 180 meses contidos dentro do período de 15 anos.

A reserva inteira pode ser considerada área susceptível a incêndio devido à presença dos campos naturais e florestas densas que existem no interior da Unidade de Conservação. Porém, de acordo com o Plano de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais da Reserva Biológica do Guaporé, áreas próximas às comunidades tradicionais são mais vulneráveis a propagação de incêndios devido à expansão agropastoril, exploração vegetal e de recursos naturais, além de conflitos políticos e sociais entre as comunidades locais [14]. O sentido do fogo em maioria é linear, proveniente da zona de amortecimento para o interior da reserva, onde é propagado mais facilmente pela região florestal densa.

A Figura 3 remete aos dados acumulados de densidades, porém o que ficam evidenciados não são os dados quantitativos, mas os qualitativos de focos de queimadas. É importante ressaltar que a Floresta Amazônica possui regeneração natural após os um evento de queimada. Porém a recorrência anual de incêndios florestais no mesmo local implica na perda de serviços ambientais, tais como perda de nutrientes do solo, perda de biodiversidade faunística e florística, possibilidade de formação de erosão, etc.

Através deste estudo não é possível elucidar o real motivo dessas variações, mas elas sempre são influenciadas por fatores climáticos, como períodos de estiagem longos, fatores econômicos, ou exploratórios; em geral antrópico. Desta forma, é possível perceber que as zonas se localizam nas regiões de pressão antrópica, ou onde há presença humana.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo identificou que as zonas mais suscetíveis a focos de calor estão no interior da REBIO do Guaporé, uma vez que estão próximas a áreas de comunidades

tradicionais e Reserva Extrativista, podem conduzir as queimadas para a zona de amortecimento e, conseqüentemente, para o interior da Reserva.

Tal constatação ficou clara no através do produto das densidades acumuladas, o que permite concluir que estudos que utilizam ferramentas de geoprocessamento em Unidades de Conservação são muito importantes para monitoramento ambiental em áreas que muitas vezes não são de fácil acesso.

Portanto o presente trabalho traz evidências de que as áreas da Reserva Biológica do Guaporé estão fragilizadas devido a proximidades com regiões antropizadas, e que muitas vezes incêndios florestais são conduzidos da zona de amortecimento para o interior.

Neste sentido, a fiscalização ambiental e os sistemas de prevenção e combate a incêndio devem ter mais atenção em áreas mais próximas a regiões fronteiriças para que possam ser mais facilmente controlados, evitando assim a constante degradação ambiental dentro de uma área de preservação integral.

Portanto, foi possível observar, com o presente trabalho, as zonas de maior incidência de focos de calor na zona de amortecimento e interior da REBIO Guaporé e identificar as zonas mais afetadas por incêndios florestais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2000.
- [2] COSTA, G. et al. Ocupações ilegais em unidades de conservação na Amazônia: o caso da Floresta Nacional do Bom Futuro no Estado de Rondônia/Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n. 8 (dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 33-49.2015
- [3] SILVA I. D. B.; Barros L. C.; Meyer J. F. C. A. **Modelagem de Risco e Perigo de Incêndios Florestais com Simulações de Propagação.** Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 6, n. 2, 2018.
- [4] NOGUEIRA D. W. R.; Amorim S. V. A.; Oliveira H. S.; Aguiar R. G.; **Índice De Focos De Calor Na Reserva Biológica Do Jaru Durante O Período De 2005 A 2015.** IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, XV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental e III Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade 2017.
- [5] NEPSTAD, D. C., Moreira, A. G., Alencar, A. A. A. **Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia.** Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil.1999.

[6] SANTOS, A. R; **ArcGIS 9.3 Total: aplicação para dados espaciais**. Alegre: CAUFES; p 135. 2010.

[7] MMA. **Unidade de conservação - reserva biológica do Guaporé**. Ministério do Meio Ambiente, CNUC. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatórioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=206>. Acesso em outubro de 2017.

[8] INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Plano de Manejo da Reserva Biológica do Guaporé**. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/rebio_guapore_pm.pdf. p. 27. Brasília 1984.

[9] INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE ICMBIO. **Reserva Biológica do Guaporé**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/9386-conservacao-ambiental-prioridade-do-ano>. Acesso em 20 de novembro de 2018.

[10] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Programa de Queimadas**. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em 20 de novembro de 2018.

[11] BRASIL. **Resolução Conama 473/15**. Dispõe no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), e altera o §2º do art. 1º e inciso III do art. 5º da Resolução CONAMA nº 428/2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=719>. Acesso em 03 de setembro de 2019.

[12] BRASIL. **Resolução Conama 428/10**. Dispõe no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC). Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=719>. Acesso em 03 de setembro de 2019.

[13] SILVERMAN, Bernard W. **Density estimation for statistics and data analysis**. Routledge, 2018.

[14] IBAMA. **Plano de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais da Reserva Biológica do Guaporé**. Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais – Prevfogo. Disponível em http://www.ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/planos_operativos/plano_operativo_reserva_biologica_do_guapore.pdf. 2007.

MONITORAMENTO E CORREÇÃO AUTOMATIZADA DE PH EM TRATAMENTO DE EFLUENTES COM A PLATAFORMA ARDUINO

AUTOMATED PH MONITORING AND CORRECTION IN EFFLUENT TREATMENT WITH AN ARDUINO PLATFORM

David Junio da Silva Conrado ¹; Amanda Boina Speroto¹; Alberto Dresch Webler²

¹Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, UNIR/Ji-Paraná.

²Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, UNIR/Ji-Paraná.

*Autor correspondente e-mail: davidjunio77@gmail.com.

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo desenvolver um sistema de correção e monitoramento automático de pH no tratamento de efluentes com a plataforma Arduino. O efluente utilizado é oriundo de um laticínio e seu tratamento é composto por um reator anóxico e um aeróbio. Depois de calibrada com solução tampão pH 4, 7 e 9 a sonda foi introduzida no reator aeróbio e avaliou-se o sistema sem e com a correção automática de pH através da inserção do carbonato de sódio. Os dados de pH e temperatura foram armazenados em um cartão de memória no módulo SD e o sistema foi programado para ativar quando o valor de pH for menor que 6.5 e desligado quando atingido esse valor para se evitar a alcalinização do efluente. Na primeira fase foi realizado monitoramento do pH a cada 10 minutos durante 7 dias onde apresentou uma variação de 5,6 a 9,8, com 24,05% do tempo abaixo de 6,5. A segunda fase consistiu em leituras a cada 1 minuto durante 11 dias com a inserção de 5 g.L⁻¹ de carbonato de sódio. Este segundo caso se mostrou eficiente com valores de pH acima de 6,5 a qual se objetivou. Logo, essa plataforma de automatização mostrou-se eficiente para a correção do pH o deixando mais estável.

Palavras-Chaves: Automatização, temperatura, pH, arduíno.

ABSTRACT

The goal of this research is to develop an automatic pH correction and monitoring system for the treatment of effluents using Arduino platform. The effluent used comes from a dairy and its treatment consists of a non-toxic and an aerobic reactor. After calibration with pH 4, 7 and 9 buffer solution the probe was introduced into the aerobic reactor and the system was evaluated without and with an automatic pH correction through the insertion of sodium carbonate. The pH and temperature data were stored on an SD card and the system was programmed to activate when the pH value was less than 6.5 and turned off when this value was reached to avoid effluent alkalization. In the first phase, pH monitoring was performed on each 10 minutes for 7 days where it presented a variation from 5.6 to 9.8, with 24.05% of the time below 6.5. The second phase consisted of readings on each minute for 11 days with the insertion of 5 g.L⁻¹ sodium carbonate. This second case proved to be efficient with pH values above 6.5 which was concrete. Therefore, this automation platform proved to be efficient for pH correction making it more stable.

Key words: Automatization, temperature, pH, Arduino.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma grande carência na área de saneamento básico, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 52,2% da população vive em situação precária em relação ao saneamento básico [1], a maioria desses 5.507 municípios são de populações abaixo de 10.000 habitantes e que despejam seus dejetos in natura, em corpos hídricos ou direto no solo [2].

Nesse contexto a Organização Mundial de Saúde (OMS) demonstra que o saneamento básico é um dos principais meios de prevenção e precaução de doenças e agravos a saúde humana, onde com aplicação de recursos em saneamento economiza R\$ 4,00 em tratamentos e medicina para cada R\$ 1,00 colocado no saneamento no país [1,3].

Assim falta de investimentos em saneamento básico comina nas calamidades vividas a saúde humana, focando a coleta e tratamento do esgoto como ações fundamentais de gestão a prevenção das doenças, trazendo assim um quadro de preocupação geral dos municípios brasileiros em relação a questão [4].

No tratamento de esgoto, o controle dos parâmetros físico-químicos tem grande importância, contribuindo para monitorar a qualidade do processo de tratamento. Entre esses parâmetros destacam-se o potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, condutividade elétrica, dureza, umidade, entre outras [5].

O pH é a medida do balanço ácido de uma solução, definida como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que os valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto os valores de 7 a 14 indicam aumento da alcalinidade [6].

O pH influencia o grau de solubilidade de diferentes substâncias e na distribuição das formas livres e ionizadas em água, sua medição é fundamental por ser uma forma de garantir, controlar e evitar alguns problemas no tratamento de efluentes. Essa análise é conveniente para determinar as formas de tratamento. Durante o tratamento do efluente o monitoramento do pH é fundamental na entrada e saída do sistema, pois garante a despejo do esgoto aos cursos de água ou o reuso em outras atividades, sem causar risco a saúde humana e danos no meio ambiente. [7].

Nesse contexto de monitoramento, a plataforma Arduino nos últimos anos vem ganhando espaço entre pesquisadores e cientistas pelo seu potencial de desenvolvimento e a facilidade de ser utilizado [8]. Existem sensores para essa plataforma que capturam ações do ambiente como temperatura, umidade, pH, distância, sons, oxigênio dissolvido, entre outros. Essas informações são convertidas em informações digitais que o seu desenvolvedor pode

usar para acionar outros dispositivos como luzes, motores e outras saídas físicas, além de poder armazenar as informações em dispositivo digital [9].

A plataforma então possibilita um ambiente de inúmeras variações de projetos, trazendo inovações em várias áreas e mecanismos que possam ser de diferentes finalidades como projetos relativos à temperatura, pH, robótica, sensores de presença, automações de mecanismos, entre outros [10].

Por estes e outros motivos esse trabalho teve o objetivo de desenvolver um sistema de correção e monitoramento automático de pH no tratamento de efluentes com a plataforma Arduino.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado na Universidade Federal de Rondônia (UNIR) campus de Ji-Paraná, especificamente no Laboratório de Saneamento (SANEAM). Para a pesquisa foram usados os seguintes materiais: uma placa Arduino Uno R3, jumpers, conector USB para Arduino, um microcomputador com sistema operacional Windows 7 de 32 bit, uma protoboard, um módulo sensor de pH com eletrodo Sonda Bnc, um Arduino Shield Motor Driver 2x2A, uma bomba peristáltica, um recipiente de 500ml para a solução de Na_2CO_3 , fontes 12v, dois módulos para cartão de memória, um sensor de temperatura a prova d'água DS18B20. Para a programação em linguagem C++ foi utilizado o próprio IDE do Arduino instalado em microcomputador.

As leituras foram feitas no laboratório onde existe um sistema de tratamento de efluentes de laticínios em regime contínuo composto por um reator anóxico e um aeróbio em escala de bancada e foram realizadas especificamente no sistema aeróbio. O monitoramento do pH e temperatura foi realizado entre os dias 14 de junho de 2018 e 10 de julho de 2018.

A calibração do sensor pH foi feita com soluções tampão de pH 4, 7 e 9. As ligações e a montagem foram feitas de acordo com a Figura 1, que ilustra seu funcionamento. Basicamente o sensor muda sua tensão de acordo com o valor do pH, possibilitando programar para ativa a bomba que insere a solução de Na_2CO_3 para corrigir o pH para um valor necessário.

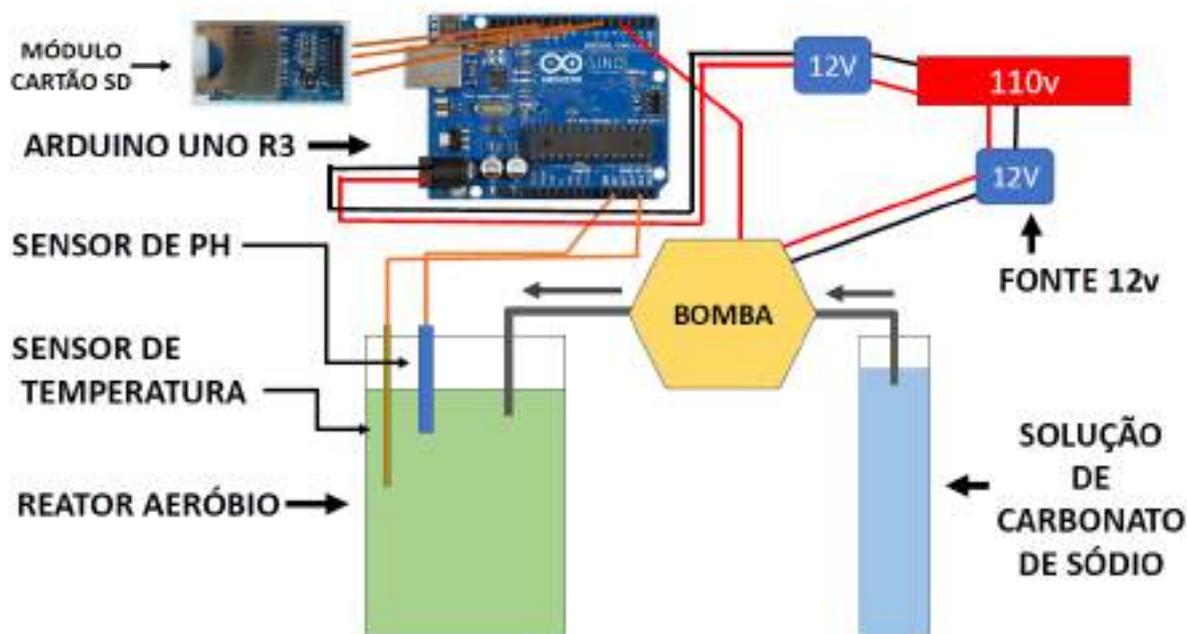


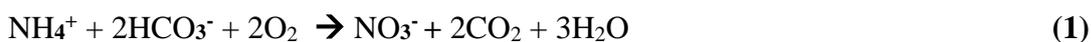
Figura 1: Ilustração das ligações e funcionamento do monitoramento no reator aeróbio.

O sistema foi avaliado de duas formas uma sem a correção, ou seja, sem a inserção de carbonato de sódio e a outra com a correção do pH. As leituras foram de modo automático sendo armazenado em cartão de memória no módulo SD, tanto temperatura quanto pH. As soluções e leituras foram feitas de acordo com a tabela 1.

Tabela 1: Soluções utilizadas na correção do pH.

| <i>DATA</i> | <i>SOLUÇÃO</i> |
|-------------------------|---|
| 14/06/2018 a 21/06/2018 | Sem correção |
| 21/06/2018 a 02/07/2018 | Na ₂ CO ₃ – 5 g.L ⁻¹ |

O carbonato de sódio age para propiciar os teores de HCO₃⁻ necessários para a nitrificação, conforme a equação 1 [11], desse modo pode-se ter a alcalinidade necessária e evitar problemas com a variação do pH. A bomba é ativada quando o valor de pH for menor que 6,5, contudo quando é atingindo o pH 6,5 é desligada automaticamente, evitando assim uma alcalinização do efluente.



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira leitura e observação foi feita realizada em intervalo de 10 minutos pelo Arduino sem a inserção de carbonato de sódio, onde ficou ativo do dia 14 de junho de 2018 a

21 do mesmo mês. Durante esse período foram armazenados os dados pH e a temperatura do reator.

A temperatura teve média de 24,2°C, com máxima e mínima de 26,1°C e 21°C, respectivamente. A variação foi influenciada pela refrigeração que há no local, por sua vez o pH, teve uma variação de 5,6 a 9,8, com 24,05% do tempo abaixo de 6,5. Vale ressaltar que sob pH mais ácidos (<6,5) as bactérias nitrificantes apresentam desempenho insatisfatório, sendo o ideal podendo variar entre 7 a 9 para o bom desenvolvimento das BOAs (Bactérias Oxidadas da Amônia) [12].

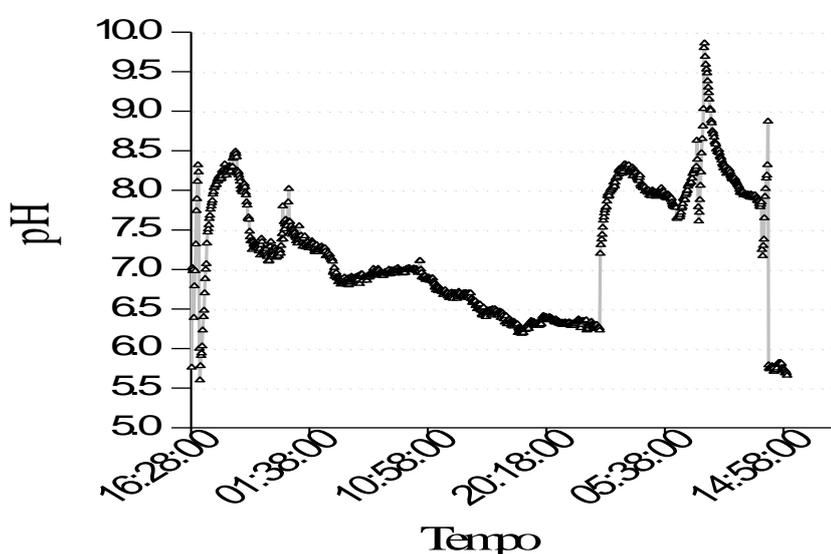


Figura 2: Leituras de pH.

Esses valores são típicos de efluentes industriais como também mostram as pesquisas de [13, 14]. Assim evidencia o papel fundamental do controle do processo de forma autônoma.

A segunda etapa consiste no teste em que o Arduino realiza leituras cada 1 minuto e corrige de forma automática o pH através da inserção de solução de carbonato de sódio (5 g.L⁻¹). Nessa etapa, observando a figura 3 é possível ver valores distintos a figura 2, onde mostra que ao longo do período controlado ficou acima de 6,5, o qual era o objetivo. Também pode-se verificar picos durante o processo, isso se deve ao tempo entre leituras, favorecendo em elevação súbita do meio, porém esses valores estão dentro do ideal para a nitrificação.

O carbonato de sódio é a alternativa eficaz quando se trata de controle de acidez, quando inserido em meio aquoso rapidamente reage com a água onde forma hidroxila e libera o sódio como cátion. Isso se torna positivo quando se trata de águas residuárias já que o pH

dentro da faixa ideal é base para a nitrificação e sequência no processo de tratamento [15]. Ainda, segundo [16], os carbonatos são uma alternativa de baixo custo em um tratamento para metais pesados, onde ajuda no processo de precipitação desses compostos.

O processo de correção se mostrou eficaz quando se alinha uma faixa ideal de tratamento, abaixo de pH 6,5 o processo de nitrificação no reator seria minimizado e ineficaz ao tratamento. Pensando em um tratamento de qualidade, onde se pode ter o controle das características do efluente o Arduino traz soluções rápidas e simples, sem a necessidade de mão de obra altamente qualificada conhecedora de equipamentos com maior complexidade tanto de operação quanto de manuseio.

De acordo com [17] o objetivo em se manter pH estável durante o tratamento, pois para ser um tratamento representativamente eficaz deve-se manter o monitoramento e caracterização constante do efluente, nesse objetivo manter o valor de pH estável é manter as reações, principalmente envolvendo a nitrificação, constantes e em faixa de qualidade ideal.

Essa estabilidade de pH durante o experimento pode ser observada. Isso é positivo dentro do tratamento de efluente, favorecendo a variação das reações, dentro do reator será minimizada e a qualidade do tratamento sempre será o previsto, tendo o pH controlado.

Dentro de um tratamento biológico o grupo predominante que se considera da biomassa são as bactérias, o crescimento de tais são altamente influenciáveis pela variação de temperatura e alcalinidade, segundo [18], principalmente os ácidos graxos voláteis devem estar em equilíbrio com o pH, já que baixos valores estão ligados a elevadas quantidades de ácidos graxos voláteis o que, em desequilíbrio, ocorre uma inibição do processo anaeróbio.

Nesse intuito o ambiente que se deve criar para um processo anaeróbio ideal é onde se tem uma aceleração do processo de digestão da matéria orgânica, favorecendo o crescimento e manutenção dos microrganismos dentro do reator, como explicado por [19]. Para essa melhora do ambiente no reator e a manutenção a automação com custos reduzidos pode ser viavelmente aplicada mantendo o reator em ambiente ideal.

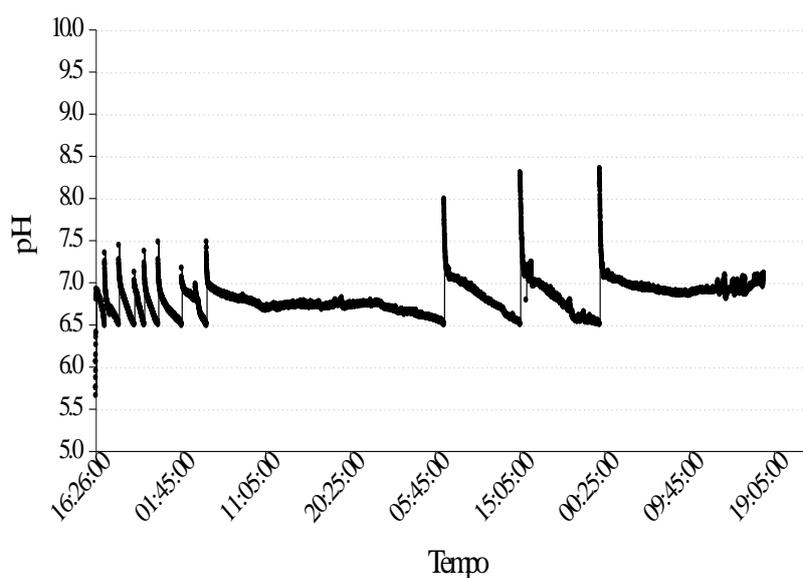


Figura 3: Leituras de pH entre os dias 26/06/2018 e 02/07/2018.

Nas estações de tratamento o monitoramento contínuo é uma necessidade básica do sistema, porém em geral há apenas controle de vazão. Um dos motivos são os sistemas são de alto custo, porém com a plataforma Arduino os custos reduzem, se mostrando uma alternativa viável economicamente e qualitativamente.

O sistema desenvolvido apresentou um custo de R\$ 500,00, além do baixo custo se mostrou altamente atrativo e minimiza o controle por técnicos. Juntamente a isso, o Arduino torna o sistema automático o que abre a possibilidade de funcionários responsáveis pelo monitoramento terem disponibilidade para outras áreas da estação, além de minimizar o erro humano com dado que não expressem a realidade do tratamento, já que o sistema fica parado e sem a necessidade de auxílio contínuo em seus sensores.

4. CONCLUSÃO

O objetivo proposto de correção do pH foi alcançado, devendo adotar padrões e observações antes de fazer a correção automática, como a escolha e a concentração da solução de correção, volumes dos reatores, e a vazão derivada da bomba.

Como um sistema de baixo custo se mostra promissor a ser adotado em estações e outras atividades, favorecendo além dos custos a operação. A implementação desse sistema em estações de tratamento de efluentes e outras, traz o benefício do melhoramento da qualidade do tratamento originada pelo monitoramento contínuo, assim, o benéfico ao corpo receptor e por sua vez o ambiente.

5.REFERÊNCIAS REFERÊNCIAS

- [1] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2008) Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2018.
- [2] TONETTI, A.L.; CORAUCCI FILHO, B.; BERTONCINI, E.I.; OLIVEIRA, R.A.; STEFANUTTI, R. (2010) **Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 2, p. 227-234.
- [3] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). (2000) Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bulletin of World Health Organization*, v. 78, n. 9. Genebra.
- [4] OGERA, R.C.; PHILIPPI JR., A. Estudo comparativo da gestão municipal estadual de serviços de água e esgoto. In: ROMÉRO, M. A.; PHILIPPI JR., A.; BRUNA, G. C. **Panorama ambiental da metrópole de São Paulo**. São Paulo: Signus, 2004. P. 545-552.
- [5] RIBEIRO, J.C. & SILVA, G.H.R. **Acompanhamento operacional e avaliação de uma ECTE: reator UASB seguido de FAZ**. *Engenharia Sanitária e Ambiental* | v.23 n.1 | jan/fev 2018 | 27-31.
- [6] CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. **Chapter 3. Selection of Water Quality Variables. Water Quality and Assesments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring, Chapman**. 1996. Tese de Doutorado. D.(ed).
- [7] VON SPERLING, MARCOS. **Introdução das águas e ao tratamento de esgotos**. 4.ed. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.
- [8] BRAGA, Newton C. **Curso Básico de Eletrônica**. 5. ed. São Paulo, Brasil: Nova Saber, Julho, 2009.
- [9] FONSECA, Érika Guimarães Pereira da Fonseca. BEPPU, Mathyan Motta. **Apostila Arduino**, Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, outubro, 2010.
- [10] OXER, J. (2009). **Arduino prático: projetos legais para hardware de código aberto**, tia.
- [11] METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5ª ed., McGraw Hill Brasil, 2017.
- [12] ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, A. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Engenharia sanitária e ambiental: órgão oficial de informação técnica da ABES**. Vol. 21, n. 1 (jan./mar. 2016), p. 29-42, 2016.
- [13] SANTOS, R. C. L.; LIMA, A. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M.; MARQUES, M. N. **Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe**. *Eng Sanit Ambient* | v.23 n.1 | jan/fev 2018.

- [14] SILVA, R. R.; SIQUEIRA, E. Q.; NOGUEIRA, I. D. **Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d'água na Bacia do Rio Pomba.** Eng Sanit Ambient | v.23 n.2 | mar/abr 2018.
- [15] ALVES, J. G.; PLA-SENTÍS, I.; CAMACHO, R. **A MODEL TO EXPLAIN HIGH VALUES OF pH IN AN ALKALI SODIC SOIL.** Sci. agric. (Piracicaba, Braz.) vol.59 no.4 Piracicaba Oct./Dec. 2002.
- [16] AMARANTE JUNIOR, O. P.; FERNANDES, R. P.; TAKIYAMA, L. R. **Uso De Cal Cita Para Tratamento De Efluentes Aquosos De Características Ácidas Gerados Em Laboratórios De Química.** Cad. Pesq., São Luís. v. 14. n. I. p.104-117.jan./jun. 2003.
- [17] JORDÃO, E.P. e PESSÔA, C.A. *Tratamento de Esgotos Domésticos.* 6ª Edição. ABES, Rio de Janeiro, 2011.
- [18] KUS, F.; WIESMANN, U. Degradation kinetics of acetate and propionate by immobilized anaerobic mixed cultures. **Water Research**, New York, v. 29. 1995.
- [19] CAMPOS, C. M. M.; CARMO F. R. DO; BOTELHO, C. G.; COSTA, C. C. da, Development and operation of na upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) treating liquid effluent from swine manure in laboratory scale. **Revista Ciência e Tecnologia.** V. 30. 2006.

**O ENSINO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UMA EXPLANAGEM SOBRE SUA
CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICO-SOCIAL**

**THE TEACHING OF ENVIRONMENTAL EDUCATION: AN OVERVIEW ON IT'S
SOCIO-HISTORICAL CONTEXTUALIZATION**

Misley Alzília da Silva Estevão^{1*}

¹Biomédica. Discente do Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo UNIR. Responsável Técnica pelo Laboratório de Química/Bromatologia do Instituto Federal de Rondônia, *campus* Cacoal

*Autor correspondente: e-mail: misley.estevao@ifro.edu.br

RESUMO:

Nas últimas décadas ao longo de suas conquistas o homem foi corrompendo a noção de sua interação com o meio ambiente, adquirindo uma consciência mais individualista e adotando maneiras de desenvolvimento não sustentáveis. É meta para este século a criação de uma sociedade com condições de vida harmoniosas e produtivas para todos, o que implica em um engajamento social intenso, o qual pode ser assegurado por uma proposta educativa. Neste sentido, o ensino de Educação Ambiental tem importante relevância para a vida dos cidadãos, visto que desenvolveu-se de modo construtivo. Entretanto, pleiteia problemas importantes que podem afetar seus princípios fundamentais. Destarte, o presente estudo tem como base evidenciar os aspectos que norteiam o ensino de Educação Ambiental, bem como compreender a sua aplicação nas instituições de ensino nos últimos anos. Neste trabalho realizou-se um levantamento bibliográfico nos principais sites de conteúdo científico entre os meses de Outubro e Novembro de 2018. Utilizou-se o modelo sistemático de pesquisa. Para tanto, foram utilizados os termos de busca: Ciências Ambientais, Ensino da Biologia e Educação Ambiental nas Escolas. Pesquisas realizadas anteriormente, apontam que apenas 30,77% dos alunos entrevistados considera a escola como o ambiente em que mais se agrega conhecimento sobre as questões ambientais. O presente estudo consignou que há um déficit na educação básica quando trata-se de Educação Ambiental.

Palavras-chave: Educação Ambiental nas Escolas; Sustentabilidade; Evolução da Educação Ambiental; Ciências Ambientais.

ABSTRACT

In the last decades, throughout its conquests humanity has been corrupting the notion of its interaction with the environment, acquiring a more individualistic conscience and adopting unsustainable ways of development. It is the goal of this century to create a society with harmonious and productive living conditions for all, which implies an intense social engagement. Which can be ensured by an educational proposal. For that reason, the teaching of Biology has important relevance for the life of the citizens. Environmental education has developed in a constructive way. However, is related with important issues that may affect its fundamental principles. Thus, the present study is based on evidence of the aspects that guide the teaching of Biology with emphasis on Environmental Education, as well as the

understanding of its application in educational institutions. In this research a bibliographic gathering information was carried out in the main sites of scientific content occurred during the months of October and November of 2018. The systematic research model was used. For that reason the main terms were used: Environmental Sciences, Biology Teaching and Environmental Education that were taken from. Previous research has shown that only 30.77% of the students interviewed consider school as the environment in which knowledge about environmental issues is added. The present study stated that there is a deficit in Environmental Education.

Keywords: Environmental Education in Schools; Sustainability; Evolution of Environmental Education; Environmental Sciences.

1. INTRODUÇÃO

A espécie humana, em seu próspero desenvolvimento, revolucionou o seu modo de vida com novas explorações tecnológicas, as grandes revoluções apenas se tornaram possíveis, devido a persistência humana, e sua crescente sabedoria, organização e acima disso, de sua integração e ligação com o meio ambiente. Com a preservação do equilíbrio dinâmico da natureza, o ser humano foi capaz de crescer e explorar o mundo. No entanto nas últimas décadas ao longo de suas conquistas, o homem foi corrompendo a noção de sua interação com o meio ambiente, adquirindo uma consciência mais individualista [1]. A humanidade foi adotando hábitos de desenvolvimento não sustentáveis, induzindo assim ao esgotamento de recursos naturais, à poluição e ao contínuo processo de degradação ambiental [2].

Conforme discutido por Delors [3] e Borges & Lima [4], é meta para este século a criação de uma sociedade com condições de vida harmoniosas e produtivas para todos, o que implica em um engajamento social intenso, o qual pode ser assegurado por uma proposta educativa que possibilite o acesso a um tipo de conhecimento capaz de ampliar e enriquecer a interpretação de mundo dos indivíduos. Neste sentido, o ensino de Educação Ambiental tem uma importante relevância para a vida dos cidadãos.

Tais conhecimentos devem contribuir para que os cidadãos sejam capazes de usar o que aprenderam ao tomar decisões de interesse individual e coletivo, no contexto de um quadro ético de responsabilidade e respeito que leva em conta o papel do homem na Biosfera. Em adição, espera-se que o ensino de educação ambiental possa ampliar o entendimento que o indivíduo tem da sua própria organização biológica e do lugar que ocupa na natureza e na sociedade, visando à melhoria da qualidade de vida.

A educação ambiental desenvolveu-se de modo construtivo. Entretanto, pleiteia problemas importantes que podem afetar seus princípios fundamentais. O principal desafio contemporâneo é a predominância da ideologia do desenvolvimento. Rist, [5], afirma que esta ideologia consiste na “educação para o desenvolvimento sustentável”.

Em Fundamentos da Educação, Iriane Cristina Piva, esclarece que:

A Educação Ambiental tem como objetivo geral mostrar ao ser humano a complexa natureza do meio ambiente, que resulta da interação dos seus aspectos biológicos, físicos, sociais e culturais. Portanto, ela deve criar para o indivíduo e para a sociedade meios para se entender como estes diversos elementos se relacionam, para que assim possamos promover uma utilização mais reflexiva e consciente dos recursos do meio ambiente atendendo as necessidades da humanidade [6].

Diante das intensas críticas oriundas de toda parte (dos filósofos, dos sociólogos, dos educadores, dos próprios economistas etc.) relativas à ideia do desenvolvimento sustentável, a inclinação atual é a de que cada um redefina a seu modo esse conceito inevitável, que já então se impôs nas diversas esferas da sociedade. Compreende-se, assim, que o desenvolvimento sustentável não seria um fim claramente definido, mas sim seria uma meta a ser atingida, cabendo a cada indivíduo traçá-la de acordo com sua percepção. Após a premissa da existência de um consenso universal pelo desenvolvimento sustentável, há um novo argumento da legitimidade e até mesmo da necessidade de identificar caminhos diferentes em direção a essa meta, visando promover a ideia (já então percebida como incontornável) de um “desenvolvimento sustentável” [7].

A educação ambiental sustenta uma recente discussão sobre as questões ambientais e transformações de conhecimentos, valores e atitudes que devem ser seguidos diante da nova realidade a ser construída, constituindo uma importante dimensão que necessita ser incluída no processo educacional. Sendo uma ciência recente que está em constante crescimento, desenvolvendo-se com as práticas cotidianas dos educadores. Ela tem a importante função de

atingir toda a população, inclusive as novas gerações, formando cidadãos que possam responder pelo processo de mudanças do atual estado ambiental da Terra [8].

Destarte, o presente estudo tem como base evidenciar os aspectos que norteiam o ensino de Educação ambiental bem como compreender a sua aplicação nas instituições de ensino e na sociedade em geral nos últimos anos. Na presente pesquisa realizou-se um levantamento bibliográfico entre os meses de Outubro e Novembro de 2018. Utilizou-se o modelo sistemático de pesquisa na base de dados Google Acadêmico e Scielo, sem limites de data. Para tanto, foram utilizados os termos de busca: Ciências Ambientais, Ensino da Biologia, Educação Ambiental nas escolas.

2. A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO SOCIAL CONTEMPORÂNEO

Segundo Guedes [9], a Educação Ambiental é um tema muito discutido atualmente devido ao fato de se perceber a necessidade de uma melhoria do mundo em que vivemos, pois é facilmente notável que estamos regredindo cada vez mais em nossa qualidade de vida de um modo geral, nos deixando levar por nossas obrigações diárias. Nosso tempo nos parece cada vez mais curto, porque temos cada vez mais compromissos.

Além disso, com o crescimento da população mundial, a cada dia pode aumentar também o número de potenciais poluidores, caso estes não sejam devidamente orientados. Há ainda um outro fator que contribui para a diminuição de nossa qualidade de vida, que é o grande número de indústrias que afetam o meio ambiente. Mais recentemente é possível observar uma melhora na conscientização dos empresários e também da população, há uma preocupação mais acentuada da fiscalização por parte dos órgãos públicos competentes para a diminuição de poluentes emitidos [10].

Na atualidade percebe-se que a interação da sociedade com ambiente tem sido conflituosa, onde os aspectos econômicos têm se sobreposto a qualidade de vida coletiva. Assim, analisar, refletir e propor novos modelos de interação devem fazer parte do cotidiano e a escola é um dos espaços para tal atividade. Desta maneira, se deve imaginar que os educadores, juntamente de seus alunos, construam em conjunto esse processo de desenvolvimento de um sujeito ecológico, como propõe Carvalho [11]. O sujeito ecológico é aquele com capacidade e sensibilidade para identificar e compreender os problemas ambientais, mobilizando-se comprometendo-se com as decisões relacionadas a um ambiente equilibrado [12].

Como citado pelos autores anteriormente, nota-se que a Educação Ambiental é a responsável em implementar na população uma preocupação com os movimentos ecológicos, como também fornecer uma sensibilização, que seja capaz de evidenciar a má gestão do acesso aos recursos naturais, assim como o seu esgotamento, possibilitando então, envolver os cidadãos em ações sociais ambientalmente apropriadas.

Em linhas gerais pode-se dizer que a Educação Ambiental tem como objetivo mostrar ao ser humano a complexa natureza do meio ambiente, que resulta da interação dos seus aspectos biológicos, físicos, sociais e culturais. Portanto, ela deve criar para o indivíduo e para a sociedade meios para se entender como estes diversos elementos se relacionam, para que assim possamos promover uma utilização mais reflexiva e consciente dos recursos do meio ambiente atendendo as necessidades da humanidade.

Diante da realidade de que hoje na sociedade em que nos encontramos a escola tornou-se a responsável em parte de participar ativamente da formação de um cidadão responsável e crítico para com as questões globais que permeiam a atualidade, e sabendo que a educação ambiental dada nas escolas são de competência dos professores de Ciências e Biologia na educação básica, sentiu-se a necessidade com este estudo de analisar a contextualização da educação ambiental através de levantamento bibliográfico sobre o tema.

3. BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

O Ministério de Meio Ambiente Da Europa na década de 1960, após a segunda guerra mundial, passou a refletir sobre os prejuízos da radiação da bomba atômica, provocando discussões sobre o futuro do planeta, ocorrendo uma polêmica diante da temática Meio Ambiente, ambientalistas manifestam-se contra um sistema de relação homem-natureza, contra um sistema capitalista destrutivo que acelera a exploração dos recursos e despeja grande quantidade de poluentes no ar, solo e água. Carson [13], atenta para os perigos provocados por substâncias químicas produzidas pelo próprio ser humano, substâncias sintéticas que podem fugir do controle de seu uso e trazer prejuízos à vida e ao meio ambiente.

Somente na década de 1970, a Educação ambiental tornou-se integrante dos currículos escolares em Paris e em Estocolmo (Suécia), em 1972 a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano ergueu discussões sobre as seguintes problemáticas: crescimento populacional, modelo de desenvolvimento e a poluição provocada pelas indústrias. Uma das medidas preventivas propostas para esses problemas é, trabalhar as

questões ambientais com a educação e a responsabilidade ambiental como sendo individual e coletiva. Desde então, a Educação Ambiental passou a fazer parte do Programa Internacional de Educação, ficando a cargo da UNESCO e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), este programa evidenciava uma nova ética ambiental com planos para a erradicação da miséria, analfabetismo, desequilíbrios ambientais e dominação humana [12].

Ainda segundo Freitas [12], em 1977, em Tbilise (URSS), ocorreu a Primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, evento importante que legitimou e institucionalizou o processo da Educação Ambiental no mundo e também no Brasil. Foram lançadas propostas como: definição de diretrizes e atividades sobre educação ambiental, assim como a sua inserção nos currículos formais e não-formais.

Com a publicação da Lei 9.795, de 27/4/99 [14] que dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências, a questão ambiental foi estimulada, pois a implantação e aplicação da Educação Ambiental como temática de estudo passou a ser obrigatória. A citada lei define juridicamente Educação Ambiental como “o processo por meio do qual o indivíduo e a sociedade constroem valores sociais, saberes, desenvoltura, práticas e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, como também práticas de uso comum do público, tais práticas são essenciais para uma satisfatória qualidade de vida, relacionando-se com a sustentabilidade ecológica.

4. A PRÁTICA DOCENTE SEGUNDOS OS PRECEITOS DA FILOSOFIA DA EDUCAÇÃO

A educação não consiste simplesmente da transmissão de herança dos antepassados para as novas gerações, mas é o processo pelo qual também se torna possível a gestação do novo e a ruptura com o velho. Evidentemente, isto ocorre de maneira variável, conforme sejam as sociedades estáveis ou dinâmicas. As comunidades primitivas e as tradicionalistas resistem mais às mudanças, no entanto, nas sociedades urbanas contemporâneas, as novas adaptações costumam ser mais aceitas. Para o professor José Libâneo, educar (em latim, *educare*) trata-se da condução de um estado a outro, é modificar numa certa direção o que é suscetível de educação. O ato pedagógico pode, então, ser definido como uma atividade sistemática entre seres sociais, tanto no nível do intrapessoal como no nível da influência do meio, interação essa que se configura numa ação exercida sobre sujeitos ou grupos de sujeitos visando provocar neles mudanças tão eficazes que os tornam elementos ativos desta própria

ação exercida. Diz ainda o professor Libâneo que o especificamente pedagógico está na imbricação entre a mensagem e o educando, propiciada pelo agente [15].

Como instância mediadora, a ação pedagógica na área de Educação Ambiental bem como em outras Ciências estabelece a reciprocidade entre indivíduo e sociedade. Compreende-se que a Educação Ambiental não pode ser estabelecida fora de um contexto histórico-social concreto e, portanto, a prática social é o ponto de partida e o ponto de chegada da ação pedagógica. Deste modo, a Educação Ambiental deve ser trabalhada conforme os conceitos científicos contemporâneo e a realidade socioambiental global na qual a humanidade se encontra, através da mensagem pedagógica estabelecida no âmbito da Educação Ambiental o indivíduo torna-se apto a desenvolver e compreender ações ecologicamente corretas, priorizando assim a preservação de recursos naturais.

4.1 A Formação docente

A formação docente do professor baseia-se em três aspectos principais; a qualificação, a formação pedagógica e a formação ética e política. No primeiro aspecto procura-se garantir a competência do professor por meio do domínio do conteúdo dentro da área escolhida. O segundo aspecto nos mostra que não basta ser bem informado, é necessário selecionar o conteúdo a partir dos objetivos concebidos de antemão, visando a garantir a eficácia da ação. O docente deve dominar também, além dos aspectos teóricos, os cursos técnicos, desenvolvendo habilidades que viabilizam a atividade docente, e agregando elementos que possibilitem umas práxis educativa reflexiva. O último aspecto se refere ao fato de que o professor desenvolve um trabalho intelectual transformador, ele almeja não somente mudar o comportamento do aluno, como também educa para um mundo melhor, que está para ser construído, compreende-se então, que a Educação está inserida em um contexto maior, sendo este social, econômico e político. Por isso o professor não pode estar alheio aos acontecimentos de seu tempo, devendo ser capaz de realizar juízos de valor a respeito dos comportamentos coletivos e individuais, sempre e atento aos valores políticos e morais [15].

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dificuldades enfrentadas pelos professores na abordagem da educação ambiental

Apesar de a Educação Ambiental ter se tornado obrigatória desde 1999 no Plano Nacional de Ensino no Brasil, a sua aplicação tem enfrentado algumas dificuldades. Um estudo realizado por Soares & Gurgel [8] no município de Águas Lindas-GO mostrou que apenas 33% dos professores entrevistados fazem saída de campo com seus alunos. Apesar das saídas de campo serem realizadas por um número menor de professores, esta é uma prática muito recomendada por educadores ambientais. Dias [16] e Pazda [17] sugerem que as atividades de campo são muito importantes para permitir a sensibilização ambiental, uma vez que nelas ocorre o contato direto com o ambiente, oportunizando assim a reflexão sobre valores, e consequentemente mudanças de atitude.

O mesmo estudo de Soares & Gurgel [8], identificou que apenas 37% dos professores entrevistados já desenvolveram projetos focados em Educação Ambiental e 63% não o fizeram. Assim pode se verificar que os projetos acontecem de forma esporádica e não institucionalizada. Ocorrem de forma pontual, ou seja, cada professor aborda como atividade curricular ou projeto fragmentado.

Em relação as limitações da aplicabilidade da Educação Ambiental Soares & Gurgel [8] ressaltaram que 60% dos professores atribuíram a falta de material como a responsável, enquanto 37% atribuem a falta de tempo e outros 20% desses afirmaram que há falta de interesse dos alunos. Para Pazda [17] a falta de material é um fator muito comum quando se trabalha Educação Ambiental, uma vez que é incomum encontrar livros que contenham a temática especificamente. Comumente os educadores se deparam com conteúdo onde existem questionamentos interligados a outros conteúdos, além disto, a maioria dos livros didáticos traz informações defasadas, confundindo a educação ambiental com o conteúdo de ecologia, atribuindo ênfase utilitarista da natureza e abordando os problemas ambientais de forma separada, dando mais foco a seus sintomas do que as suas causas e possíveis soluções.

5.2 Conceitos formados de educação ambiental sob a ótica de estudantes de ensino básico

Um estudo realizado no ano de 2016 intitulado de Anápolis/ Desafios Ambientais organizada por Joana D'arc Bardella Castro [18] e publicado pela editora da Universidade Estadual de Goiás mostrou que 51,28% dos estudantes possuem a televisão como principal fonte de informações sobre educação ambiental e apenas 30,77% apontam a escola como o ambiente em que mais se agrega conhecimento sobre as questões ambientais.

Em relação as áreas de educação ambiental mais conhecidas pelo estudante, este mesmo estudo revelou com base nas questões, que 32,05% dos estudantes entrevistados possuíam maior informação sobre os impactos da poluição ambiental na degradação do meio ambiente. E 29,49% dos alunos possuíam um maior conhecimento sobre as consequências dos desmatamentos no planeta; já 7,69% sabiam mais a respeito da destruição da camada ozônio e 30,77% tinham uma maior informação sobre o aquecimento global e o derretimento das calotas polares. É válido ressaltar que 37,18% destes alunos afirmaram não possuir nenhuma prática de preservação ambiental em seu dia-a-dia. Isso ocorre muitas vezes pela falta de sensibilização dos indivíduos para com o meio ambiente.

Segundo Galdino *et al.* [19] através de um estudo realizado no estado da Paraíba observou-se que a educação ambiental é trabalhada de forma transversal na matriz curricular do Ensino fundamental naquela região. Desta forma, quando indagou-se quanto os ensinamentos desta, os estudantes afirmaram que em sua escola 41% de seus professores as vezes ensinam sobre a educação ambiental, e esses ensinamentos geralmente ocorrem em suas salas de aulas, 23% disseram sim, que os professores ensinam em salas de aulas e em feiras de ciências, e 36% disseram não, que os professores não ensinam a educação ambiental. Este mesmo estudo ainda retratou que 70,5% dos participantes não possuíam a prática de eventos voltados ao estudo de educação ambiental, contra 29,5% que afirmam que possui tais eventos, citando como exemplo, o dia da árvore, poluição sonora, e feiras de ciências voltada a Educação Ambiental. A pesquisa abordou ainda sobre a questão do hábito de jogar lixo na rua, apontando uma realidade positiva, mas ainda muito tímida, onde 55,5% afirmaram que não jogam contra 45,5% que ainda jogam lixo na rua, por onde torna-se notável que uma grande quantidade de estudantes ainda possui o hábito de realizar práticas ecologicamente indevidas com o lixo.

Estes dados nos alertam para necessidade de apresentarmos práticas sustentáveis de cotidiano para os alunos da educação básica, possibilitando assim o desenvolvimento de indivíduos sensibilizados para com a atual situação do planeta. Percebe-se que ainda existe um déficit grande na prática de Educação Ambiental em escolas do Ensino Básico, e estas condições apontadas por estes estudos aqui descritos geralmente nos mostram uma realidade que se repete em todas as regiões do país.

De acordo com Veiga *et al.* [20], uma das funções mais importantes da escola é seu poder de influência e transformação da comunidade em que está inserida e é através da

temática ambiental que a escola pode apresentar um impacto significativo e positivo na sociedade.

5.3 A educação ambiental como políticas públicas

A UNESCO no ano de 1973, abordou a proteção de áreas naturais, e definiu que a dificuldade para a proteção dos ecossistemas naturais está na existência de diferenças de percepções de valores e da importância dos mesmos entre os indivíduos de culturas diferentes ou de grupos socioeconômicos que desempenham funções distintas no plano social. De acordo com Dias [16] é inevitável que a percepção influencie o comportamento humano e faça com que suas compreensões, sentimentos e aprendizados conduzam-se de acordo com a relação ao meio em que vive, e ao meio natural em que se encontra.

Segundo Sorretino *et al* [21] nos dias atuais a Educação Ambiental no Brasil vem sendo tratada como uma política pública. A abordagem do Programa Nacional de Educação Ambiental abrange um entendimento historicamente construído, os desafios destes são vistos como um caminho didático de transformação social e cultural. A educação ambiental compreende uma alteração de modelo que desenvolve tanto uma revolução científica, quanto política. As revoluções paradigmáticas, sejam científicas, sejam políticas, são episódios de desenvolvimento não cumulativo nos quais um modelo antigo é substituído por um novo, diferente do anterior.

Considerando a ética da sustentabilidade e os pressupostos da cidadania, a política pública é compreendida como um conjunto de procedimentos formais e informais que expressam a relação de poder e leva à resolução pacífica de conflitos, assim como à construção e ao aprimoramento do bem comum Sorretino *et al*, [21]. Carvalho [22] mencionou que a Educação Ambiental constrói um saber ecológico que compreenda natureza e sociedade como dimensões intrinsecamente relacionadas e que não podem mais ser tratadas seja nas decisões governamentais, seja nas ações da sociedade civil de forma distinta, independente ou autônoma.

Cavalcanti [23] estabelece a educação, gestão participativa e diálogo entre (atores, sujeitos sociais) como os três princípios fundamentais para a regulação ambiental. Sader [24] ainda afirma que a educação ambiental está deixando de ser direito público para ser espaço de

investimento. O resgate do caráter público do Estado necessita de sua ampliação no âmbito da educação e do ambiente.

Segundo Jacobi [25], atualmente há uma necessidade de se incrementar meios que possibilitem o acesso à informação, assim como é necessário reforçar a ideia de que o poder público tem o papel de promover ações indutivas para a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável nos conteúdos educacionais, visando nesta atitude um caminho possível para alterar o quadro atual de degradação socioambiental.

O educador, como profissional da educação, durante seu exercício tem um grande desafio para o Século XXI, sendo este a formação da consciência ambiental dos alunos, possibilitando o desenvolvimento e exercício de sua cidadania, através da modificação dos próprios modelos e conceitos, a partir de uma escola formadora e transformadora, onde os conceitos se desenvolvam através do trabalho escolar.

A implantação e integração da Educação Ambiental na escola só será possível se for pautada em ações pontuais qualificadas de forma sistêmica e racional, que alcancem os fins em relação às demandas, através de cenários metodológicos de ensino. A Educação Ambiental necessita ter definida o seu lugar nos padrões curriculares brasileiros, mencionado a que veio e o que pretende: não sendo suficiente apenas se basear no ensino sobre a natureza, no entanto, educar com a interação da natureza, conscientizar para o bem da natureza, visando a sustentabilidade e preservação de todos os indivíduos que compõem a biosfera.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos milênios o homem vem modificando o ambiente no qual se encontra, adaptando-o as suas condições e necessidades, o desmatamento e alterações ambientais para a prática da agricultura são observado desde 10000 a.C., entretanto, somente após a globalização, expansão marítima e dominância do capitalismo no mundo essa agressão ao ambiente se tornou mais evidente, se agravando na metade do século XIX com a revolução industrial. Somente a partir da década de 1960 começaram a surgir os primeiros grupos ambientalistas na Europa, representantes públicos de diversos países ao redor do mundo entenderam a necessidade de práticas sustentáveis, criando assim os Ministérios do Meio Ambiente. No Brasil questões acerca do Meio Ambiente se desenvolveram a partir da década de 70, tornando a Educação Ambiental obrigatória no Plano Nacional de Educação através de um projeto de lei criado em 1999. Apesar de movimentos ambientalistas estar presentes há

mais de meio século a humanidade caminha a passos lentos de encontrar um modelo ideal de sustentabilidade, seja por pressão econômica estimulada pelo capitalismo, seja pela falha da Educação Ambiental trabalhada nas escolas.

O presente estudo consignou que há um déficit na educação continuada dos professores dentro dos parâmetros da Educação Ambiental, os mesmos em sua grande maioria não sabem a melhor metodologia para se trabalhar temas relacionados ao meio ambiente, além disto, a Educação Ambiental é trabalhada muitas vezes de forma isolada, apenas em uma única semana do ano letivo, não sendo suficiente para a formação de um cidadão que entende seu papel no Ecossistema, assim como também não entende o papel e a importância dos demais seres vivos, e como estes estão interligados e dependentes entre si. De um modo geral, pode se compreender que a educação no Brasil aborda, mas não vivencia os saberes ambientais, uma vez que não aplica práticas cotidianas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GUIMARÃES, Mauro. **A dimensão ambiental na educação**. Campinas: Papyrus, 1995
- [2] PINO, Ivany Rodrigues (Coord.). **30 anos de Educação & Sociedade. Educação & Sociedade, Campinas: CEDES**, v. 29, n. 104, p. 641-644, out. 2008.
- [3] DELORS, J. (org.) **Educação para o século XXI**. Porto Alegre: Artmed, 2005
- [4] BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R. **Tendências Contemporâneas do Ensino de Biologia no Brasil**. Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias, v. 6, n. 1, 165-175p, 2007.
- [5] RIST **Le Développement: histoire d'une croyance occidentale**. Paris: Les Éditions Sciences Po, 1996.
- [6] PIVA, Iriane Cristina. **Fundamentos da Educação Ambiental**. POSEAD Educação a Distância. Brasília DF. 2008
- [7] CUBA, Antônio Marcos. **Educação ambiental nas escolas**. Rev. Eccom, v. 1, n. 2, p. 23-31, jul./dez., 2010.
- [8] SOARES, M.C.A; GURGEL, B.S. **Educação ambiental na escola**. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/4392/1/2012_MariadoCarmodosAnjosSoares.pdf. Acesso em 16 nov. 2018
- [9] GUEDES, José Carlos de Souza. **Educação ambiental nas escolas de ensino fundamental: estudo de caso**. Garanhuns: Ed. do autor, 2006.
- [10] YUS, R. **Educação integral: uma educação holística para o século XXI**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

- [11] CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico** – 3 ed – São Paulo; Cortex, 2008.
- [12] FREITAS. S.B. **Educação Ambiental na Escola**. Ponta Grossa, 2011. Disponível em:http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2010/2010_uepg_bio_pdp_selmara_bronoski_de_freitas.pdf. Acesso em 20 de Nov. 2018.
- [13] CARSON, R. Silent Spring. New York: Houghton and Mifflin, 1962.
- [14] BRASIL. **Lei nº 9.795, de 25 de abril de 1999**. Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.
- [15] ARANHA. Maria Lúcia de Arruda. **Filosofia da Educação**. 3 edição, São Paulo: Moderna, 2006
- [16] DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Global, 1998.
- [17] PAZDA, Ana Carla. **A Educação Ambiental e o professor de Ciências**. II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia 07 a 09 de outubro de 2010.
- [18] CASTRO, Joana D'arc Bardella. Anápolis, **Desafios ambientais** . - Anápolis : Editora UEG, 2016. 184 p. CAVALCANTI, C.
- [19] GALDINO Bianca Ramalho. **A educação ambiental: Uma visão geral das escolas de Ensino Fundamental na Paraíba**. João Pessoa, 2015. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_MD4_SA7_ID1738_21102016231304.pdf. Acesso em 20 de Novembro de 2018.
- [20] VEIGA, Alinne et. al.. **Um retrato da presença da educação ambiental no ensino fundamental brasileiro: o percurso de um processo acelerado de expansão**. 2 ed. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira, 2005. (Série Documental. Textos para Discussão 21). Disponível em: 14 <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao6.pdf>. Acesso: em 10 de Novembro de 2018.
- [21] SORRENTINO, M. et al. **Educação ambiental como política pública**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 285-299, maio-ago. 2005.
- [22] CARVALHO, I.C.M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Cortez, 2004.
- [23] CAVALCANTI, C. **Condicionantes biofísicos da economia e suas implicações quanto à noção do desenvolvimento sustentável**. In: ROMEIRO, A. R. et al. Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: UNICAMP, 1996.
- [24] SADER, E. **Estado mínimo ou máximo?** Jornal do Brasil, Opinião, Jornal do Brasil 24/4/2005.
- [25] JACOBI, P. **Educar para a Sustentabilidade: complexidade, reflexividade, desafios** In: Revista Educação e Pesquisa- vol. 31/2- maio-agosto, FEUSP, 2005.

PADRÃO DA CHUVA EM ÁREAS DE FLORESTA E PASTAGEM NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

RAINFALL PATTERN IN FOREST AREA AND PASTURE IN SOUTH WEST AMAZONIA

Cássia Cortes Valadão^{1*}, Renata Gonçalves Aguiar², Alberto Dresch Webler²

¹Estudante do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná.

²Docente do Departamento de Engenharia Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná.

*Autor correspondente: e-mail: cassiacortes2@gmail.com.

RESUMO

A conversão de florestas tropicais intactas para áreas de usos agropecuários, tornou-se assunto de interesse, haja vista as prováveis alterações no ciclo hidrológico regional e global e implicações climáticas. A presente pesquisa teve por objetivo analisar os padrões sazonais e horários da chuva em área de floresta e pastagem no sudoeste da Amazônia nos anos de 1999 a 2018. As medidas de chuva foram obtidas por pluviógrafos instalados em torres micrometeorológicas do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA, em Rondônia. Aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk para averiguação da normalidade nas distribuições dos dados, prosseguindo-se com o teste Wilcoxon-Mann-Whitney para a avaliação de diferença média anual e sazonal entre os dois sítios. A chuva média anual na área de pastagem foi 7,7% inferior a da área de floresta, sendo a média da chuva nessa área superior a de floresta apenas no período de estiagem. Verificou-se maior frequência de eventos de chuva de 0,1 a 5 mm nos dois sítios, com variabilidade horária associada a sistemas atmosféricos distintos, como convecção isolada local e sistemas convectivos de meso e larga escala.

Palavras-chave: Precipitação. Desmatamento. Agropecuária. Floresta Amazônica.

ABSTRACT

The conversion of intact tropical forests to areas of farming use has become a matter of interest, given the likely changes in the regional and global hydrological cycle and climate implications. The objective of the present research was to analyze the seasonal and hourly patterns of rainfall in forest and pasture area in in south west Amazonia from 1999 to 2018. Rain measurements were obtained by rainfall gauges installed in micrometeorological towers of the Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA, in Rondônia. The Shapiro-Wilk test was applied to verify normality in the data distributions, followed by the Wilcoxon-Mann-Whitney test to evaluate the annual and seasonal mean difference between the two sites. The average annual rainfall in the pasture area was 7.7% lower than in the forest area, and the average rainfall in this area was higher than forest area in the dry season only. There was a higher frequency of rainfall events from 0.1 to 5 mm at both sites, with time variability associated with differing atmospheric systems, such as isolated local convection and meso and large scale convective systems.

Keywords: Precipitation. Deforestation. Farming. Amazon rainforest.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 50 anos 20% da área originária da Floresta Amazônica foi desmatada [1], em média 60% da área desmatada virou pasto, com valores que alcançam 79% no estado de Rondônia [2]. Apesar do avanço na proteção da floresta, por intervenções em cadeias produtivas e implantação de políticas públicas de conservação, que reduziram o desmatamento a níveis recordes no país entre os anos de 2005 a 2011, o desmatamento ilegal voltou [3].

A atual expansão de monocultivos, da pecuária e de grandes projetos de infraestrutura na Amazônia aliado à crise econômica e política dos últimos anos, que restringe recursos a atividades de fiscalização, ameaçam a conservação da biodiversidade da Floresta Amazônica, os povos tradicionais, bem como a integridade de padrões climáticos regionais e global [4,5,6].

Análises de modelos atmosféricos demonstram que à medida que o desmatamento na Floresta Amazônica aumenta o vapor de água oriundo da evapotranspiração da floresta diminui, assim como a velocidade do vento e transporte de umidade na região, que acarreta na redução das chuvas em partes da bacia e regiões jusantes [7,8].

O declínio da chuva ou a redistribuição espacial e temporal dessa dentro da região, podem reduzir a umidade do solo e o rendimento agrícola bem como ampliar a ocorrência de problemas fitossanitários na agricultura e pecuária, fatores que comprometem a produção e conseqüentemente o preço final pago pelos consumidores [9,10,11], além disso tais alterações afetam o abastecimento humano, a produção de energia e saúde humana, entre outros, sendo, portanto, de interesse social, econômico e ambiental.

Haja vista que o estado de Rondônia possui desenvolvimento econômico atrelado às atividades agropecuárias, compreender as alterações no regime pluviométrico oriundas das mudanças do uso e cobertura da terra tornam-se cruciais frente ao atual cenário de aumento do desmatamento [12]. Deste modo o presente estudo objetivou analisar os padrões sazonais e horários da chuva em áreas de floresta e pastagem nos anos de 1999 a 2018 em Rondônia, no sudoeste da Amazônia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados dados de dois sítios experimentais pertencentes ao

Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (Programa LBA) no estado de Rondônia, um em área de floresta tropical primária e outra de pastagem (Figura 1), onde estão instaladas e em funcionamento desde 1999 duas torres micrometeorológicas de 63 m e 10 m de altura, respectivamente.

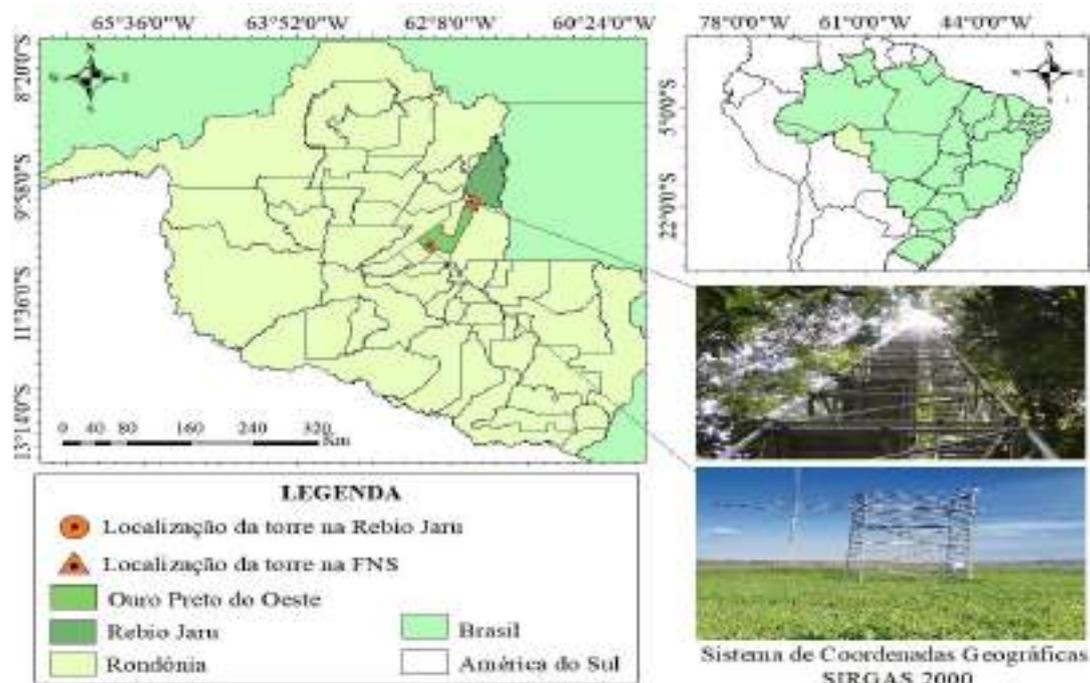


Figura 1. Localização das torres micrometeorológicas do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (Programa LBA) na Reserva Biológica do Jaru (Rebio Jaru) e Fazenda Nossa Senhora (FNS).

Fonte: Autoria própria.

A área de floresta ($10^{\circ}11'11,4''S$; $61^{\circ}52'29,9''W$) está localizada na Reserva Biológica do Jaru (Rebio Jaru). Possui vegetação predominante de Floresta Ombrófila Aberta sazonalmente seca ou semidecidual [13,14], com árvores de altura média de 32 m, emergentes de até 45 m e um sub-bosque rico em palmeiras, com haste com abertura de até 20 m [15].

A área de pastagem está localizada na Fazenda Nossa Senhora (FNS), no município de Ouro Preto do Oeste ($10^{\circ}45'44''S$, $62^{\circ}21'27''W$). Desmatada por meio do fogo em 1977 e a partir de 1991 destinada ao cultivo da gramínea *Brachiaria brizantha*. Está situada na porção central de uma área desflorestada de aproximadamente 50 km de raio [16].

O clima da região é determinado pela combinação de diferentes fenômenos atmosféricos. Na escala sinótica a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Alta da Bolívia são as principais responsáveis pelos altos índices de chuva nos meses de dezembro a março, período chuvoso da região. O deslocamento ao norte da Zona de Convergência Intertropical e o

Deste modo, para garantir a acurácia dos dados do presente estudo, haja vista as lacunas existentes ao longo da série de dados oriundas de problemas nos sensores ou outros erros não amostrais, somente foram utilizados nas análises sazonais e de frequência de eventos de chuva os meses com aproveitamento superior a 85%. Em cada figura foi descrito quantos meses foram utilizados nas análises em cada sítio experimental.

Para representar a chuva média anual foram considerados os dados obtidos nos anos de 2001, 2008, 2009 e 2018 na Rebio Jaru e nos anos de 2001, 2004, 2017 e 2018 na FNS, apresentando aproveitamento superior a 90% (Tabelas 1 e 2) e falhas existentes principalmente no período seco, reduzindo as perdas de registros de eventos de chuva.

Todos os dados foram tabulados no programa Excel 2016 [22] e os testes realizados com um nível de significância de 0,05, no programa BioEstat 5.3 [23]. Aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk para averiguação da normalidade nas distribuições dos dados, como não houve aderência, prosseguiu-se com o teste Wilcoxon-Mann-Whitney para a avaliação de diferença média anual e sazonal entre os dois sítios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A chuva média anual nos anos de 1999 a 2018 na Rebio Jaru foi de 2265,94 mm (n=4 anos) enquanto na FNS esse valor foi de 2090,51 mm (n=4 anos), 7,7% inferior. Esses valores estão próximos aos encontrados em um estudo desenvolvido nas mesmas áreas nos anos de 1999 a 2002, de 2000 a 2400 mm de chuva na área de floresta e de 1400 a 2000 mm na área de pastagem [16], e coerentes com os encontrados por outros estudos realizados na região [24, 25,26].

Estudos de modelagem climática sugerem reduções significativas das chuvas na bacia Amazônica pelas mudanças no uso e cobertura da terra, afetando a hidrologia regional e aumentando a vulnerabilidade humana, pelos impactos aos serviços ecossistêmicos locais e regionais [27,28].

A perda de biomassa acima do solo e área foliar induzida pelo desmatamento implica em redução das taxas de transferência de água para a atmosfera e aumento do escoamento superficial. As alterações em tais aspectos microclimáticos afetam não apenas as chuvas regionais como contribuem para que a atmosfera fique mais quente [29,30].

Ao analisar a significância das médias de chuva anual para o período de estudo, entretanto, não foi encontrada diferença significativa ($p = 0,915$) entre os dois sítios, podendo a diferença

nos valores médios estar associada à variabilidade dos elementos da amostra, e, portanto, não permitindo assumir que a chuva média anual na Rebio Jaru foi significativamente superior à da FNS.

Os maiores valores de chuva foram registrados na Rebio Jaru entre os meses de dezembro a março, representando cerca de 62% do total de chuva anual, e os menores entre os meses de junho a agosto (Figura 2), perfazendo 3% desse total, sendo esses meses correspondentes ao período chuvoso e seco observado no Estado, respectivamente [31]. A FNS por outro lado, apresentou os maiores valores médios mensais acumulados entre os meses de novembro a março, representando 68% do total de chuva anual, enquanto os menores foram registrados nos meses de junho e julho, 3% do total anual.

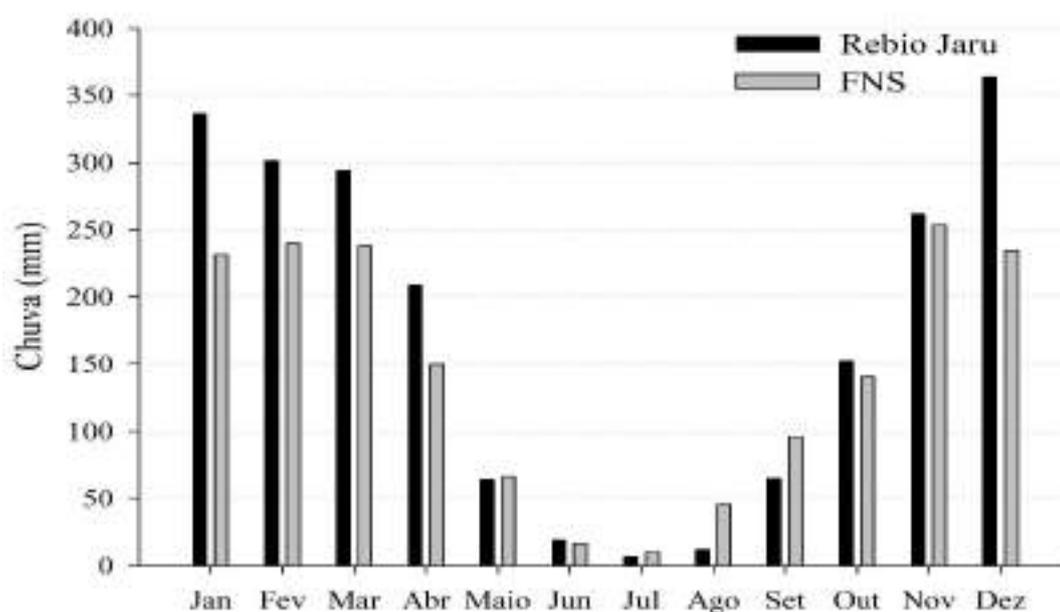


Figura 2 - Chuva média mensal na Reserva Biológica do Jaru (Rebio Jaru) e na Fazenda Nossa Senhora (FNS) nos anos de 1999 a 2018, $n_{\text{Rebio}} = 139$ e $n_{\text{FNS}} = 155$ meses.

Durante o período chuvoso, compreendido entre os meses de dezembro a março, a média da chuva na Rebio Jaru, de 305,8 mm ($n=49$), foi significativamente superior (p -valor = 0,002) a da FNS, de 226,32 mm ($n=58$), representando 26% a mais. Por outro lado no período seco, entre os meses de junho a agosto, a média na FNS (15,24 mm, $n = 37$) foi significativamente superior (p -valor = 0,015) a da Rebio Jaru (6,5 mm, $n = 34$), representando 57% a mais. Não encontrou-se diferença significativa nas médias de chuva nos períodos de transição úmido-seco (abril e maio) e seco-úmido (setembro a novembro) entre os sítios experimentais.

O desmatamento e a conversão de florestas em sistemas agropecuários alteram o

particionamento de energia da superfície, principalmente em termos de fluxos de calor latente e sensível e balanço de radiação. Resultados obtidos em um estudo realizado utilizando dados das mesmas áreas entre os anos 1999 a 2012, evidenciam que no período úmido o fluxo de calor latente na área de pastagem é cerca de 9% menor do que na área de floresta, enquanto no período seco essa diferença alcança 32%, havendo um maior direcionamento da energia na área de pastagem para o aquecimento da atmosfera nesses períodos em comparação com a área florestada [26].

Áreas de floresta apresentam maiores rugosidades do que áreas de cultivo e pastagem, o que favorece a convecção profunda, a formação de nuvens e potencialmente a chuva. Essas áreas apresentam ainda maiores taxas evapotranspirativas ao longo do ano, favorecidas pela presença de raízes profundas que acessam água do solo em profundidade, bem como maiores índices de área foliar (IAF) e condutância estomática [32,33,34].

A emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs) pela floresta, entre eles os terpenos e isoprenos, e a oxidação desses em compostos de baixa volatilidade que podem se condensar formando novas partículas de aerossóis ou contribuir para as preexistentes, resulta no aumento das concentrações de núcleos de condensação de nuvens [35]. A concentração de aerossóis influencia no tipo de chuva, forma e evolução das nuvens, bem como nos valores acumulados de chuva ao longo do ano [33].

Em áreas de floresta livres de poluição as concentrações de aerossóis durante o período chuvoso equipara-se ao período pré-industrial e as condições marítimas remotas [35,36]. A emissão de COVs pela floresta e o transporte a alta atmosfera pela convecção nas nuvens, podendo chegar a 15 mil metros de altitude, faz com que os gases se condensem e formem novas partículas nessa região. O fluxo de ar descendentes de nuvens convectivas em eventos de chuva carrega para a baixa troposfera essas partículas, que em presença de umidade atuam como núcleo de condensação de nuvens e promovem chuva, ou seja, eventos de chuva na Floresta Amazônica ajudam a manter as concentrações atmosféricas de aerossóis e a promover chuva [36].

Além das fontes biogênicas naturais de aerossóis, a queima de biomassa emite expressiva quantidade e concentração em massa de aerossóis, ocorrendo principalmente no período de estiagem. Durante o período chuvoso condições atmosféricas muito limpas são observadas na Reserva Biológica Jaru e FNS, durante a estiagem, entretanto, pelo efeitos das queimadas as concentrações de aerossóis e de núcleo de condensação de nuvens aumentam, principalmente na área de pastagem pela proximidade às áreas de uso intenso [37,38]. O aumento nessas concentrações altera o balanço de radiação da atmosfera e possui potencial de suprimir a

ocorrência de chuva [35].

Apesar da evapotranspiração ser maior na área de floresta e essa emitir uma maior concentração de COVs que atuam na formação de núcleos de condensação de nuvens, encontrou-se maiores valores médios acumulados de chuva durante o período seco na área de pastagem. As alterações na cobertura da terra no estado de Rondônia nas últimas três décadas modificou o regime hidroclimático regional. Áreas desmatadas a favor do vento (oeste), entre elas a FNS, apresentam maiores coberturas de nuvens e valores médios diários de chuva durante o período de estiagem comparado às áreas contra o vento (leste). A alteração da rugosidade e o aumento do calor sensível induzido pelo desmatamento, refletem no aumento do transporte advectivo de umidade de áreas florestadas adjacentes e o favorecimento da convecção profunda o que resulta em maiores índices de chuva sobre essas áreas nesse período [39], efeito que ser potencializado pela maior concentração de aerossóis oriundos das queimadas [37,38].

Ao avaliar a ocorrência de eventos de chuva durante o período de estudo, verificou-se maior frequência de eventos de 0,1 a 5 mm nos dois sítios, representando cerca de 90% do total de eventos registrados e 43% do volume de chuva, seguido de eventos de 5,1 a 10 mm, que representaram cerca 6% do total de eventos e 21% do volume registrado e eventos de 10,1 a 15 mm, cerca de 2% do total de eventos e 14% do volume registrado.

Os eventos de 0,1 a 5 mm apresentaram dois picos, um durante a madrugada e outro à tarde (Figura 3a), enquanto que nos eventos superiores a 5 mm (Figuras 3b, 4a, 4b e 5) os picos são mais proeminentes no período da tarde. Comportamento semelhante foi observado por outros estudos desenvolvidos nas mesmas áreas [24,40].

De modo geral os sítios em estudo apresentaram o mesmo padrão horário e agrupamento nas escalas pluviométricas, indicando que a intensidade da chuva durante a convecção diurna local apresenta o mesmo padrão.

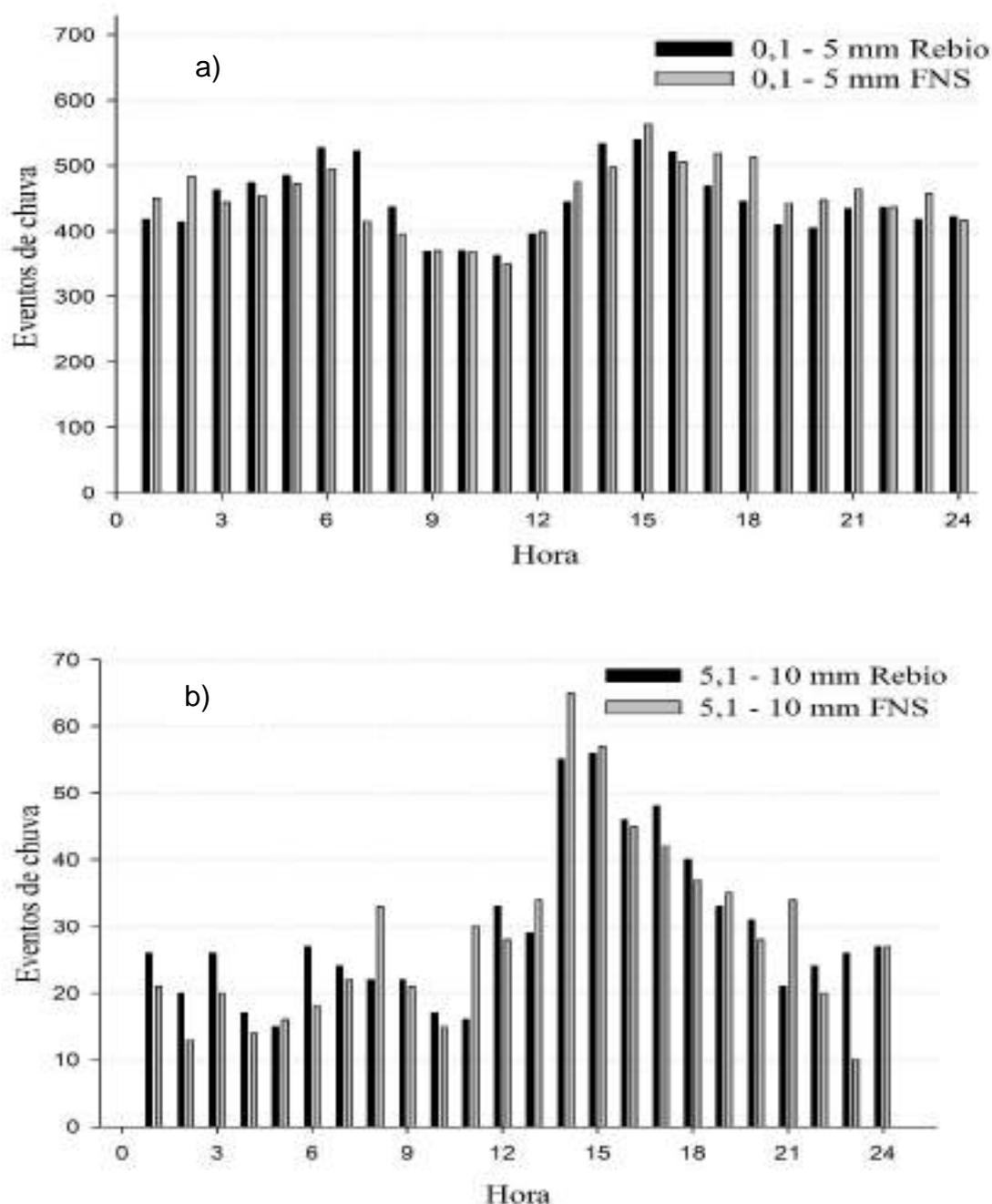


Figura 3 - Eventos de chuva, considerando o acumulado em 30 min, de 0,1 a 5 mm (a) e 5,1 a 10 mm (b) na Reserva Biológica do Jaru (Rebio) e na Fazenda Nossa Senhora (FNS) nos anos de 1999 a 2018, $n_{Rebio} = 139$ e $n_{FNS} = 155$ meses.

Eventos mais frequentes e intensos de chuva no período chuvoso durante a tarde estão aliados à forte atividade convectiva pelo aquecimento da superfície, a convecção em larga escala associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul ou a sistemas convectivos de mesoescala. A incidência de chuvas durante a madrugada, por outro lado, está principalmente associada à

linhas de instabilidade que propagam desde a foz do rio Amazonas em direção oeste, bem como outros fenômenos em menor intensidade, como atuação da ZCAS e Jato de Baixo Nível, sistemas de meso ou larga escala sobre a região [41].

Eventos de chuva durante a madrugada, associados à sistemas convectivos de meso e larga escala apresentam intensidade fraca a moderada, cobrindo em geral uma ampla área espacial [42].

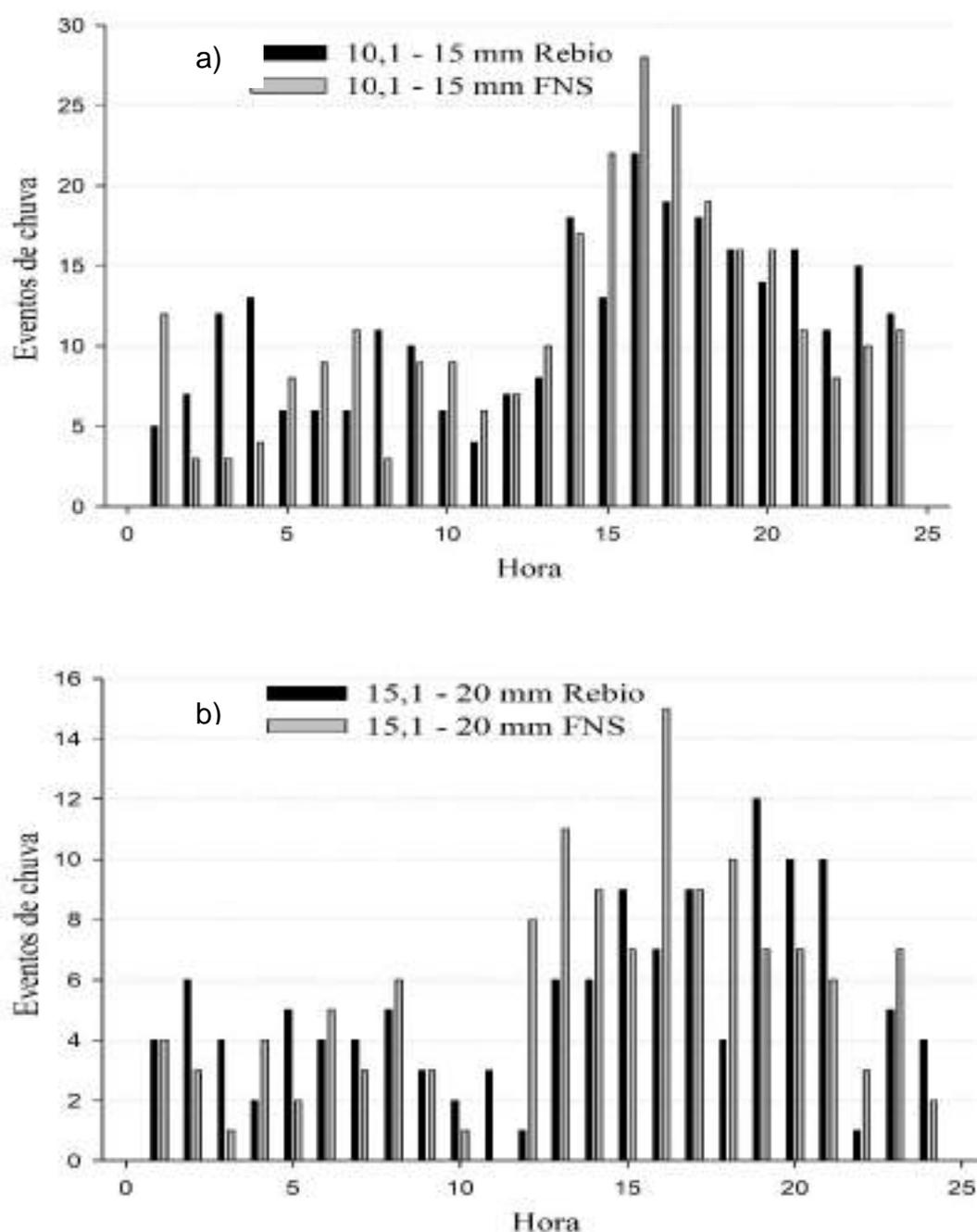


Figura 4 - Eventos de chuva, considerando o acumulado em 30 min, de 10,1 a 15 mm (a) e 15,1 a 20 mm (b) na Reserva Biológica do Jaru (Rebio) e na Fazenda Nossa Senhora (FNS)

nos anos de 1999 a 2018, $n_{\text{Rebio}} = 139$ e $n_{\text{FNS}} = 155$ meses.

A frequência de eventos de chuva nas diferentes escalas pluviométricas apresentaram comportamento análogo entre si, apresentando gradiente decrescente inversamente proporcional ao intervalo de intensidade, até a intensidade de eventos maiores que 20 mm.

Apesar da menor frequência de eventos de chuva nos sítios experimentais superiores a 20 mm, considerados moderadamente fortes (Figura 5), representando apenas 1% do total de eventos registrados, esses correspondem a cerca de 11% do volume de chuva registrado.

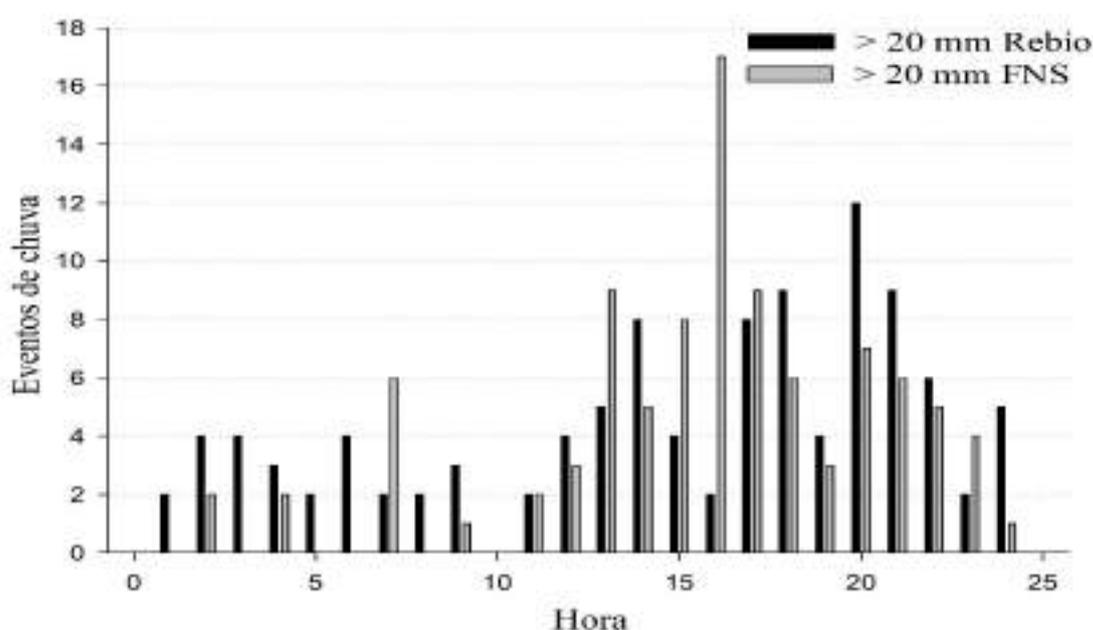


Figura 5 - Eventos de chuva, considerando o acumulado em 30 min, maiores que 20 mm na Reserva Biológica do Jaru (Rebio) e na Fazenda Nossa Senhora (FNS) nos anos de 1999 a 2018, $n_{\text{Rebio}} = 139$ e $n_{\text{FNS}} = 155$ meses.

O padrão horário dos eventos de chuva apresentado no presente estudo difere dos encontrado no município de Bragança-PA, cidade costeira ao leste da Amazônia, nos anos de 2000 a 2005, com pico de eventos de chuva durante a madrugada e amanhecer e mínimo acentuado no período da tarde. A convergência de umidade do oceano durante a madrugada favorecida pela atuação da Zona de Convergência Intratropical é apontada como o principal mecanismo regulador da variabilidade horária das chuvas na região [43].

Um estudo realizado no município de Manaus-AM, localizado na região central da Amazônia, em áreas de reserva legal e urbana nos anos de 2006 a 2011, demonstrou, por outro lado, uma maior concentração de eventos de chuva no período da tarde, associado principalmente a

atividade convectiva local, e um decréscimo das intensidades de chuva para intervalos mais altos. Os resultados encontrados sugerem similaridade nos processos atmosféricos atuantes na região com os do presente estudo [44].

4. CONCLUSÕES

A análise dos resultados demonstra que mudanças da cobertura da terra de áreas florestadas para pastagens implicam em modificações no padrão local de chuva, com redução significativa nos valores médios acumulados ao longo da estação chuvosa na área de pastagem. A evapotranspiração em áreas de florestas adjacentes durante o período de estiagem é fundamental para os maiores valores acumulados em área de pastagem ao longo do período de estiagem, demonstrando a vulnerabilidade do regime hidroclimático regional frente à expansão da agropecuária observado nos últimos anos.

De modo geral as áreas em estudo apresentaram o mesmo padrão horário e grupamento nas escalas pluviométricas indicando que a intensidade da chuva durante a convecção diurna local apresentam o mesmo padrão, com variabilidade associada à sistemas atmosféricos distinto, como convecção isolada local e sistemas convectivos de meso e larga escala.

Assim, torna-se evidente que as mudanças no uso e cobertura da terra no sudoeste da Amazônia interferem no padrão sazonal da chuva, sendo, portanto, crucial minimizar a vulnerabilidade humana através de políticas públicas de conservação e gestão ambiental sustentável do ecossistema.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (Programa LBA), à Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera (FDB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por terem possibilitado o desenvolvimento dessa pesquisa através da disponibilização dos dados e bolsa concedida. À Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) pela oportunidade de estudo e suporte logístico. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelo suporte na realização das coletas e aos alunos bolsistas do Programa LBA e da UNIR - *Campus* de Ji-Paraná pela coleta e processamento dos dados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NOBRE, C. A. *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Bethesda, v. 113, n. 39, p. 10759-10768, set. 2016.
- [2] ALMEIDA, C. A. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 46, n. 3, p. 291-302, jul./set. 2016.
- [3] CARVALHO, W. D. *et al.* Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Londres, v. online, p. 1-9, jun. 2019.
- [4] FEARNSIDE, P. Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. online, p. 1-3, jul. 2019.
- [5] ARTAXO, P. Working together for Amazonia. **Science**, Washington, v. 363, n. 6425, p. 323, jan. 2019.
- [6] TOLLEFSON, J. Deforestation rates spike in Brazil. **Nature**, Londres, v. 540, n. 7632, p. 182, dez. 2016.
- [7] BOERS, N. A. *et al.* Deforestation-induced tipping point for the South American monsoon system. **Scientific Reports**, Londres, v. 7, n. 41489, p. 1-9, jan. 2017.
- [8] SILVEIRA, L. G. T. *et al.* Reciclagem de Precipitação e Desflorestamento na Amazônia: Um Estudo de Modelagem Numérica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 417-432, maio 2017.
- [9] BETTIOL, W. *et al.* **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2017.
- [10] CUADRA, S. V. *et al.* **Ação contra a mudança global do clima: contribuições da Embrapa**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2018
- [11] LAWRENCE, D.; VANDECAR, K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature Climate Change**, Londres, v. 5, n. 1, p. 27-36, jan. 2015.
- [12] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Terrabrasilis – Plataforma de dados geográficos**. São José dos Campos, 2019. Disponível em <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates>, [acesso em 20 de ago 2019].
- [13] CULF, A. *et al.* The influence of the atmospheric boundary layer on carbon dioxide concentrations over a tropical forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Nova York, v. 85, n. 1-3, p. 149-158, jul. 1997.
- [14] PEEL, M.; FINLAYSON, B.; MCMAHON, T. Updated world map of the Köppen-

Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, Germany, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, out. 2007.

[15] RUMMEL, U. *et al.* Eddy covariance measurements of nitric oxide flux within an Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 107, n. D20, p. 1-9, set. 2002.

[16] VON RANDOW, C. *et al.* Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, New York, v. 78, n. 1-3, p. 5-26, abr. 2004.

[17] MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, New York, v. 78, n. 1-3, p. 79-96, abr. 2004.

[18] SANTOS, E. B.; LUCIO, P. S.; SILVA, C. M. Precipitation regionalization of the Brazilian Amazon. **Atmospheric Science Letters**, Londres, v. 16, n. 3 p. 12, jun./set. 2015.

[19] ALENCAR, A. L.; SANTOS, J. L. C. Protocolos e Métodos para Tratamento Automático de Dados Micrometeorológicos. In: **I Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais**, Rio Grande do Sul, 2009.

[20] GONÇALVES, L. G. G. *et al.* Overview of the Large-Scale Biosphere–Atmosphere Experiment in Amazonia Data Model Intercomparison Project (LBA-DMIP). **Agricultural and Forest Meteorology**, Nova York, v. 182-183, p. 111- 127, dez. 2013.

[21] ZAHN, E.; CHOR, T. L.; DIAS, N. L. A Simple Methodology for Quality Control of Micrometeorological Datasets. **American Journal of Environmental Engineering**, Rosemead, v. 6, n. 4A, p. 135-142, set. 2016.

[22] MICROSOFT. **Excel 2016**. California, 2016. Disponível em<<https://products.office.com/en/excel>>, [acesso em 20 de ago 2019].

[23] AYRES, M. *et al.* **BioEstat 5.3**. 2007. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Disponível em<<https://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads /programas/bio-estat-versao-53/>>, [acesso em 20 de ago 2019].

[24] OLIVEIRA, M. A. **Caracterização da Precipitação em Área de Floresta e Pastagem no Sudoeste da Amazônia**. (Trabalho de Conclusão de Curso) Bacharel em Estatística, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2014.

[25] WEBLER, A. D.; AGUIAR, R. G.; AGUIAR, L. J. G. Características da precipitação em área de floresta primária e área de pastagem no Estado de Rondônia. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v. Esp., p. 55-58, 2007.

[26] GOMES, J. B. *et al.* Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: Quais as implicações no microclima da região? **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 17, p. 67-81, dez. 2015.

[27] ALVES, L. M. **Análise estatística da sazonalidade e tendências das estações chuvosas e seca na Amazônia**: Clima presente e projeções futuras. (Tese) Doutorado em Meteorologia,

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

[28] MARENGO, J. A. *et al.* Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. **Frontiers in Earth Science**, Switzerland, v. 6, p. 1-21, dez. 2018.

[29] SWANNA, A. L. S. *et al.* Future deforestation in the Amazon and consequences for South American climate. **Agricultural and Forest Meteorology**, Nova York, v. 214-215, p. 12-24, dez. 2015.

[30] PACA, V. H. M. *et al.* The spatial variability of actual evapotranspiration across the Amazon River Basin based on remote sensing products validated with flux towers. **Ecological Processes**, London, v. 8, n. 6, p. 2-20, fev. 2019.

[31] FRANCA, R. R.; MENDONÇA, F. A. A pluviosidade na Amazônia meridional: variabilidade e teleconexões extra-regionais. **Confins -Revista Franco-Brasileira de Geografia**, São Paulo, n. 29, nov. 2016.

[32] CHAMBERS, J. Q.; ARTAXO, P. Biosphere-atmosphere interactions: Deforestation size influences rainfall. **Nature Climate Change**, Londres, v. 7, n. 3, p. 175-176, mar. 2017.

[33] ARTAXO, P. *et al.* Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta amazônica. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 66, n. 3, p. 41-46, set. 2014.

[34] BARBINO, G. C. **Determinação do Índice de Área Foliar por diferentes métodos e sua relação com o microclima em áreas de floresta e pastagem.** (Trabalho de Conclusão de Curso) Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2014.

[35] MARTIN, S. T. *et al.* Sources and properties of Amazonian aerosol particles. **Reviews of Geophysics**, Washington, v. 48, n. 2, p. 1-42, abr. 2010.

[36] WANG, J. *et al.* Amazon boundary layer aerosol concentration sustained by vertical transport during rainfall. **Nature**, Londres, v. 539, p. 416-419, nov. 2016.

[37] ANDREAE, M. O. *et al.* Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 107, n. D20, p. 1-25, set. 2002.

[38] ARTAXO, P. *et al.* Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry seasons in Rondônia, Amazonia. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 107, n. D20, p. 1-14, set. 2002.

[39] KHANNA, J. *et al.* Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. **Nature Climate Change**, Londres, v. 7, n. 3, p. 200-205, mar. 2017.

[40] COSTA, R. F. *et al.* Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 28, n. 4, p. 395-408, 1998.

[41] MARENGO, J. A. *et al.* Diurnal variability of rainfall in Southwest Amazonia during the LBA-TRMM field campaign of the Austral summer of 1999. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 4, p. 593-603, out./dez. 2004.

[42] TOTA, J. *et al.* Análise da variabilidade diária da precipitação em área de pastagem para a época chuvosa de 1999 – Projeto TRMM/LBA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 30, n. 4, p. 629-639, 2000.

[43] SOUZA, E. B.; ROCHA, E. J. P. Diurnal variation of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: Mean characteristic and extremes events. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 21, n. 3A, p. 142-152, dez. 2006.

[44] TANAKA, L. M. D.; SATYAMURTY, P.; MACHADO, L. A. T. Diurnal variation of precipitation in central Amazon Basin. **International Journal of Climatology**, New York, v. 34, n. 13, p. 574 -3584, mar. 2014.

**PARTICIPAÇÃO DOS PROJETOS DE ASSENTAMENTOS FEDERAIS (PAs) NO
DESFLORESTAMENTO DO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO, RONDÔNIA,
BRASIL**

PARTICIPATION OF THE FEDERAL SETTLEMENT PROJECTS (PAs) OVER THE
DEFORESTATION IN THE MUNICIPALITY OF PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRAZIL

Matheus Lucas Maciel Leal¹, Vanderlei Maniesi²

¹Faculdade Sapiens

²Universidade Federal de Rondônia

Autor correspondente: email: lucax.leal@gmail.com

RESUMO

A presente pesquisa objetiva a estimativa da participação dos Projetos de Assentamentos Federais (PAs) no desflorestamento do município de Porto Velho/RO, bem como identificar suas relações com os programas governamentais de controle. Para isso, foi criado um banco de dados de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os resultados mostraram o aumento de 147,8% na taxa de desflorestamento nos PAs, período de 2001 a 2004, bem como reduções de 96,7% de 2004 a 2009 e 42% de 2012 a 2014. A participação dos PAs no desflorestamento de Porto Velho/RO no período de 2000 a 2014 foi, em média, 7,60%.

Palavras-chave: desflorestamento, assentamentos rurais, sistema de informação geográfica.

ABSTRACT

The present research aims to estimate the participation of the Federal Settlement Projects (PAs) over the deforestation in the municipality of Porto Velho, in the Brazilian state of Rondônia, as well as to identify their relations with the official programs of control. To do so, we created a data bank out of the Geographic Information System (SIG). The results showed an increase of 147.8% for the deforestation rate in the PAs, from 2001 to 2004 and a decreasing rate of 96.7% from 2004 to 2009 and 42% from 2012 to 2014. The PAs participation in the deforestation in the municipality of Porto Velho from 2000 to 2014 was, on the average, 7.60%.

Keywords: deforestation, rural settlements, geographic information system.

1. INTRODUÇÃO

O desflorestamento da Amazônia encontra-se associado a diferentes fatores políticos e econômicos que variam de acordo com o lugar e o tempo. Dentre eles podem ser citados a aberturas de estradas, precificação da madeira, pecuária e as políticas de colonização, assim como os projetos de assentamentos rurais [1], [2].

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), desde o ato de sua criação, vem implementando diferentes modalidades de assentamentos rurais: Projeto

Integrado de Colonização (PIC), Projeto de Assentamento Dirigido (PAD), Projeto de Assentamento Rápido (PAR) e Projeto de Assentamento Federal (PA) os quais destacam-se por não se relacionar com a questão ambiental [3]. Este fato é influenciado pela própria legislação do INCRA na década 1990, assim como a Instrução Normativa nº 3 de 8 de setembro de 1992, que mencionava sobre a improdutividade de florestas nativas, sendo estas passíveis de desapropriação.

Diante do cenário apresentado na década de 1990, a partir dos anos 2000 tem-se a resolução Conama nº 289 [4], revogada pela Conama nº 387 [5], a qual estabelece diretrizes para licenciamento ambiental em áreas de assentamentos rurais como medidas de controle para contenção do desflorestamento desses assentamentos. Por conseguinte, e objetivando indiretamente também a redução do desflorestamento em áreas de assentamentos rurais, foi lançado em 2004 o Plano de Ação para Prevenção do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDam [6]. Mesmo com estas medidas em atividade, em 2008 o Ministério do Meio Ambiente - MMA divulgou um relatório apontando os projetos de assentamentos rurais como um dos principais responsáveis pelo desflorestamento na Amazônia Legal [7]. Deste modo, no ano de 2012, medidas foram tomadas e uma delas consistiu na alteração do Código Florestal, bem como a criação do Cadastro Ambiental Rural - CAR o qual disponibiliza informações espaciais sobre as propriedades [8]. Além disso, o próprio Incra criou os Projetos de Assentamentos Verdes - PAVs [9] visando também a redução do desflorestamento nestas áreas.

Pesquisas apontam os assentamentos rurais como responsáveis por 15% do desflorestamento da Amazônia Legal até 2004, sendo os assentamentos rurais de Rondônia, Pará e Mato Grosso com 81% de suas áreas desflorestadas [10]. Mais recentemente, em 2014, o município de Porto Velho/RO exibiu 8.858 km² de desflorestamento correspondendo a segunda maior extensão desflorestamento em municípios da Amazônia Legal [11], evidenciando, deste modo, a necessidade de uma reflexão com relação a efetividade dos programas governamentais de controle de desflorestamento.

Diante do exposto, a presente pesquisa visou avaliar a dinâmica de desflorestamento nos Projetos de Assentamentos Federais (PAs) do município de Porto Velho/RO, anos de 2000 a 2014, com estimativa de participação destes projetos no desflorestamento do município neste mesmo intervalo temporal.

2. DESFLORESTAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL

A busca por recursos naturais não apresentava danos ambientais efetivos até 1960. Sua perda florestal teve início, a partir da década seguinte, com a intensidade de ocupação da região que e é, frequentemente, discutida em termos de “Bélgicas”, uma vez que sua taxa de desflorestamento anual é semelhante à área total deste país [12]. Esta taxa, pode ser mensurada pelo Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia – PRODES [11] Analógico que as monitora desde 1988, Figura 1 [13].

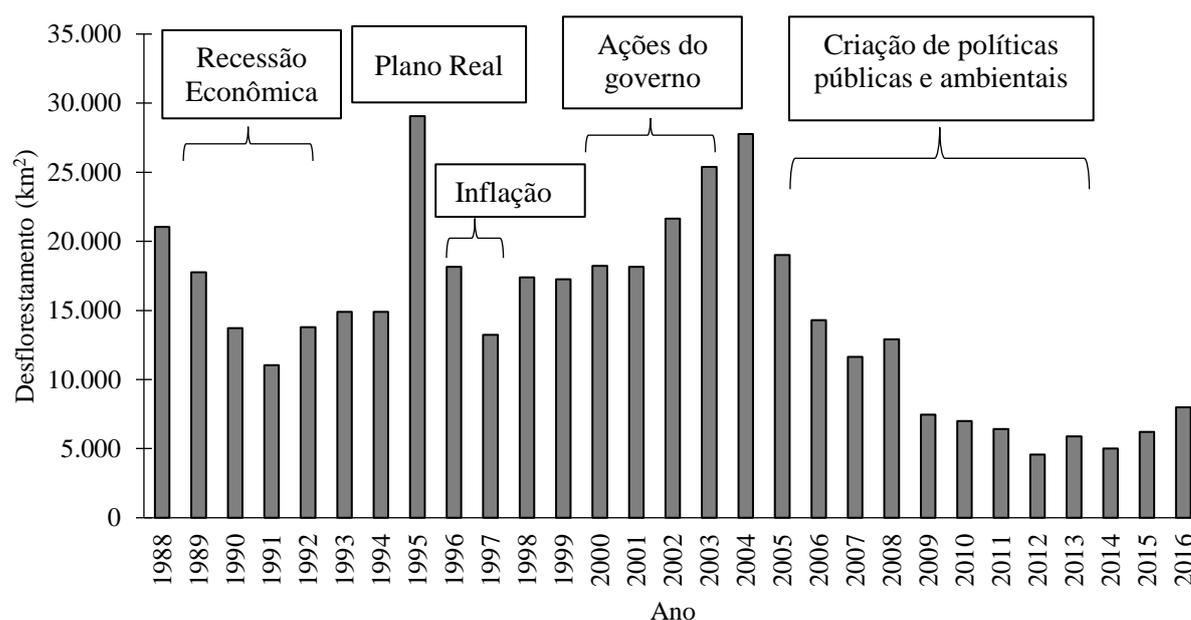


Figura 1. Desflorestamento na Amazônia Legal no período de 1988 a 2016. Base de dados: [11].

O desflorestamento apresenta padrões distintos durante o período ilustrado pela Figura 1. O comportamento decrescente do índice de desflorestamento, observado no período de 1988 a 1991, é explicado pela recessão econômica do país na época, que dificultou a implantação de vetores do desflorestamento, assim como as rodovias e projetos de colonização. Entretanto, a partir daí, esta variável apresentou uma tendência de crescimento, atingindo seu valor máximo em 1995, caracterizado pela recuperação econômica do país com o Plano Real, que, no entanto, também é responsável pela queda observada nos dois anos seguintes, conexas ao corte do índice de inflação mostrando a relação do desflorestamento com atividades econômicas [12]. De acordo com estimativas, o desflorestamento da Amazônia Legal do período de 1990 a 1997 representava cerca de 66,67% da área desflorestada na América Latina [1].

A partir dos anos 2000, este passivo ambiental apresentou mudanças que têm relação com ações do governo na proteção de recursos naturais, onde se pode destacar a discussão sobre a reformulação do Código Florestal [14]. Acredita-se que a legislação ambiental brasileira é uma das mais sofisticadas do mundo e pode ser fundamental na redução dos índices de desflorestamento [15]. Embora o desflorestamento apresente um padrão de crescimento no período de 2000 a 2004, a partir desta data houve uma redução substancial nas taxas. Este período coincide com o lançamento do Plano de Ação para Prevenção do desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAm [6], programa o qual recebeu quase 400 milhões de reais para o combate ao desflorestamento em terras públicas [15].

A criação de políticas públicas, a restrição ao crédito e a ampliação das áreas protegidas, resultou num desflorestamento 70% menor entre 2005 a 2013 (NEPSTAD et al., 2014). Pesquisas mostram que 42% da Amazônia Legal esteja protegida com a criação de reservas, seja federal ou estadual [17]. Contudo, a média do desflorestamento na Amazônia Legal, no período de 1988 a 2016, ainda está em torno de $14,55 \times 10^3 \text{km}^2$.

O processo de conversão da área de cobertura florestal da Amazônia Legal é de responsabilidade de diversos atores políticos e econômicos, que podem estar, ou não, entrelaçados [18]. Com base na literatura, é possível encontrar conclusões distintas no que se diz respeito aos principais agentes responsáveis por este passivo. Há quem considere, por exemplo, que a especulação de terras seja a principal força motivadora para o desflorestamento [17]. Para outros, a pecuária, quando realizada de forma extensiva e com baixa produtividade, se mostra como a grande responsável pelo desflorestamento da região amazônica [15]. Esta ideia ganha força quando se sabe que as fazendas de médio e grande porte representam 70% das atividades de desflorestamento [12].

Com uma constatação distinta das mencionadas anteriormente, pesquisadores consideram o investimento em infraestrutura de transporte, assim como a abertura e pavimentação de estradas, como fator determinante na dinâmica de desflorestamento da Amazônia Legal [1]. Autores destacam que a remoção da floresta amazônica, teve início juntamente com a construção da rodovia Transamazônica na década de 1970 [12]. Além disso, a abertura de eixos rodoviários é facilmente relacionada com outras variáveis, como os fluxos migratórios, que, geralmente, funcionam como “saída” para os problemas sociais de outras regiões e, por sua vez, motivam a ocupação e a abertura de novas fronteiras. As estradas, ainda, funcionam como corredores econômicos, viabilizando o escoamento de outras matrizes responsáveis pelo desflorestamento, como a produção de grãos e exploração

madeira que, além de contribuir para degradação florestal, favorece condições para o incêndio florestal através do corte seletivo [15].

A política de reforma agrária do INCRA que consiste basicamente na criação de projetos de assentamentos, também é comumente relacionada com o processo de desflorestamento na região amazônica [19]. Induzidas por aberturas de eixos rodoviários e obras de infraestrutura do Governo Federal, estas políticas contribuíram indiretamente para a abertura de pequenas áreas próximas aos projetos de colonização, a qual estabelece o padrão de desflorestamento conhecido como “espinha de peixe” [15].

Desta forma, a compreensão do processo de desflorestamento pode ser decifrada pela combinação de diferentes fatores [18]. Por esta complexidade, as estratégias para alcançar o desenvolvimento regional sustentável estão cada vez mais escassas. O primeiro passo seria classificar os termos “desflorestamento legal” e “desflorestamento ilegal” [15].

De acordo com estes autores, a legalidade do desflorestamento está associada aos seus benefícios socioambientais e econômicos. O desflorestamento pode ser considerado “legal”, quando realizado para fins produtivos e obedecendo a legislação vigente. Em contrapartida, o desflorestamento é considerado “ilegal”, quando utilizado para especulação, sem benefício socioambiental e econômico, além de não estar de acordo com as leis cabíveis [15]. Esta caracterização ajudaria o sistema de fiscalização a se concentrar no desflorestamento que realmente é desinteressante do ponto de vista social, ambiental e econômico, ocasionado, principalmente, pela criação de projetos de assentamentos rurais.

3. PROJETOS DE ASSENTAMENTOS RURAIS

Na década de 1980, o I Plano Nacional de Reforma Agrária – I PNRA impulsionou a popularização da região através da implantação de assentamentos rurais [20] com a meta de destinar 43 milhões de hectares para benefício de mais de 1,4 milhões de famílias [21].

Os anos 1990 registraram o surgimento de assentamentos extrativistas e, conseqüentemente, os oito anos do governo Fernando Henrique Cardoso registrou mais de 400.000 famílias beneficiadas [7]. Embora os números sejam questionados por sua reforma agrária ser realizada por regularização fundiária [22], o governo Lula, no período de 2003 a 2008 registrou o assentamento de 303.000 famílias [7].

Assentamentos rurais consistem em políticas de ordenamento territorial que buscam dar acesso à terra para trabalhadores rurais sem ou com pouco acesso, desenvolverem suas

atividades agrícolas. Inicialmente, foram criados os assentamentos denominados “clássicos”, termo usado para designar as categorias como Projeto Integrado de Colonização – PIC, Projeto de Assentamento Dirigido – PAD, Projeto de Assentamento Rápido – PAR e os atuais Projeto de Assentamento Federal – PA [3].

No total, foram implantados 8.637 assentamentos em todo o território nacional no período de 1961 a 2009 [22] (Figura 2).

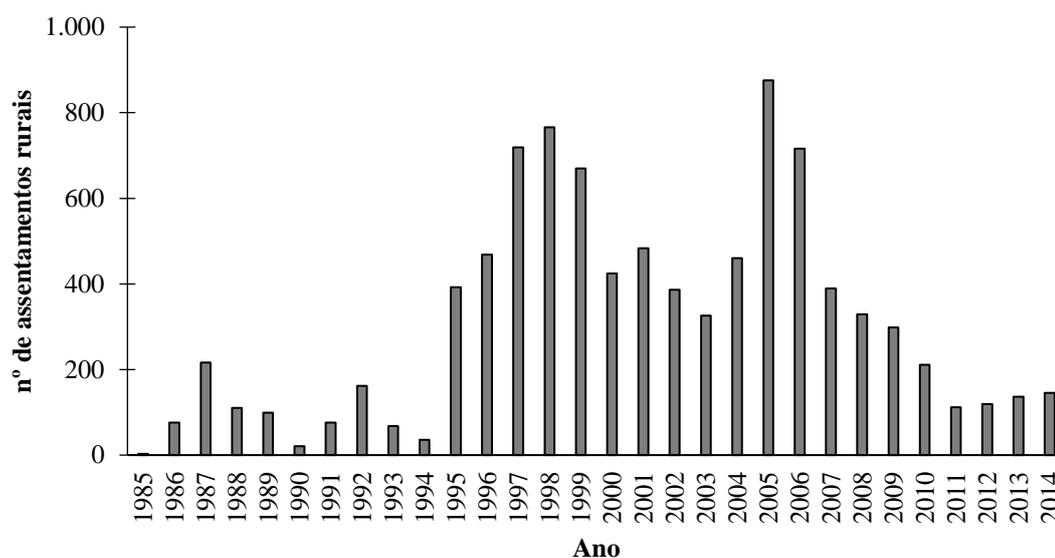


Figura 2. Número de assentamentos rurais criados (período de 1985 a 2014). Base de dados: DATALUTA - Banco de dados da Luta pela Terra, 2015. Adaptado pelos autores.

Ao analisar informações do Sistema de Informações de Reforma Agrária – SIPRA, [20] mostrou que o maior número de implantações ocorreu no governo Fernando Henrique Cardoso (1995-2002). Números apresentados pelo Banco de Dados da Luta pela Terra – DATALUTA ilustram a afirmação. Quanto as informações por modalidade, embora as modalidades clássicas ainda representem 72% do total, há um crescimento das modalidades Projeto de Assentamento Agroextrativista – PAE e Projeto de Desenvolvimento Sustentável – PDS [7].

Uma vez que a política interna orienta a exploração da floresta como requisito de sua obtenção, os assentamentos clássicos passaram a ser apontados com uma das variáveis responsáveis pelo desflorestamento [23].

Considerando que a Amazônia consistia no principal alvo da implantação de assentamentos de reforma agrária as pressões pela questão ambiental ganhava ênfase. Contudo, a partir de 1990, a questão ambiental passou a ser inserida no contexto agrário devido às pressões sobre a redução dos impactos ao meio ambiente. Desta forma, o INCRA, visando se adequar as exigências ambientais, criaram novas modalidades, assim como o Projeto de Assentamento Agroextrativista – PAE [24], o Projeto de Desenvolvimento Sustentável – PDS [25], Projeto de Assentamento Florestal – PAF [26]. Outras leis e decretos nacionais deram origem a demais áreas de conservação como as Unidades de Conservação – UCs [27] as quais tinham o intuito de beneficiar as populações tradicionais e minimizar os impactos ambientais que eram comuns nos assentamentos “clássicos” [28]. No entanto, ainda é necessário mensurar a dinâmica do uso da terra nestas áreas protegidas, com intuito de constatar sua divergência com relação às modalidades convencionais.

De acordo com estimativas em 2004 os assentamentos representavam 15% do desflorestamento na região amazônica [10]. Embora as áreas privadas ainda sejam mais efetivas [12], os assentamentos rurais também passaram a exercer o papel de um dos principais vetores de desflorestamento da região. Em 2008, o Ministério do Meio Ambiente – MMA divulgou uma lista os inserindo entre os maiores responsáveis pelo desflorestamento da região amazônica [7].

4. MATERIAIS E MÉTODOS

No estado de Rondônia existem 217 projetos de assentamentos de reforma agrária do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) onde 16 destes estão situados no município de Porto Velho, sendo 10 da modalidade Projetos de Assentamentos Federais (PAs) os quais foram selecionados para este estudo, pois este modelo representa 72% do total implementado na Amazônia. Juntos, os PAs estudados beneficiam em torno de 2.429 famílias abrangendo uma área de 174.134,15 hectares, são eles: Aliança; Igarapé das Araras; Igarapé Taquara; Joana D’Arc; Joana D’Arc II; Joana D’Arc III; Nilson Campos; Pau Darco; Rio Madeira e São Francisco [29].

4.1 CÁLCULO DO DESFLORESTAMENTO NO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/RO E EM SEUS PAS NO PERÍODO DE 2000 A 2014

Os valores de desflorestamento no município de Porto Velho correspondentes ao período de 2000 a 2014 foram obtidos por meio do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia – PRODES [11]. O desflorestamento nos PAs deste município foi estimado após o cruzamento de arquivos vetoriais (*shapefiles*) de reforma agrária [30] com dados de desflorestamento compilados do PRODES digital [11], deste modo foi possível a elaboração de um banco de dados de Sistema de Informação Geográfica – SIG.

Os arquivos vetoriais em formato *shapefile*, incluindo limites municipais, limites dos assentamentos e dados de desflorestamento, correspondente aos anos de 2000 a 2014, foram obtidos nas bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [31], Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária [30] e do PRODES [11].

Após obtenção dos dados e com o auxílio do *software* específico de SIG (ArcGis 10.3), os arquivos digitais foram ajustados para a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 20S e *datum* SIRGAS 2000. Feito isso e, ainda em ambiente SIG, foi realizada a sobreposição dos arquivos e, por conseguinte, recortes correspondentes às órbitas-pontos 232/66, 233/66 e 233/67 nas quais estão inseridos os PAs avaliados. Em seguida, foi realizado o cálculo de área de cada PA, obtendo os valores em hectares que foram exportados para o *software* Microsoft Office Excel 2013 para tratamento gráfico dos dados.

Tendo como referência estes dados, foi elaborado um mapa com intuito de expressar o percentual de uso e cobertura do solo nos PAs até o ano de 2014. Estes valores de áreas desmatadas foram agrupados nos intervalos de 0 a 20%, 20 a 50% e 50 a 100%.

Uma vez conhecido os valores das taxas anuais de desflorestamento no município e nos PAs pôde-se calcular o percentual de contribuição dos assentamentos rurais para o desflorestamento em Porto Velho no período de 2000 a 2014.

É importante ressaltar que o PRODES [11] possibilita a identificação da dinâmica de desflorestamento por “corte raso” com o uso de imagens Landsat [13]. As principais vantagens de utilizar este método é a rapidez no processamento e na obtenção dos dados de desflorestamento, além da acurácia do seu mapeamento ser classificada como muito boa [32].

As classes mapeadas consistem em áreas de floresta, não floresta (outras vegetações) e hidrografia. Além disso, foram mapeadas as classes de desflorestamento acumulado (desflorestamento no período de 2000 a 2013), taxa de incremento (desflorestamento em 2014) e resíduo (desflorestamentos antigos detectados recentemente). Nesta pesquisa foram adicionados estes valores denotando-os como “desflorestamento até 2014”.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESFLORESTAMENTO NO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/RO

Em virtude da criação de políticas públicas, restrição de acesso ao crédito e ampliação de áreas protegidas constatou-se um declínio de 70% no desflorestamento “corte raso” da Amazônia no período de 2005 a 2013 [16]. O estado de Rondônia, em particular o município de Porto Velho, apresenta um comportamento semelhante a este, pois suas taxas de desflorestamento apresentam uma tendência de decréscimo desde 2003, ano o qual atingiu seu valor máximo (76.100 ha), Figura 3.

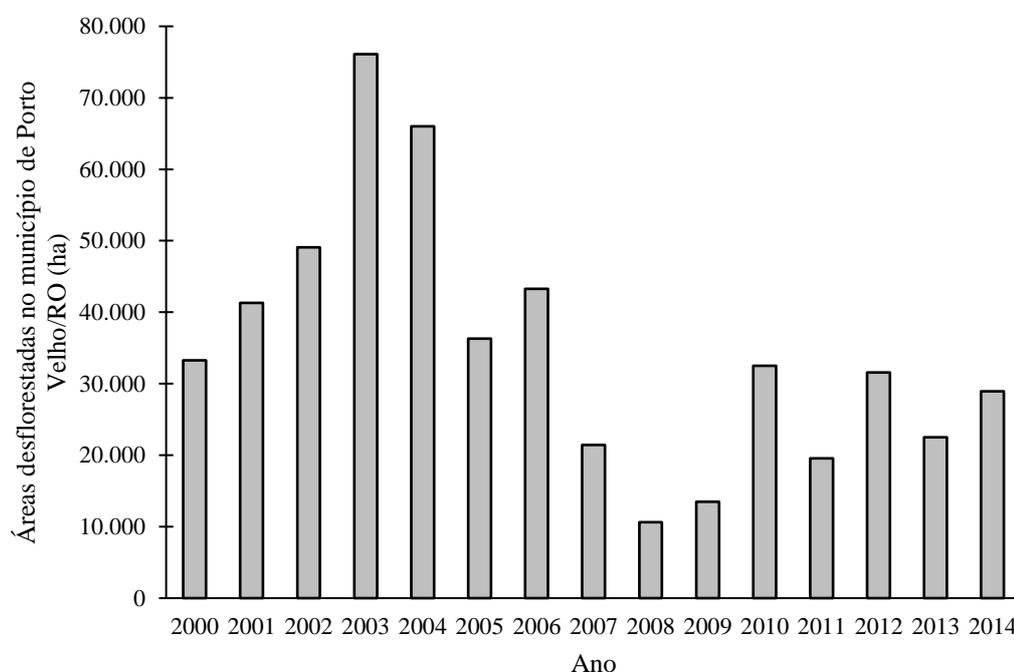


Figura 3 - Taxas anuais de desflorestamento em hectare no município de Porto Velho/RO. Base de dados: [11].

O desflorestamento está relacionado com as forças econômicas que variam com o passar dos anos [33]. Inicialmente, as principais variáveis que favoreceram este passivo ambiental em Rondônia foram a abertura da rodovia BR 364 que impulsionou a expansão da fronteira agrícola no estado e a distribuição de projetos de colonização entre 1970 e 1980 [34], [35]. Mais recentemente, pesquisas apresentam a relação do processo de urbanização e o aumento da população rural como outras variáveis [2]. Não obstante, o aumento de 238% na taxa de desflorestamento de Porto Velho no ano de 2010 comparado ao ano anterior, está

associado ao último e atual ciclo econômico do município que consiste na implantação das Usinas Hidrelétricas do rio Madeira, que trouxe consigo a vinda de migrantes visando a obtenção de emprego e renda [36]. No entanto, isso não elimina a participação dos projetos de colonização, posto que 71% da área de reforma agrária de Rondônia foi desmatada até 2004 [10].

O governo pode ser um agente fundamental no combate ao desflorestamento, devido a criação de políticas públicas ou programas que já funcionaram, como é o caso do Programa de Licenciamento e Controle do Desflorestamento que teve resultados positivos nos anos de 1999 a 2001 no estado do Mato Grosso [33]. Além disso, pesquisas mostram que a criação de reservas também é importante para a manutenção de floresta [34].

5.2 DESFLORESTAMENTO NOS PROJETOS DE ASSENTAMENTOS FEDERAIS (PAS) DO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/RO

A dinâmica de desflorestamento nos Projetos de Assentamentos Federais (PAs) do município de Porto Velho foi classificada em três fases distintas (Figura 4).

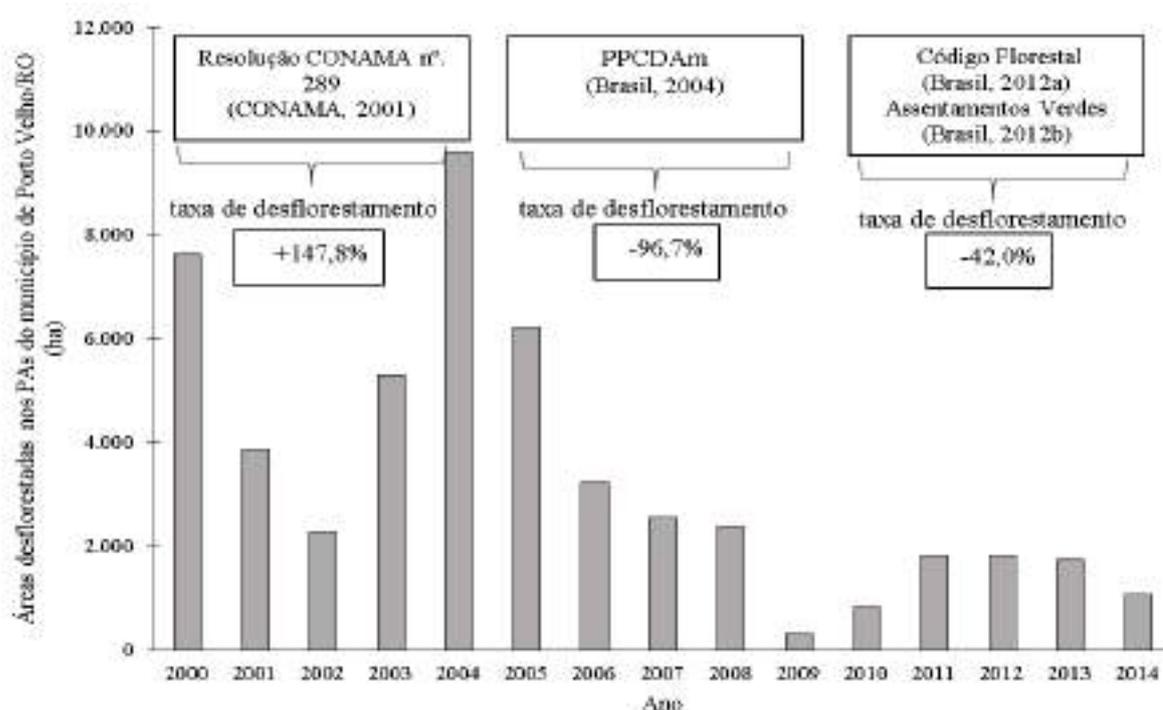


Figura 4 - Áreas desmatadas em hectares e taxa de desflorestamento nos projetos de assentamentos federais (PAs) do município de Porto Velho/RO, período de 2000 a 2014, e suas relações com programas governamentais de controle de desflorestamento [4], [6], [8], [9] Base de dados: [11].

A primeira fase consiste no período de 2001 a 2004 onde houve um aumento de 147,8% na área de desflorestamento dos PAs, chegando a aproximadamente 9.613 hectares desmatados no ano mais recente.

O percentual de uso e ocupação do solo nos assentamentos rurais foi subdividido nas classes de 0 a 20%, 20 a 50% e 50 a 100% (Figura 5). Conforme o ilustrado, nove projetos estudados abrangem entre 20 a 100% de área desmatada e apenas um apresenta este valor abaixo de 20%. Ainda que o código florestal estabeleça sobre a conservação de 80% de área de floresta, há dificuldade de se discutir sobre o desflorestamento legal nestes projetos em função da inexistência do banco de dados com as áreas de reserva legal (Figura 5).

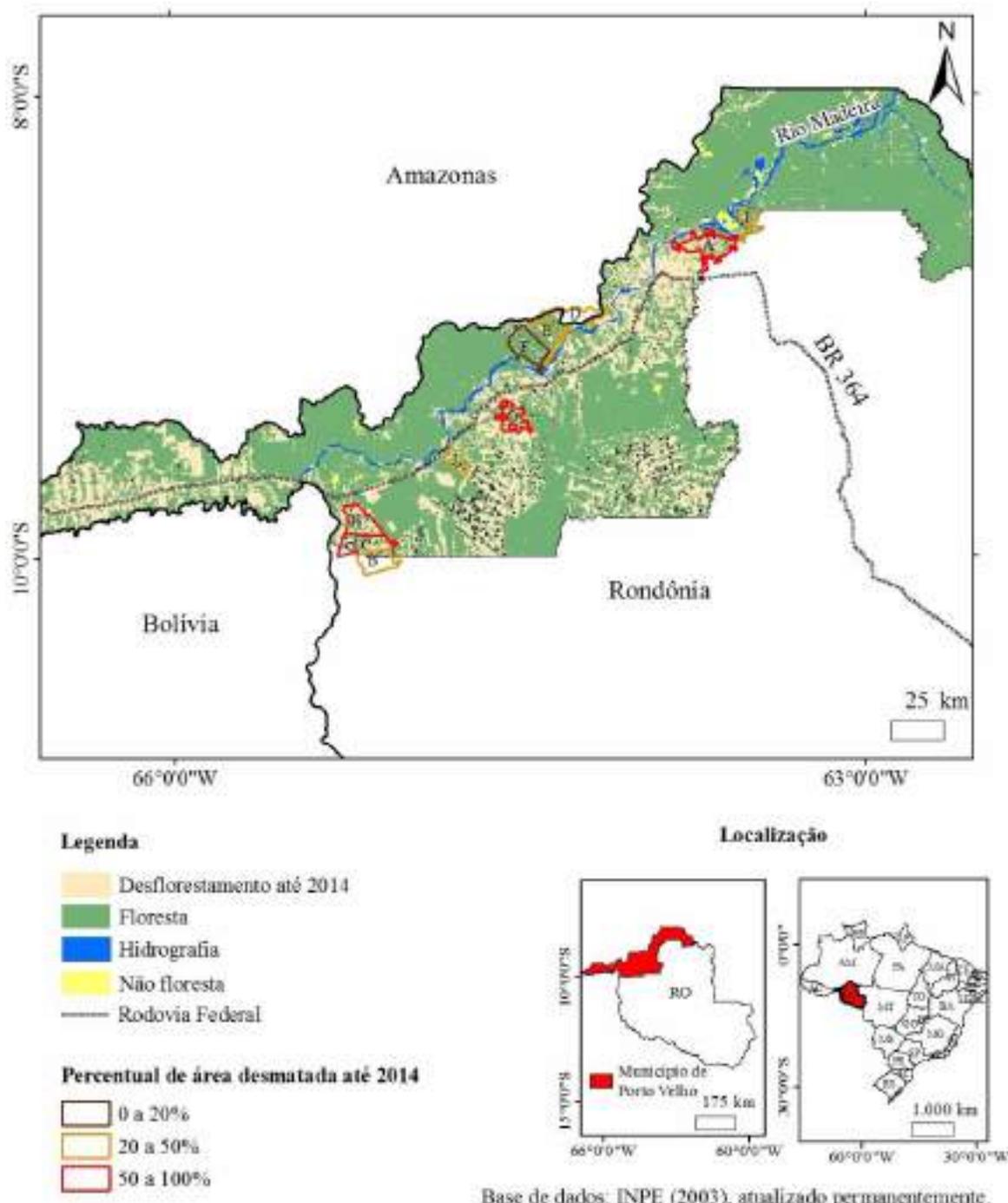


Figura 5 - Percentual de uso e cobertura do solo nos projetos de assentamentos federais (PAs) do município de Porto Velho/RO até 2014.

Sem contar a ausência de alternativas de controle, outro fator limitante para este crescimento é a carência de licenciamento de acordo com a Resolução Conama n.º. 289 [4],

demonstrando que apenas 50% dos projetos em todo Brasil encontrava-se no processo que funcionaria como uma medida de controle de desflorestamento [10].

A legislação visa, portanto, evitar danos ao meio ambiente, assim como disciplinar a exploração de recursos nas áreas de reforma agrária, estabelecendo a expedição de Licença Prévia, Licença de Instalação e Operação nos assentamentos rurais como autorização de supressão de vegetação e uso do solo [4].

A tendência de diminuição de desflorestamento nos PAs do município de Porto Velho no período de 2004 a 2009 (segunda fase), Figura 4, mostra-se semelhante ao observado em escala municipal (Figura 3). Neste período, houve uma redução de 96,7% no desflorestamento nos PAs, representando 317 hectares em 2009. Este intervalo de tempo coincide com a primeira fase do Plano de Prevenção e Controle do Desflorestamento na Amazônia Legal (PPCDAm) que tinha como objetivo a redução das taxas de desflorestamento da região, mostrando-se eficaz quando relacionado aos projetos de assentamentos rurais do município de Porto Velho [6].

A terceira fase (2012 a 2014) é caracterizada pela criação do Programa de Assentamentos Verdes – PAV [9] e a reformulação do Código Florestal pela lei nº 12.651 [8], que estabelece sobre a manutenção de 80% de floresta em áreas de Reserva Legal. Como consequência disto, a área de desflorestamento em 2014 nos PAs mostrou-se 42% menor quando comparada ao ano de 2012.

5.3 PARTICIPAÇÃO DOS PROJETOS DE ASSENTAMENTOS FEDERAIS (PAS) NO DESFLORESTAMENTO DO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/RO

Uma vez obtidos os valores do desflorestamento no município de Porto Velho e em seus Projetos de Assentamentos Federais (PAs), pôde-se estimar a participação dos PAs do município no desflorestamento ocorrido no período de 2000 a 2014.

A contribuição dos PAs variou de 2,98% (2008) a 12,63% (2003), com uma média de 7,6% ao ano (Figura 6).

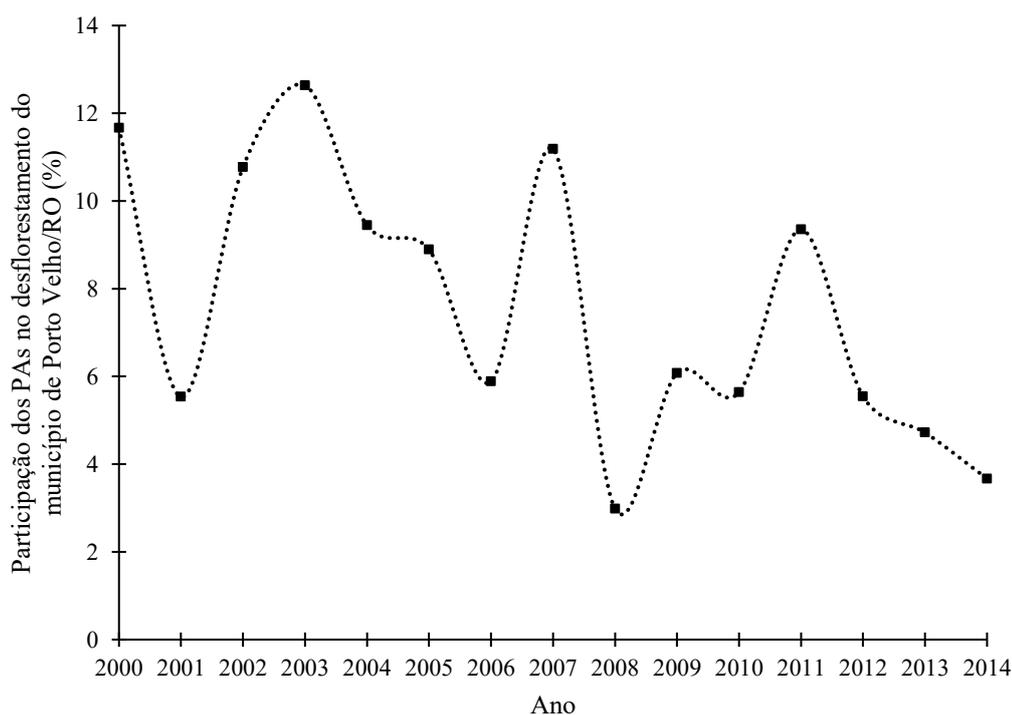


Figura 6 - Variação temporal da participação dos projetos de assentamentos federais (PAs) no desflorestamento do município de Porto Velho/RO. Base de dados: [11].

Nos anos de 2007 a 2008 observou-se um decréscimo de 8,2% na contribuição dos PAs para o desflorestamento no município. Coincidentemente, neste mesmo ano de 2008, o Ministério do Meio Ambiente deu evidência a estes projetos, devido sua inclusão na lista dos maiores contribuintes para o desflorestamento da Amazônia [7].

Os fatores que levam a esse desflorestamento em assentamentos rurais, encontra-se associados à falta de crédito que resulta especialmente na perda de safra, bem como na demora de definição da titularidade da terra, no tamanho do lote e no modelo de assentamento [37]. Autores já refletem sobre a numerosidade dos projetos de assentamentos “clássicos” (caso dos PAs) os quais representam 72% do total correspondente na Amazônia [7]. Entretanto, e ainda de acordo com estes autores, desde 2003 os PAs somente representam 52% das novas propostas a serem implementadas. No município de Porto Velho, esta modalidade ainda se apresenta com predominância (62,5%) e a criação de novas tipologias sustentáveis, bem como reservas extrativistas, mostram-se como medidas importantes para redução do desflorestamento nestas áreas.

6. CONCLUSÃO

A dinâmica de desflorestamento nos Projetos de Assentamentos Federais (PAs) do município de Porto Velho permitiu sua classificação em três fases distintas de acordo com seu comportamento de uso e ocupação do solo. A primeira fase caracteriza o crescimento de 147,8% da área de desflorestamento (2001 a 2004), o que pode estar relacionado a ausência de licenciamento de acordo com a resolução Conama nº 289 [4]. Em contrapartida, a segunda fase mostra a diminuição de 97,6% no desflorestamento dos PAs (2004 a 2009) fato que coincide com a data de criação do Plano de Prevenção e Controle do Desflorestamento na Amazônia Legal - PPCDAm [6] que consiste numa política governamental para a redução de 80% do desflorestamento da Amazônia. A terceira fase mostra a redução de 42% do desflorestamento nos PAs (2012 a 2014), que pode estar ligada a criação de políticas para a mitigação do uso do solo irregular como é o caso dos Projetos de Assentamentos Verdes - PAV [9], quando da alteração do Código Florestal com a criação da lei nº 12.651 [8] que aborda sobre a conservação de 80% de vegetação.

Dos dez PAs estudados, nove possuem de 20 a 100% de sua área utilizada até o ano de 2014. Nos anos de 2000 a 2014 a contribuição dos PAs para o desflorestamento do município de Porto Velho foi, em média, 7,60% ao ano, variando de 2,98% (2008) a 12,63% (2003).

A participação dos assentamentos rurais do município de Porto Velho nas taxas de desflorestamento ocorre devido grande parte (62,5%) ser da modalidade “clássica” Projetos de Assentamentos Federais (PAs), deste modo, uma possível alternativa de mitigação seria a criação de modalidades de objetivos sustentáveis como os Projetos de Desenvolvimento Sustentável (PDSs) e Projetos de Assentamentos Agroextrativistas (PAEs).

REFERÊNCIAS

- [1] SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D.C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G.; GARCIA, R.A.; RAMOS, C. A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; VOLL, E.; MCGRATH, D. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 138-152, 2005.
- [2] JUSYS, T. Fundamental causes spatial heterogeneity of deforestation in Legal Amazon. **Applied Geography**, v. 75, p. 188-199, 2016.
- [3] SILVA, V. V. **Impactos das atividades produtivas na dinâmica da paisagem do assentamento Matupi, estado do Amazonas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2012, 117 p. (Tese Doutorado em Ecologia Aplicada).

[4] CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.º 289, de 25 de Outubro de 2001. Brasília: **DOU de 21/12/2001**.

[5] CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.º 387, de 27 de Dezembro de 2006. Brasília: **DOU de 29/12/2006**.

[6] BRASIL. **Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal**. Brasília, 2004. 156p.

[7] LE TOURNEAU, F.; BURSZTYN, M. Assentamentos rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política ambiental. **Ambiente e Sociedade**, v. 13, n. 1, p. 111-130, 2010.

[8] BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012a. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília: **DOU de 28/5/2012a**.

[9] BRASIL. Portaria nº 716 de 28 de novembro de 2012b. Institui o Programa de Prevenção, Combate e Alternativas ao Desmatamento Ilegal em Assentamentos da Amazônia, PPCADI-Amazônia, denominado “Programa Assentamentos Verdes”. **DOU de 28/11/2012b**.

[10] BRANDÃO JÚNIOR, A.; SOUZA JÚNIOR, C. Desmatamento nos assentamentos de reforma agrária na Amazônia, **O Estado da Amazônia, Imazon**, n. 7, 1-4, jun. 2006.

[11] INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto PRODES Digital**: Programa de cálculo do desflorestamento da Amazônia, 2003, com atualização permanente. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso em: 02 out. 2016.

[12] FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n.1, 2005.

[13] CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

[14] CASTELO, T. B. Legislação Florestal Brasileira e Políticas de governo de combate ao desmatamento na Amazônia Legal. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, n. 4, p. 221-242, 2015.

[15] ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V.; SOARES-FILHO, B. **Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”**. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2004.

[16] NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; STICKLER, C.; ALENCAR, A.; AZEVEDO, A.; SWETTE, B.; BEZERRA, T.; DIGIANO, M.; SHIMADA, J.; MOTTA, R. S.; ARMIJO, E.; CASTELLO, L.; BRANDO, P.; HANSEN, M. C.; MCGRATH-HORN, M.; CARVALHO, O.; HESS, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, p. 1.118-1.123, 2014.

[17] REYDON, B. P. O desmatamento da floresta amazônica: causas e soluções. **Economia Verde**, n. 8, p. 143-155, jul. 2011.

- [18] MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003.
- [19] MACHADO, L. O. R. **Reforma agrária e desflorestamento na Amazônia: uma relação de causa e efeito?**. Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 2002. 110 p. (Dissertação Mestrado em Desenvolvimento Sustentável).
- [20] ARAÚJO, F. C. **Reforma agrária e gestão ambiental: encontros e desencontros**. Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 2006. 242 p. (Dissertação, mestrado em Desenvolvimento Sustentável).
- [21] BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 91.766, de 10 de Outubro de 1985. Aprova o Plano Nacional de Reforma Agrária, e dá outras providências. Brasília: **DOU de 11/10/1985**.
- [22] COCA, E. L. F. Debatendo o conceito de reforma agrária: considerações sobre os tipos de assentamentos rurais no Brasil. **Campo-Território: Revista de Geografia**, v. 8, n. 16, p. 170-197, 2013.
- [23] FEARNSIDE, P.M. Land-tenure issues as factors in environmental destruction in Brazilian Amazonia: the case of southern Pará, **World Development**, Oxford, v.29, n.8, p.1361-1372, 2001.
- [24] INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Portaria nº 268 de 26 de outubro de 1996**. Cria a modalidade de Projeto de Assentamento Agroextrativista -PAE. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/institucional/legislacao--/portarias/portarias-de-1996/portaria_incra_p268_231096.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.
- [25] INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Portaria nº 477 de 04 de novembro de 1999**. Cria a modalidade de Projeto de Desenvolvimento Sustentável – PDS. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/institucional/legislacao--/portarias/portarias-de-1999/portaria_incra_p477_041199.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.
- [26] INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Portaria nº 215 de 6 de junho de 2006**. Aprova os procedimentos metodológicos para a criação e execução de Projetos de Assentamentos Florestais. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/institucional/legislacao--/portarias/portarias-de-2006/portarian215_070606_metodcriapaf.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.
- [27] BRASIL. Presidência da República. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília: **DOU de 19/07/2000**.
- [28] SILVEIRA, L. B.; WIGGERS, R. Protegendo a floresta, reconfigurando espaços na Amazônia: O caso do Projeto de Assentamento Extrativista Santa Maria Auxiliadora, Humaitá (AM). **Revista Administração Pública**, v. 47, n. 3, p. 671-693, 2013.
- [29] INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Relação de beneficiários do Programa Nacional de Reforma Agrária**, 2014. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

- [30] INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. *Acervos fundiários*, 2016. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2016.
- [31] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**, 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- [32] PIONTEKOWSKI, V. J.; MATRICARDI, A. T.; PEDLOWSKI, M. A.; FERNANDES, L. C. Avaliação do desmatamento no estado de Rondônia. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, 297-306, 2014.
- [33] FEARNSIDE, P.M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n.3, p.395-400, 2006.
- [34] BATISTELLA, M.; ROBESON, S.; MORAN, E. F. Settlement design, forest fragmentation and landscape change in Rondônia, Amazônia. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 69, n. 7, p. 805-812, 2003.
- [35] GUIMARÃES, S. C. P.; SILVA, H. R. O. Monitoramento da área urbana de Porto Velho-RO ao longo de 27 anos, utilizando imagens de satélite. **Terra Plural**, v. 9, p. 140-156, 2015.
- [36] ESCADA, M. I. S.; MAURANO, L. E.; SILVA, J. H. G. Dinâmica do desmatamento na área de influência das usinas hidroelétricas do complexo do rio Madeira, RO. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15 (SBSR). Foz do Iguaçu, 2013. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7499-7507.
- [37] CALANDINO, D.; WEHRMANN, M.; KOBLITZ, R. Contribuição dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia: um olhar sobre o Estado do Pará. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 26, p. 161-170, 2012.

**PLANTANDO ÁRVORES, COLHENDO HISTÓRIAS:
PRIMEIRAS AÇÕES DE UM PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

**PLANTING TREES, REACHING STORIES:
FIRST ACTIONS OF AN ENVIRONMENTAL EDUCATION PROJECT**

Euripedes Fernandes Costa Junior^{1*}, Iandara Luna Saissem dos Santos¹, Jonismara Pinto Balbino¹, Ana Lucia Dernadin da Rosa², Calina Grazielli Dias Barros³, Lidiane Tanazildo da Costa⁴.

¹ Discentes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária UNIR.

² Engenheira Civil, Docente do departamento de Engenharia Ambiental - DEA/UNIR.

³ Engenheira Ambiental, Docente do Curso de Engenharia Ambiental da UNESC.

⁴ Assistente Social, Coordenadora da Proteção Especial da Alta Complexidade do Município de Ji-Paraná.

*Autor correspondente: e-mail: euripedesfernandes13@gmail.com

RESUMO

A educação ambiental tem um papel fundamental na formação do indivíduo, uma vez que facilita o despertar da consciência para participação permanente e responsável, na valorização e na preservação ambiental. O presente estudo tem como objetivo a interação social em uma Área de Preservação Permanente (APP) que está localizada na área limítrofe da Instituição de Acolhimento Adélia Francisca (IAAF), de modo a instigar os jovens da IAAF e a comunidade onde está localizada a APP, para que haja a sensibilização sobre a importância de preservar a área verde e da responsabilidade que cada indivíduo exerce sobre o meio em que vive. Para tanto, até o presente momento foram realizados encontros com rodas de discussões e atividades educativas trabalhando no tema sustentabilidade e APP com as crianças acolhidas, foi criada a área de convívio social com o plantio de árvores frutíferas, doadas pelo viveiro municipal, bem como a demarcação para a criação de uma trilha ecológica. Essas ações já despertaram nas crianças e na comunidade do entorno da APP um olhar mais cuidadoso para a APP, além de ter desenvolvido o senso de responsabilidade social.

Palavras-chave: preservação ambiental, sustentabilidade, responsabilidade social.

ABSTRACT

Environmental education has a fundamental role in the formation of the individual, since it facilitates the awakening of consciousness for permanent and responsible participation, in the valorization and preservation of the environment. This study aims to social interaction in a Permanent Preservation Area (APP) that is located in the adjoining area of the Adélia Francisca Host Institution (IAAF), instigate IAAF youth, adolescents and the community where the APP is located, to raise awareness of the importance of preserving the green area and the responsibility that each individual has for the environment in which they live. To this end, meetings have been held so far with discussions and educational activities working on the theme of sustainability and APP with the children received, the creation of a social living area with the planting of fruit trees, donated by the municipal nursery, as well as the demarcation for the creation of an ecological trail. These actions have already prompted the children and the community around APP to take a more careful look at APP, as well as a sense of social responsibility.

Keywords: environmental preservation, sustainability, social responsibility.

1. INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental (EA) é o processo pelo qual os indivíduos e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade [1]. Barreto e Vilaça destacam que Educação Ambiental vem sendo discutida desde 1965, quando termo EA foi cunhado em um evento promovido pela Universidade de Keele, no Reino Unido, e desde então vem ganhando destaque e mais importância, além de ser mais discutida nas conferências de Estocolmo, Belgrado, Tbilisi, Eco-92 e Rio+20 [2].

Conforme é estabelecido as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental [3], o objetivo da Educação Ambiental é desenvolver a compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações para fomentar novas práticas sociais, de produção e consumo, além de estimular a mobilização social e política e o fortalecimento da consciência crítica sobre a dimensão socioambiental, incentivando assim, a participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania.

Dessa forma, a Educação Ambiental torna-se uma ferramenta de interação social essencial para formação de um caráter voltado para o desenvolvimento da relação natureza e seres humanos. Potencializando em todos os níveis, o processo educativo, em caráter formal e não formal. Nessa percepção, a Educação Ambiental possui grande importância para a construção de posturas voltadas ao cuidado e proteção ao meio natural e ao planeta.

Além disso, segundo Bueno e Arruda [4] “faz-se necessário implantar e promover a EA de maneira a incentivar e mobilizar as crianças e os adolescentes para que pequenos gestos possam ser praticados em seu cotidiano, fazendo com que hábitos de preservação ambiental se tornem corriqueiros, no dia a dia de todos”.

Para tanto é importante conhecer o meio ambiente para que se possa preservá-lo. Assim, em um contexto mundial, o cenário ambiental e a qualidade dos recursos naturais disponíveis sofrem constantes mudanças por interferências antrópicas, sendo algumas por meio da produção e o descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos, emissão de gases efeito estufa na atmosfera, extinção de espécies, desmatamento e etc.

Com relação ao Brasil, a atenção deve ser redobrada, pois devido as suas riquezas naturais e sua vasta variedade de fauna e flora é preciso que a informação seja um caminho de possibilidades para soluções de problemas e mudanças de hábitos.

Dessa forma, algumas iniciativas ambientais foram tomadas, como por exemplo, a criação dos primeiros parques nacionais brasileiros na década de 1930. Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA [5], o Brasil possui 742 Unidade de Conservação de Proteção Integral, totalizando 662.176 Km² de área preservada e 1567 Unidades de Conservação de Uso Sustentável, o que representa 1.884.620 Km² de área, cujo objetivo é proteger a diversidade biológica com certo grau de ocupação humana.

Além dessa iniciativa, a Constituição Federal de 1988 em seu inciso III, § 1º, do art. 225 [6], define as “Áreas de Preservação Permanente (APPs) como espaços territoriais especialmente protegidos. O atual Código Florestal estabelece como áreas de preservação permanente (APPs) as florestas e demais formas de vegetação natural situadas às margens de lagos ou rios (perenes ou não); nos altos de morros; nas restingas e manguezais; nas encostas com declividade acentuada e nas bordas de tabuleiros ou chapadas com inclinação maior que 45º; e nas áreas em altitude superior a 1.800 metros, com qualquer cobertura vegetal”.

Por tanto, as APPS são áreas, que irão depender da cobertura vegetal, cuja função ambiental é de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humana [7].

Apesar das APPs serem áreas destinadas à proteção ambiental, isso não as torna intocáveis, podendo ocorrer atividades de baixo impacto com implantação de trilhas para o desenvolvimento do ecoturismo, bem como atividades de interesse social que podem ser desenvolvidas, como por exemplo, a implantação de infraestrutura pública destinada a esportes, lazer e atividades educacionais e culturais ao ar livre em áreas urbanas e rurais consolidadas e, quando se trata de interesse social, podem ser desenvolvidas atividades que comprovadamente proporcionem melhorias na proteção das funções ambientais, tornando assim, uma utilidade pública [7].

Diante das possibilidades de usos que se tem em uma APP, uma importante atividade possível de implantação é a Educação Ambiental, pois assim, a sociedade seria impactada de forma direta a contribuir com o uso sustentável dessas áreas, além de cultivar o respeito pela diversidade biológica encontradas nas APPs. Outro impacto positivo oriundo da integração Educação Ambiental e APP é o desenvolvimento da sensibilidade das necessidades individuais e coletivas, formando assim cidadãos preocupados com o bem-estar coletivo.

Além disso, o estudo sobre Educação Ambiental na formação psicossocial dos jovens, realizado durante 15 anos, pelo Laboratório de Psicologia e Educação Ambiental (Lapsea) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), mostrou que o envolvimento de jovens em programas de educação ambiental desenvolve mudanças psicossociais e auxilia o jovem a construir sua trajetória de vida pautada no compromisso social, ou seja, no exercício da cidadania [8].

Nesse sentido, a Educação ambiental é uma importante ferramenta de interação no que se diz respeito ao envolvimento de crianças e jovens, em especial os que se encontram em instituições de acolhimento institucional, pois segundo [9], o convívio saudável com as cuidadoras e outras crianças e jovens fortalecem as interações envolvidas no contexto ambiental, como questões culturais, sociais, psicológicas e ambientais. Desta maneira, a EA proporciona uma inclusão social capaz de mudar comportamentos e ampliar oportunidades de vida, uma vez que o projeto propõe a interação acadêmica com os jovens institucionalizada [10].

Dessa forma surgiu a necessidade de promover o projeto “Plantando Árvores, Colhendo Histórias”, que terá duração de 1 ano. Nessas primeiras ações o projeto tem como objetivo criar um espaço destinado ao lazer e atividades educacionais e culturais ao ar livre dentro da APP próxima a Instituição de Acolhimento Adélia Francisca Santana.

A partir das diretrizes do Estatuto da Criança e do adolescente, e das normativas do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), a instituição de acolhimento, “Adélia Francisca Santana” do município de Ji-Paraná/ Rondônia, presta o serviço de acolhimento institucional, em caráter temporário e excepcional, a crianças do sexo/gênero feminino e masculino, na faixa etária de 0 a 18 anos completos. O serviço ofertado tem por base o que preconiza o ECA em seu Art. 92, inc. II, do [11], sobre medida protetiva para criança e adolescente em situação de vulnerabilidade social.

Nesse espaço, as crianças e adolescentes acolhidos, irão plantar árvores frutíferas, que fornecerão frutas para o consumo na instituição, despertando neles, a consciência do preservar, plantar, cultivar, cuidar e coletar. Esse espaço servirá também, de convívio social entre os acolhidos.

Além disso, será realizado um trabalho de educação ambiental com os acolhidos, em que os discentes do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UNIR, serão agentes realizadores de encontros promovendo a discussão sobre temáticas na área ambiental. Estes realizarão, junto com os acolhidos, a comunidade, a Secretaria Municipal de Ação Social (SEMAS), Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEIA) e voluntários, a limpeza, o

plântio de árvores frutíferas e a implantação de uma trilha ecológica na APP localizada na área vizinha a Instituição de Acolhimento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com os adolescentes e jovens da Instituição de Acolhimento Adélia Francisca Santana, pertencente ao município de Ji-Paraná/RO, sendo este limítrofe a uma Área de Preservação Permanente, conforme a Figura 1.



Figura 1. Mapa de localização da área.

Foi realizado um encontro com as crianças no qual alguns temas foram abordados por meio de apresentação por *Power Point*, roda de conversa e atividades educativas. Os temas abordados foram: o conceito de APP; a importância da preservação das APPs e da vegetação ripária, com ênfase à preservação da biodiversidade e recursos hídricos locais.

Para o tema biodiversidade foram ressaltadas a importância da preservação da vegetação ripária, APPs e a diversidade biológica que nelas habitam. Houve explanação sobre os prejuízos às espécies locais com o desmatamento ou exploração indevida e como as ações humanas podem impactar a biodiversidade.

Nesse encontro também foi realizado um experimento sugerido por Câmara [12], porém com adaptações. O objetivo do experimento é observar a importância da cobertura vegetal.

Para tanto, no experimento foram utilizadas três garrafas de Polietileno tereftalato (PET) cortadas na parte superior e na parte inferior que foi colocada uma torneira. A primeira garrafa é foi preenchida com solo, a segunda com solo e serapilheira e a terceira com solo e

vegetação. Em cada garrafa, pela parte superior foi inserida a mesma quantidade de água, aproximadamente de 200 ml, e a torneira na parte inferior é aberta para coletar a água que infiltra, percola pelo solo e escoar pela torneira.

Logo após as crianças foram convidadas a demonstrar por meio de desenho o que elas aprenderam no encontro e também que realizassem uma breve explicação do seu desenho. Em seguida, realizada uma brincadeira de pega-pega estoura balão, na qual um cordão com balão foi amarrado no tornozelo de cada criança, e quem deixasse que o seu balão fosse estourado respondia a uma pergunta que foi colocada previamente dentro do balão, sendo as perguntas relacionadas aos temas que foram explanados durante o dia.

Em um segundo encontro foi efetuado juntamente com os acolhidos, a comunidade, a equipe da SEMAS e SEMEIA e voluntários, a limpeza, o plantio de árvores frutíferas e realizados preparativos para implantação de uma trilha ecológica na APP localizada na área vizinha a Instituição de Acolhimento. Para tanto, previamente a prefeitura municipal de Ji-Paraná, em parceria com a equipe do projeto, construiu uma escada de pneus, uma mesa com bancos e realizaram a roçagem das áreas dentro da APP onde aconteceram as intervenções.

Para realização dessas ações foi realizada uma reunião rápida com todos os envolvidos para dividir a equipe em 3 grupos. Uma equipe ficou responsável por limpeza da área onde ficou a mesa com bancos, outra para limpeza e demarcação da área onde será instalada a trilha ecológica e plantio de algumas árvores na área da trilha, e uma terceira responsável pelo plantio das árvores frutífera atrás da Instituição de Acolhimento. Além disso, no momento da reunião foi enfatizado para as crianças acolhidas e aos integrantes da comunidade, que são vizinhos a APP, sobre a importância da rega das árvores plantadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A realização da interação com os jovens mostrou efeitos significativos. De maneira simples, as crianças e jovens compreenderam a importância de manter as áreas de preservação, por visto que a supressão destas implica em impactos ambientais. Durante a apresentação com *Power Point* e a roda de conversa, os acolhidos foram participativos, realizando perguntas, fazendo relatos sobre experiências já vividas por eles, alusivas aos temas abordados.

Na Figura 2, está exposta a apresentação do experimento sugerido por Câmara [12]



Figura 2. Experimento realizado sobre a importância da cobertura vegetal para o solo. 1) Garrafa apenas com solo; 2) Garrafa com solo e folhas e 3) Garrafa com solo e vegetação.

Com a realização do experimento as crianças e adolescentes puderam verificar como a vegetação auxilia no sentido de constituir o solo, formando uma estrutura fortemente ligada através das raízes, deixando-o estável. Ao vertermos água sobre as três garrafas, foi possível observar pela Figura 2, que na garrafa que tinha a vegetação (3) a água infiltra e tecnicamente não lixivia o solo, saindo pela torneira praticamente limpa, o que pode ser comprovado quando faz-se a coleta da água percolada, com um recipiente transparente. Já ao vertermos água sobre as garrafas sem a cobertura vegetal (1) e com folhas (2), vemos que a água arrasta grande quantidade de partículas de solo, o que foi comprovado ao coletar a água que saiu pela torneira.

As crianças e adolescentes puderam expressar-se por meio dos desenhos demonstrados, o que eles assimilaram durante a troca de saberes realizada no encontro. Segundo Bombonato et. al [13], os rabiscos são as manifestações das crianças no papel, essa forma de expressão é de grande importância, pois a criança é capaz de ser compreendida, seus traços demonstram suas emoções, sentimentos e ideias, estas expressões trazem considerações como uma verdadeira manifestação sobre suas instigações.

Assim, as Figuras 3, 4 e 5 apresentam os desenhos realizados por três crianças acolhidas e a explicação dada pela criança do seu desenho.



Figura 3. Ilustração feita por uma criança do sexo masculino, de 10 anos, expressando a importância de manter a área verde.



Figura 4. Ilustração feita por uma criança do sexo feminino, de 6 anos demonstrando que e podemos viver em conjunto com o meio ambiente.



Figura 5. Ilustração feita por uma adolescente do sexo feminino, de 14 anos. O esboço mostra que é necessário preservar as áreas que ainda continuam de pé.

O jovem relatou que seu desenho (Figura 3), demonstra que manter as áreas verdes é o correto a se fazer, pois elas protegem os cursos de água e os solos. A criança salientou que a construção perto dos rios causa poluição no meio ambiente e a retirada das árvores causa maior temperatura do ar.

Com o desenho da Figura 4 e a explicação dada da criança, ela entendeu que é possível viver em um mundo sustentável e que pode haver o desenvolvimento se existirem ações que preserve o meio ambiente, como o plantio de árvores. A mesma observação foi realizada pela adolescente que desenhou o que está exposto na Figura 5, entretanto a jovem relatou quando explicou seu desenho que as áreas com vegetação devem ser mantidas não somente nas App's, mas também em outras áreas dentro dos ambientes urbanos.

Com a realização da brincadeira pega-pega estoura balão as crianças e adolescentes puderam fixar os temas abordados no encontro, de uma forma bastante lúdica e divertida, conforme é possível observar na Figura 6.



Figura 6. Preparativos para início da brincadeira pega-pega estoura balão.

Anteriormente a realização do segundo encontro, que teve o objetivo de promover a limpeza, o plantio de árvores frutíferas e os preparativos para implantação da trilha ecológica na APP, com a participação dos acolhidos, da comunidade, da equipe da SEMEIA, SEMAS e voluntários, a prefeitura municipal de Ji-Paraná executou dentro da APP, uma escada de pneus, conforme a Figura 7. A escada despertou nas crianças, adolescentes e nos próprios voluntários a possibilidade do reuso de materiais.



Figura 7. Escada de pneus. – 1) Escada de pneus e mesa com bancos; 2) Escada sendo utilizada no dia do segundo encontro

As Figuras 8 apresentam os trabalhos realizados pelas equipes.



Figura 8. Trabalhos realizados pelas equipes. – 1) Reunião de alinhamento dos trabalhos; 2) Equipe responsável pela preparação da trilha e plantio; 3) Equipe responsável pelo plantio na área atrás da IAAF; 4) Equipe responsável pela limpeza da área com a mesa e bancos.

Nessa ação, foram plantadas mais de 57 árvores frutíferas, sendo elas: Cupuaçu, Cajá, Pitanga, Bacupari, Canela, Açaí, Jenipapo, Jambo, Maracujá, Caju, Limão e Jabuticaba, todas doadas pela SEMEIA. Além disso, foi escolhida a área onde será realizada a trilha ecológica e nessa área algumas árvores foram plantadas. Em uma próxima ação, serão

identificadas algumas árvores. As equipes responsáveis pela limpeza recolheram resíduos de construção civil, plásticos e outros resíduos, conforme a Figura 9.



Figura 9. Resíduos coletados. – 1) Resíduos coletados atrás da IAAF; 2) Resíduos coletados na área onde está o banco e a escada de pneu.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização dessas primeiras ações do Projeto “Plantando Árvores, Colhendo Histórias”, o trabalho de Educação Ambiental mostrou-se como uma ferramenta importante para manter e recuperar o meio ambiente. O envolvimento dos jovens nas ações despertou, nos mesmos, o cuidado com a área de APP vizinha a da Instituição de Acolhimento Adélia Francisca e o entendimento pelo papel social e ambiental que aquela área possui.

No projeto, ainda serão promovidas mais ações de educação ambiental, abordando os temas, resíduos sólidos, compostagem, sustentabilidade, mudanças climáticas.

Os temas resíduos sólidos e compostagem serão trabalhados em conjunto. Os acadêmicos da UNIR, irão trabalhar com os adolescentes e jovens da instituição a importância da separação dos resíduos sólidos e como isso pode impactar no meio ambiente, além de abordarem as diferenças entre resíduos secos, orgânico e rejeitos. Com relação ao resíduo seco, serão abordados os métodos de separação e destinação final.

Para trabalhar com os resíduos orgânicos, os acadêmicos explicarão sobre compostagem e como utilizar o substrato como fertilizante natural e a importância da destinação e separação desse tipo de resíduo.

Para trabalhar o tema sustentabilidade e mudanças climáticas, será realizada uma roda de discussão sobre o tema, na qual os adolescentes e jovens da instituição serão levados a

refletir sobre o seu próprio comportamento consumista. Para isso, será aplicado o teste da Pegada Ecológica.

Será abordado com os adolescentes e jovens da instituição outro ponto chave que está ligado à preservação dos rios e florestas, que é a função de regulação climática, como por exemplo, o conforto térmico. Com o intuito de mostrar a importância do rio junto a floresta, será realizado uma roda de tereré em um ambiente sem floresta e sem rio, depois será realizado uma roda de tereré no espaço de lazer criado dentro da APP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRASIL, LEI Nº 9.795 DE 27 DE ABR., DE 1999. **Política Nacional de Educação Ambiental**, de 27 de abr., de 1999, Brasília, DF, 1999. Disponível em: < <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1999/lei-9795-27-abril-1999-373224-publicacaooriginal-1-pl.html>> [acesso em: 09 jun. 2019.]

[2] BARRETO, L. M e VILAÇA, Maria T. M, **Controvérsias e consensos em educação ambiental e educação para o desenvolvimento sustentável**. Revista Research, Society and Development, v.7, n.5, Dezembro, 2017. Disponível <:<https://scholar.google.com.br>> [acesso em: 27 Agosto 2019]

[3] BRASIL. **Resolução nº2, de 15 de junho de 2012**. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Diário Oficial da União. Brasília: DOU, 2012.

[4] BUENO, R. de L.; ARRUDA, R. A. de **Educação ambiental**. Revista **Eventos Pedagógicos**. V. 4, n.2, p. 182 - 190, ago. – dez. 2013.

[5] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Cadastro Nacional de Unidade de Conservação**: Tabela consolidada das Unidades de Conservação. Brasília, 2019. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80229/CNUC_FEV19%20-%20C_Bio.pdf > [acesso em: 09 jun. 2019].

[6] BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em. [acesso em Acesso em: 09 jun. 2019]

[7] BRASIL. **Resolução nº2, de 15 de junho de 2012**. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Diário Oficial da União. Brasília: DOU, 2012.

[8] SILVA, W. G. da; HIGUCHI, M. I. G.; FARIAS, M. S. M. de. **Educação ambiental na formação psicossocial dos jovens**. Revista Ciência Educação, Bauru, v. 21, n. 4, p. 1031-1047, 2015.

[9] BUENO, R. de L.; ARRUDA, R. A. de **Educação ambiental**. Revista **Eventos Pedagógicos**. v.4, n.2, p. 182 - 190, ago. – dez. 2013.

[10] BRASIL. Lei no 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Acessado em 02/09/2019.

[11] FERREIRA, V. V. F.; LITTIG, P. M. C. B.; VESCOVI, R. G. L. **Crianças e adolescentes abrigados**: perspectiva de futuro após situação de rua. Revista Psicologia e Sociedade, 26 (1), 165-174, 2014. ISSN 1807-0310.

[12] CÂMARA, H. Z. **Manual prático de educação ambiental**, Federação Nacional das Escolas Particulares, Rio de Janeiro, dez de 2008.

[13] BOMBONATO, A.; FARAGO, A. C. **as etapas do desenho infantil segundo autores contemporâneos**. Cadernos de educação: ensino e sociedade, bebedouro- SP, 3 (1): 171 -195, 2016.

**RAZÃO DE BOWEN EM UMA ÁREA DE FLORESTA NO SUDOESTE DA
AMAZÔNIA EM ANO DE EVENTO EXTREMO**

**BOWEN REASON IN A FOREST AREA IN SOUTH WEST AMAZON IN YEAR OF
EXTREME EVENT**

Thiago Alves dos Santos^{1*}, Larissa Santos Fambri², Luiza Fernanda Silva Pavanello², Rafaela
Cristina de Andrade Freitas³ e Nara Luisa Reis de Andrade⁴

¹Mestrando em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo/USP.

²Engenheira Ambiental e Sanitarista, Universidade Federal de Rondônia/UNIR.

³Graduanda em Eng. Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Rondônia/UNIR.

⁴Professora Doutora da Universidade Federal de Rondônia/UNIR.

*Autor correspondente: e-mail: thiago.as@usp.br

RESUMO

Atualmente está em voga as discussões sobre as possíveis causas das mudanças climáticas no globo terrestre. A dinâmica do ciclo da água na floresta Amazônica pode estar ameaçada pela intensificação dos processos do uso e ocupação do solo. Por meio da razão de Bowen, objetiva-se entender a influência da partição de energia em áreas com diferentes coberturas vegetais no sudoeste da Amazônia e suas interações com a sazonalidade climática da região. O estudo foi desenvolvido para o ano de 2009, considerado de evento extremo de cheia na região, em dois sítios experimentais, uma área de floresta, Reserva Biológica do Jaru, e em uma área de pastagem, Fazenda Nossa Senhora, localizadas no sudoeste do estado de Rondônia, sendo ambas equipadas com torres micrometeorológicas. Foram analisados os fluxos de calor latente (LE) e calor sensível (H) nos períodos seco e úmido no ano de 2009. O maior valor encontrado na relação da razão de Bowen foi no período de seca (0,39) na FNS, possivelmente, em decorrência ao estresse hídrico da pastagem, o que acarretou no maior fluxo de calor sensível. Em geral, não houve grandes variações sazonais.

Palavras-chave: floresta tropical, extremos climáticos, calor sensível, calor latente, microclima.

ABSTRACT

Discussions about the possible causes of climate change on the globe are currently in vogue. The dynamics of the water cycle in the Amazon rainforest may be threatened by the intensification of land use and occupation processes. Through the Bowen ratio, the objective is to understand the influence of energy partitioning in areas with different vegetation cover in southwestern Amazonia and its interactions with the climatic seasonality of the region. The study was developed for 2009, considered as an extreme flood event in the region, in two experimental sites, a forest area, Jaru Biological Reserve, and a pasture area, Fazenda Nossa Senhora, located in the southwest of the state. of Rondônia, both of which are equipped with micrometeorological towers. Latent heat (LE) and sensitive heat (H) fluxes in the dry and humid periods in 2009 were analyzed. The highest value found in the Bowen ratio ratio was in the dry season (0.39) in the FNS, possibly due to pasture water stress, which resulted in the highest sensible heat flux. In general, there were no large seasonal variations.

Keywords: rainforest, climatic extremes, sensitive heat, latent heat, microclimate.

1. INTRODUÇÃO

As possíveis causas das mudanças climáticas no globo terrestre tem sido uma temática em evidência, em decorrência de ações antrópicas, como a exploração inadequada dos recursos naturais. Outro fenômeno ligado a isto, e observado mundialmente, é a mudança nos regimes de chuvas, ocasionando ondas de seca e de cheias mais acentuadas devido às alterações das concentrações de vapor d'água na atmosfera [1].

De acordo com [2], as florestas tropicais desempenham uma importante função na regulação do clima regional e global, principalmente por meio das emissões ou retenções de gases e da evapotranspiração, onde se destaca a floresta Amazônica.

Por muitas décadas esta região tem sido alterada pelo desmatamento com finalidade de inserção de novas culturas e pecuária, o que reflete no balanço de energia em superfície tanto na Floresta Amazônica, como em outros ecossistemas por ela influenciados [3], sendo que a ciclagem da água nessa floresta desempenha uma importante função ambiental no Brasil e países vizinhos, como os Rios Voadores, que carregam a umidade da Floresta Amazônica para as outras regiões do país, transformando-se em chuva [4].

Nesse sentido, é imprescindível estudos que analisem os processos básicos do funcionamento do ecossistema amazônico para o entendimento do comportamento das variáveis microclimáticas, bem como as possíveis variações ao longo do tempo, que podem contribuir para a compreensão das dinâmicas de interações na atmosfera [5].

Neste contexto, algumas técnicas micrometeorológicas vêm sendo implementadas para estimar as trocas de energia em uma dada superfície vegetada.

[19] introduziu o conceito de razão de Bowen como sendo a relação entre o fluxo de calor sensível (H) e o fluxo de calor latente (LE). De forma simplificada, a razão expressa o produto do coeficiente psicrométrico pela razão entre o gradiente de temperatura do ar e o gradiente de pressão de vapor de água no ar, em pelo menos dois níveis acima da superfície [20].

O método permite analisar essa influência de partição de energia sobre o clima da região em curto prazo, através da delimitação de estações ao longo do ano [14], sendo validada por diversos autores como [6]; [7] e [8].

Deste modo, o estudo teve como objetivo verificar por meio da razão de Bowen, a influência de áreas de floresta primária e pastagem sobre a partição de energia, no sudoeste da Amazônia nos períodos úmido e seco para o ano de 2009 e buscar compreender suas possíveis interações com a sazonalidade climática da região.

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em dois sítios experimentais (Figura 1), uma área de floresta primária e uma área de pastagem, ambas equipadas com torres micrometeorológicas, com alturas de 62m e 10m respectivamente, pertencentes ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA, em Rondônia.

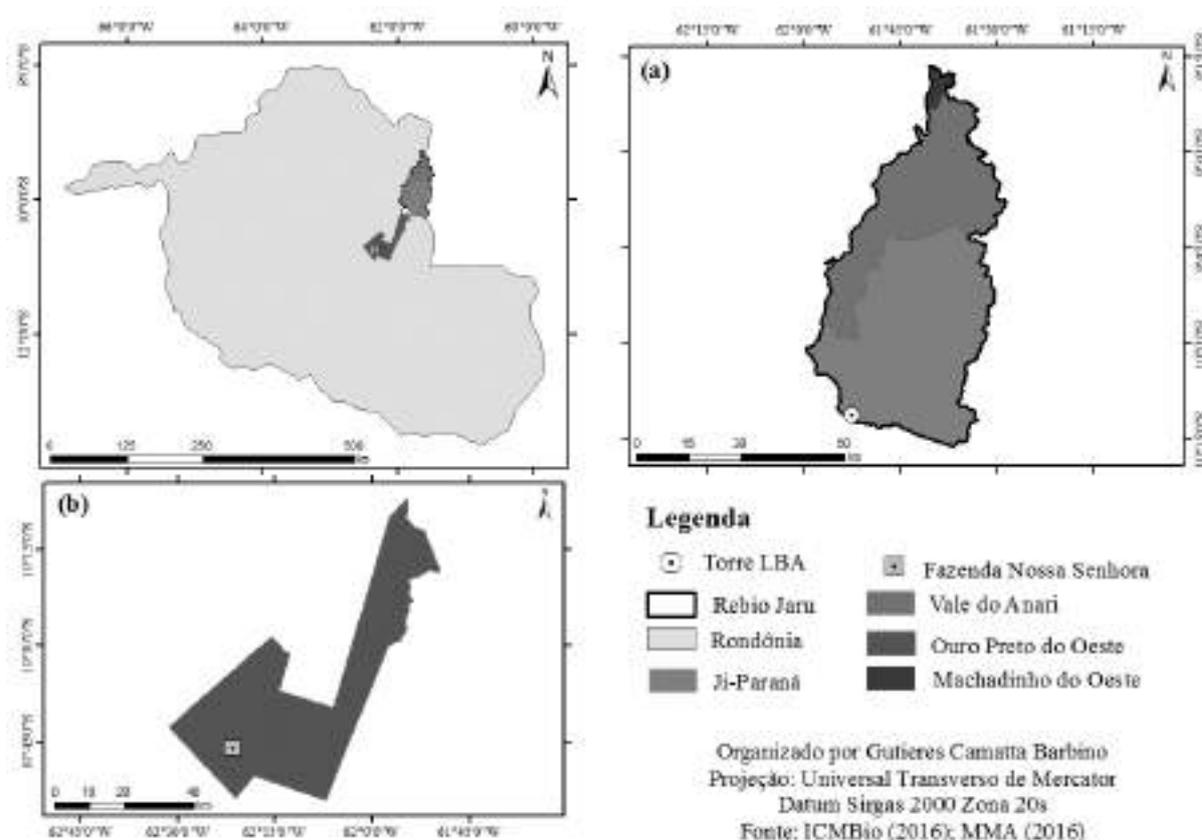


Figura 01 – Localização das áreas de estudos (a) Reserva biológica do Jaru (REBIO Jaru) e (b) Fazenda nossa Senhora (FNS).

A área de floresta está localizada na Reserva Biológica do Jaru (REBIO Jaru) pertencente ao município de Ji-paraná (RO), sendo uma unidade de proteção integral sob a tutela do órgão ambiental do governo brasileiro, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, com uma área de 352.000 ha, sendo definida como Floresta Ombrófila Aberta de acordo com [9].

A área de pastagem está localizada na Fazenda Nossa Senhora no município de Ouro Preto do Oeste (RO), sendo que a cobertura predominante é a gramínea *Brachiaria brizantha*, e esta dista da REBIO Jaru aproximadamente 100 km.

2.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

As medições foram realizadas em 2009, em que foram utilizados os dados de fluxo de calor latente (LE) que é a energia utilizada para a evapotranspiração da água, e fluxo de calor sensível (H) que é a energia usada para o aquecimento do ar. Os dados de H e LE foram medidos pelo sistema de covariância de vórtices turbulentos, composto por um anemômetro sônico tridimensional (Solent 1012R2, Gill Instruments, Lymington, UK) e um analisador de gás por infravermelho de caminho aberto (LI- 7500, LICOR Inc., Lincoln, USA) instalados nas torres.

Esses sensores foram conectados a um microcomputador tipo “palmtop”, que realiza as leituras dos sensores com frequência de 10,4 Hz e armazena os dados brutos em arquivos a cada 30 minutos.

2.3 RAZÃO DE BOWEN E FILTRAGEM DOS DADOS

A Razão de Bowen (Equação 1), foi obtida por meio da razão entre os fluxos de calor latente e sensível, sendo estes importantes componentes do Balanço de Energia à superfície.

$$\beta = \frac{H}{LE} \quad (1)$$

Em que: β - Razão de Bowen; H e LE - Fluxos de calor sensível e calor latente, respectivamente ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$).

Com o intuito de retirar os dados espúrios e incoerentes, os mesmos foram filtrados conforme descrito por [17], sendo o aproveitamento dos dados descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Aproveitamento de dados de fluxos de calor sensível (H) e calor latente (LE) para FNS e REBIO Jaru, por período.

| Período | REBIO Jaru | | FNS | |
|---------|------------|--------|-------|--------|
| | H (%) | LE (%) | H (%) | LE (%) |
| Úmido | 86 | 70 | 68 | 60 |
| Seco | 75 | 70 | 14 | 14 |

Por fim, para analisar a sazonalidade das variáveis, os meses de janeiro a março foram característicos do período úmido, enquanto de julho a setembro do período seco [14].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados estudados foram do ano de 2009, caracterizado como ano de evento extremo de cheia na Região Amazônica [10]. Os eventos extremos de seca e cheia estão estritamente relacionados à variabilidade da temperatura da superfície do Oceano Pacífico Tropical (*El Niño*) e do Oceano Atlântico Norte [11], sendo o primeiro bastante influente na precipitação da estação chuvosa e o segundo na duração e intensidade da estação seca da região [12].

As médias de H e LE encontram-se na Tabela 2. O menor valor de H foi encontrado no período úmido na FNS, de $22,6 \text{ W m}^{-2}$ e o maior no período seco na REBIO Jaru, esse fenômeno pode ter ocorrido por conta do baixo aproveitamento dos dados nesses períodos, pois estudos como [5]; [13]; [14], encontraram maiores valores do fluxo de calor sensível na área de pastagem.

Tabela 2. Médias de fluxos de calor sensível (H) e calor latente (LE) nos sítios da REBIO Jaru e FNS no ano de 2009.

| Período | REBIO Jaru | | FNS | |
|---------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | H (W m^{-2}) | LE (W m^{-2}) | H (W m^{-2}) | LE (W m^{-2}) |
| Úmido | 23,9 | 114,7 | 22,6 | 89,8 |
| Seco | 30,5 | 100,4 | 23,7 | 60,9 |

Segundo [15], em torres micrometeorológicas que realizam medidas contínuas, a existência de falhas no conjunto de dados é inerente. Tais erros podem ser atribuídos ao momento de coleta e armazenamento, intrínseco aos sensores ou mesmo à manutenção técnica, podendo variar para as diferentes áreas estudadas na região Amazônica [16].

Os maiores valores de LE foram encontrados na REBIO Jaru, no período úmido, de $114,7 \text{ W m}^{-2}$ enquanto o valor foi de $100,4 \text{ W m}^{-2}$ no período seco, com uma diferença de 12,4% entre os dois períodos. Por sua vez, os menores valores foram encontrados na FNS, sendo $60,9 \text{ W m}^{-2}$ no período seco e $89,8 \text{ W m}^{-2}$ no período úmido, com um decaimento de evapotranspiração de 32% entre os períodos.

Os maiores valores de evapotranspiração nos sítios ocorreram no período úmido em decorrência do aumento da precipitação nesse período e conseqüentemente, maior disponibilidade hídrica. Contudo, na FNS houve um maior decaimento da evapotranspiração quando comparado o período úmido ao seco.

Esse fenômeno pode ser explicado pela menor profundidade radicular da gramínea, não conseguindo alcançar o lençol freático, e, com a diminuição da precipitação no período seco, a gramínea fecha seus estômatos para não perder água para a atmosfera, logo, a taxa

evapotranspiração diminui, com consequente diminuição da energia despendida nesse processo. Assim, a maior disponibilidade de energia para fluxo de calor sensível pode ocasionar incremento na temperatura do ar.

Na REBIO Jaru, houve uma diferença de evapotranspiração entre o período seco e úmido, de 12,4%, uma diferença menor se comparada a da FNS, e isso se deve ao fato da vegetação na floresta Amazônica possuir a estrutura radicular com raízes profundas, o que permite que elas alcancem o nível freático nas camadas inferiores, tendo uma maior adaptação no período da diminuição das chuvas [17].

[14] observaram uma relação inversamente proporcional entre o H e LE, corroborando com os dados desta pesquisa.

Em relação a Razão de Bowen, os valores estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores por período da razão de Bowen para os sítios REBIO e FNS no ano de 2009

| Período | Razão de Bowen | |
|---------|----------------|------|
| | REBIO Jaru | FNS |
| Úmido | 0,21 | 0,25 |
| Seco | 0,30 | 0,39 |

O maior valor encontrado foi na FNS no período de seca, (0,39), devido ao aumento no fluxo de calor sensível e a diminuição na evapotranspiração. Os menores valores foram encontrados no sítio da REBIO Jaru, com 0,21 no período úmido e 0,30 no período seco, demonstrando uma maior estabilidade da floresta Amazônica frente às diferenças sazonais.

[13], estudando a área de pastagem da FNS, encontrou valores superiores ao desta pesquisa, de 0,92 para o período seco e 0,29 no período úmido.

A razão de Bowen pode ser útil para a identificação de desequilíbrios na atmosfera, pois está relacionada à camada limite, ao tempo e ao clima, e está também interligada ao ciclo hidrológico [18].

4. CONCLUSÃO

A REBIO Jaru e a FNS não apresentaram grandes variações sazonais quanto à partição dos seus componentes do balanço de energia à superfície ao longo do ano de 2009, mesmo após os eventos extremos (*El ninõ*) diminuir os índices pluviométricos na região amazônica.

Os resultados da razão de Bowen demonstraram um aumento, em ambos os sítios, no H, determinado pela menor disponibilidade hídrica, além da menor cobertura de nuvens que facilitou a penetração da radiação solar incidente.

O LE foi maior nos períodos úmidos, devido a maior disponibilidade hídrica no sistema. A FNS apresentou maiores variações quando comparada à REBIO Jaru, sendo a sua dinâmica microclimática mais afetada no período seco.

A razão de Bowen média, calculada como a razão entre os valores integrados de H e LE, apresentou um aumento na área de floresta de 0,21, durante o período chuvoso, contra 0,30 no período seco, enquanto na área de pastagem este aumento de 0,32 para 0,76.

Os resultados mostram que a substituição de área de floresta tropical por pastagem na Amazônia implica em diferentes contribuições, em termos de balanço de energia e nos elementos microclimáticos, para a atmosfera, os quais devem ser considerados em estudos que tratem dos impactos do desmatamento em larga escala no clima regional e global.

É importante ressaltar que desempenho desta pesquisa encontrou limitações m relação ao aproveitamento de dados da FNS, inviabilizando um grau satisfatório, contudo cada classificação tem seus méritos próprios, limitações e falhas, e por isso quando forem aplicadas é preciso levar em plena consideração suas várias limitações.

Assim, torna-se imprescindível a continuidade de estudos para acompanhar os efeitos da mudança da cobertura vegetal no particionamento de energia na região Amazônica.

5. REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, N.L.R. **Fluxo de calor latente em uma floresta tropical da Amazônia: Análise de séries temporais com wavelets e do produto mod16**. Tese doutorado, Física Ambiental- UFMT, 168f. Cuiabá, 2013.

[2] PEREIRA, O. A. **Estimativas do Balanço de Energia e fluxo de carbono por diferentes métodos em floresta de transição no sudoeste da Amazônia**. Tese doutorado, Física Ambiental- UFMT, 112f. Cuiabá, 2013.

[3] ROCHA, C. R & LYRA, R. F. F. Balanço de energia em uma área de Floresta Nativa na Amazônia durante a estação chuvosa -LBA 2002. In: **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte (MG), 2009**.

- [4] MOSS, G.; MOSS, M.; SALATI, E.; DIAS, P.; NOBRE, A. D. **Os rios voadores, a Amazônia e o clima brasileiro**. São Paulo: Horizonte, 2014.
- [5] GOMES, J. B. CONVERSÃO DE FLORESTAS TROPICAIS EM SISTEMAS PECUÁRIOS NA AMAZÔNIA: QUAIS AS IMPLICAÇÕES NO MICROCLIMA DA REGIÃO? **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, dez. 2015.
- [6] SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R. Fluxos de energia e desenvolvimento da cultura do abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 400-407, 2008.
- [7] ARRUDA, J. C.; VALENTINI, C. M. A.; SANCHES, L. Balanço de energia em uma pastagem de braquiária em Mato Grosso. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 168-177, nov. 2011.
- [8] GOMIDE, R. L.; KOBAYASHI, M. K.; BORATTO, I. M. P. Monitoramento automático da necessidade hídrica das culturas do feijoeiro e milho por meio do balanço de energia/ razão de Bowen. *Irriga*, Botucatu, p. 453-466, 2012. Edição Especial.
- [9] CULF, A. D., FISCH, G., MALHI, Y., NOBRE, C. A. The influence of the atmospheric boundary layer on carbon dioxide concentrations. **Ciência e Natura** v.38 Ed. Especial- IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia 2016, p. 504– 509, 1997.
- [10] NASCIMENTO, J. S. M; AGUIAR, R. G.; WEBLER, A. D.; FISCHER, G. R.; AGUIAR, L. J. G.; RUEZZE, C. B. Variáveis meteorológicas em áreas de floresta e pastagem na Amazônia Ocidental em anos de eventos extremos. **Ciência e Natura**. v. 38, p. 217 – 224, 2016.
- [11] ANDRADE, N. L. R; SANCHES, L; AGUIAR, R. G. RIBEIRO, J. G. S; JUNIOR, O. B. P. Variabilidade sazonal e interanual do microclima em área de floresta no sudoeste da Amazônia. **Revista Ciência e Natura**. v 38, 2016.
- [12] NASCIMENTO, J. S. M. **Mudanças no uso da terra na Amazônia ocidental e a resposta do microclima à ocorrência de eventos extremos**. Monografia, Departamento de Engenharia Ambiental, UNIR, 73f, Ji-Paraná, 2016.
- [13] WEBLER, A. D. ET AL. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 8, 2013.
- [14] SOARES, M. C. R & WEBLER, A. D. Estudo da razão de Bowen em uma área de floresta no sudoeste da Amazônia. **Revista Ciência e Natura**, 38, 2016.
- [15] ANDRADE, N.L.R; CORILAÇO, L. P. F; SANCHES, L; AGUIAR, R.G; ROCHA, D. R. S; BARBOSA, H. A. Aplicabilidade do produto de evapotranspiração do Land-SAF em uma área de floresta na Amazônia Ocidental. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, 2015.

[16] IMBUZEIRO, H. MA; LIMA F. Z; LEITE, C. C; AMORIM, R. C. F. Caracterização dos fluxos de energia do ecossistema de floresta Amazônica. In: **Xv congresso brasileiro de agrometeorologia**. 2007.

[17] VON RANDOW, C., MANZI, A. O., KRUIJT, B., OLIVEIRA, P. J., ZANCHI, F.B., SILVA, R. L., HODNET. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**. 1-22, 2004.

[18] WANG, W., XIAO, W., CAO, C., GAO, Z., HU, Z., LIU, S., SHEN, S., WANG, L., XIAO, Q., XU, J., YANG, D., LEE, X. Temporal and spatial variations in radiation and energy balance across a large freshwater lake in China. **Journal of Hydrology**. 511, 811–824, 2014.

[19] BOWEN, I. S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. **Physical Review Serial 2**, New York, v. 27, p. 779-787, 1926.

[20] SILVA, L. D.B; LYRA, G. B; SILVA, J. B. G; PINHO, C. F; NASCESTES, A. L; ALMEIRA, G. V; FOLEGATTI, M. V. Desempenho do método do balanço de energia - razão de bowen na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**. Botucatu, v. 21, n. 3, p. 516-529, julho -setembro, 2016.

**REFLEXOS DO USO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA CONSERVAÇÃO
AMBIENTAL EM PROPRIEDADES DE AGRICULTURA FAMILIAR NO ESTADO
DE RONDÔNIA**

REFLECTIONS OF THE USE OF AGRICULTURAL DEFENSIVE IN
ENVIRONMENTAL CONSERVATION IN FAMILY FARMING PROPERTIES IN THE
STATE OF RONDONIA

Lucas Ramos De Matos^{1*}

¹Mestrando em Geografia do Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGG – UNIR.

*Autor correspondente: e-mail: lucas_matos.com@hotmail.com

RESUMO

Desde “*primavera silenciosa*” de Rachel Carson, ao fazer acordar para o sentido das flores, mostrou-se a necessidade de compreender interações homem-ambiente nas suas complexas dimensões de interdependência para entender o espírito de uma ecologia que perceba que existe gente nos ecossistemas e que há uma necessidade de estudar suas relações e consequências. O estudo analisa relações biofísicas envolvendo o uso de defensivos agrícolas e os reflexos nas práticas de agricultura em propriedades familiares dentro de um complexo de causas e interações, que tem refletido no perfil das práticas de conservação como representação, nesta especificidade. Em relação ao método, optou-se pela combinação de metodologias quantitativas seguidas de metodologias qualitativas adaptadas do método de “*contextualização progressiva*” [24]. Para isso, realizou-se um estudo com 40 famílias escolhidas de modo aleatório em uma comunidade de agricultoras e agricultores familiares localizada na zona rural do município de Colorado do Oeste, Rondônia. Neste caso, verificou-se o uso de defensivos em culturas variadas na ampla maioria das propriedades, produzindo consideráveis quantidades de embalagens de defensivos agrícolas de atividades de agricultura e agrossilvipastoril. A pesquisa considera que existe uma lacuna entre as aspirações das agricultoras e agricultores familiares com a falta de políticas públicas, marcadas por uma visão econômica que tem como prioridade grandes propriedades condicionadas aos moldes da agricultura globalizada e pouco diálogo tem se estabelecido com os saberes-fazeres das agricultoras e agricultores para o desenvolvimento de práticas agroecológicas. Aliado a isso está uma possível falta de atenção de agentes locais, regionais e nacionais que poderiam atuar no sentido de medidas de manejo alternativo junto à comunidade. Essa falha por consequência vai de encontro com as hegemonias localmente impostas pelas indústrias de defensivos agrícolas.

Palavras-Chave: Gestão Ambiental. Resíduos Sólidos Rurais. Educação Ambiental. Agricultura Familiar.

ABSTRACT

Ever since Rachel Carson's "silent spring", waking up to the meaning of flowers, has shown the need to understand human-environment interactions in their complex dimensions of interdependence to understand the spirit of an ecology that perceives that there are people in ecosystems and that there is a need to study their relationships and consequences. The study analyzes biophysical relationships involving the use of pesticides and the effects on family

farming practices within a complex of causes and interactions, which has reflected the profile of conservation practices as a representation, in this specificity. Regarding the method, it was decided to combine quantitative methodologies followed by qualitative methodologies adapted from the “progressive contextualization” method [24]. For this, a study was conducted with 40 randomly selected families in a community of farmers located in the rural area of Colorado do Oeste, Rondônia. In this case, pesticides were used in a variety of crops on the vast majority of farms, producing considerable quantities of pesticide packaging from agricultural and agrosilvipastoral activities. The research considers that there is a gap between the aspirations of farmers and family farmers with the lack of public policies, marked by an economic vision that has as its priority large properties conditional on the model of globalized agriculture and little dialogue has been established with the know-how. of farmers for the development of agroecological practices. Allied to this is a possible lack of attention from local, regional and national actors who could work towards alternative management measures with the community. This failure consequently runs counter to the hegemonies locally imposed by the pesticide industries.

Keywords: Environmental Management; Rural Solid Waste; Conservation; Family Farming.

1.INTRODUÇÃO

A agricultura globalizada tem impactado todas as regiões do planeta. No estado de Rondônia, com o processo de colonização agrícola, as transformações geográficas demonstram, a partir das dinâmicas territoriais, a fragmentação dos espaços agrários a partir de um processo de transformação nas dinâmicas do uso territorial rondoniense por imposições corporativistas [20], cujo o pseudoargumento considerado científico e político tem afirmado a ideologia do processo econômico dos agentes hegemônicos do capital agrário-industrial. Na perspectiva de [19], o uso corporativo do território na Amazônia tornou-se a força política e o motor econômico que impõe transformações e uma agenda geopolítica heterogênea, modificando a geografia econômica da região amazônica, apresentando desigualdades sobre o espaço agrário rondoniense e danos ambientais irreparáveis.

Essa dinâmica que apresenta o espaço rondoniense faz com que as coerências territoriais endógenas, marcadas pelo uso dos recursos naturais locais, consta cada vez mais condicionadas à projeção do capital globalizado desenvolvendo uma agricultura fragmentadora dos espaços agrários, condicionando a agricultura aos fluxos econômicos, dinâmicos, do capital globalizado [19], [18].

No meio rural rondoniense, formado pela alta biodiversidade amazônica, a falta de atenção que se tem com as/os habitantes do campo pode ser um dos principais fatores que influenciam o fracasso que se observa em relação impactos da falta de gestão dos resíduos perigosos oriundos do uso dos defensivos em atividades variadas de pequenos, médios e grandes agricultores. Por estarem inseridos em uma cadeia de dependência pelo uso, por falta de

outras alternativas, as embalagens de agrotóxicos utilizados nos plantios variados e de produtos agrossilvipatoris utilizados no manejo de pragas e doenças em animais são as mais comuns nestes ambientes, o que preocupa ainda mais essa problemática invisível tanto no campo das políticas públicas quanto no campo acadêmico.

Essa dependência por sua vez é marcada de modo majoritário pelo o uso dos glifosatos “*round up*” fabricado pela Bayer/Monsanto, popularmente conhecido como “mata-mato,” que também já é largamente utilizado em propriedades de agricultura familiar, sobretudo para o preparo dos plantios de feijão e milho. Os sintomas dos impactos socioambientais já estudados a décadas são apenas parciais diante de uma problemática que se apresenta estar ‘camuflada’ por poucas informações de tais impactos, evidenciando novas formas de violência contra a soberania alimentar dos povos, de maneira silenciosa.

[4], reflete que a dependência pelo uso excessivo de agrotóxicos decorre do monopólio exercido pelas empresas transnacionais de agroquímicos, sendo uma expressão clara e específica da reprodução do capital na agricultura. Entretanto, Para a autora, a dois elementos essenciais na agricultura capitalista que a difere da industrial e, portanto, não permite que o capital se reproduza ampliadamente no campo na mesma medida que ocorre na indústria. O primeiro é o tempo da natureza, devido ao ciclo de vida dos vegetais. O segundo está na importância histórica do campesinato que é uma classe social e possui uma ligação com a terra que vai além do valor econômico, dificultando a lógica do capitalismo – o retorno acrescido do lucro.

Os reflexos desse campo de forças que evoluem a dominação do espaço e do tempo colabora para que o acondicionamento dado aos resíduos nas zonas rurais, mesmo sendo em pequena quantidade, está proporcionando aos ecossistemas locais uma significativa ampliação de problemas sociais e ecológicos, por ser jogado em margens de lagos e rios e, em sua maioria, queimado quando reciclável ou jogado fora de qualquer maneira [17]. As/os habitantes do campo aprenderam a conviver desde a sua infância com o hábito de jogar o lixo, inclusive as embalagens perigosas, na margem dos rios, nos quintais das suas casas, enterrá-lo e, ainda, incinerá-lo [15].

Através de uma abordagem qualitativa e quantitativa, tentou-se demonstrar que há um descompasso na intenção de políticas públicas voltadas ao problema dos resíduos sólidos resultantes de atividades de agricultura e pecuária de agricultoras/agricultores familiares, marcadas não poucas vezes por uma visão econômica dos atores hegemonicamente vinculada à racionalidade dominante, que tem excluído as comunidades de agricultoras/agricultores de tais políticas públicas. Essa falta de diálogo por sua vez colabora para a adoção de medidas

equivocadas no sentido de dar solução aos diferentes resíduos produzidos, dificultando o acesso a outras lógicas de agricultura e manejo alternativo que não as localmente impulsionadas pela as projeções hegemônicas e pela a ideologia do processo econômico.

A pesquisa sugere que existe uma lacuna entre as aspirações das agricultoras e agricultores familiares sobre o problema dos resíduos sólidos do uso de defensivos agrícolas e a visão econômica de agentes públicos que tem nos problemas das agricultoras e agricultores sua insignificância, marcando a falha no diálogo com os saberes-fazeres das comunidades. Esta falha por sua vez tem dificultado a construção de estratégias e tecnologias alternativas de apropriação e reconstrução dos sistemas agrícolas de produção, denominado “transição agroecológica”, que possibilite a diminuição ou eliminação do uso de defensivos agrícolas pela as agricultoras e agricultores familiares e da produção de resíduos contaminantes.

Com isso, nosso objetivo foi diagnosticar a gestão dos resíduos sólidos rurais em uma comunidade rural no município de Colorado do Oeste, Rondônia, procurando estabelecer uma conexão entre questões quantitativas que envolvem a produção de resíduos sólidos rurais, em especial os relacionados aos defensivos agrícola e agrossilvipastoril, com questões qualitativas que envolvem a gestão desses resíduos, o uso dos defensivos agrícolas, a Educação Ambiental e a conservação do ambiente através das práticas de agricultura, tentando identificar as principais forças que contribuem para as ocorrências.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Sobre a combinação de métodos quantitativos seguidos de métodos qualitativos adaptados do método de “contextualização progressiva”

Optou-se pela combinação de métodos quantitativos seguidos de métodos qualitativos, adaptando a combinação *ad hoc* proposta no método de “contextualização progressiva” do [24] que por sua vez estabelece contextos progressivamente mais amplos ou densos para analisar interações homem-ambiente no sentido de sistematizar elementos inusitados da pesquisa. A parte qualitativa foi marcada com o uso de visitas acompanhadas de diálogos junto aos agricultores. Na parte quantitativa foi utilizado um questionário para obter dados sobre a gestão dos resíduos sólidos e uso de defensivos nas propriedades.

Os dados aproveitados para essa pesquisa é parte de dados coletados no mês de outubro do ano de 2015 tendo como base outras intervenções anteriores nessa mesma localidade [21], [22] e [23], que é composta por cerca de 100 famílias, ao qual foram escolhidas, de modo aleatório, 40 delas. A comunidade de agricultoras/agricultores familiares pertence a Microrregião Cone Sul do estado de Rondônia, especificamente no município de Colorado do

Oeste, a aproximadamente 700 km de Porto Velho Capital, aglutinado aos municípios de Cabixi, Cerejeiras, Chupinguaia, Corumbiara, Pimenteiras do Oeste e Vilhena. A comunidade de agricultores faz parte do Projeto Integrado de Colonização Paulo de Assis Ribeiro – PICPAR e está localizada na linha 01, Km 21, esquina com a segundo eixo, rumo escondido, comunidade Santa Rita de Cássia.

O método de pesquisa via “*contextualização progressiva*” é indicado em abordagens que envolva interações homem-natureza e assume a função de estabelecer contextos progressivos mais amplos ou mais densos da pesquisa, caracterizando-se como um guia para analisar interações a partir de racionalidades e conhecimentos de contextos no sentido de sistematizar elementos inusitados da pesquisa, à medida que o pesquisador, para entender as forças que contribuem para o fenômeno, partindo primeiramente da formulação de questões mais amplas, posiciona-se em atividades, locais, pessoas e ocasiões específicas, optando pela combinação de métodos (técnicas) quantitativos seguidos de métodos (técnicas) qualitativos [24]. Nosso objetivo aqui foi o de adaptar a nossa pesquisa a combinação *ad hoc* proposta por [24] que se ocupa em combinar uma abordagem que envolve a coleta de dados a quantitativos aproveitando para coletar dados de modo qualitativo em forma de observação participante e diálogos informais.

3. DISCUSSÕES E RESULTADOS

A expansão da agricultura globalizada ocorre concomitantemente com a constituição dos complexos agroindustriais modernizados e, alterando as formas de produção com impactos socioambientais, condicionando os modos de vida e os saberes-fazeres das comunidades diversas aos fluxos do capital globalizado. As transformações no campo ocorrem de modo heterogêneo, ao passo que as políticas de subsídios ao desenvolvimento rural estão marcadas por desigualdades e privilégios, desencadeando dificuldades para maiores avanços na agricultura desenvolvida em comunidades familiares [2].

[17], explicam essa heterogeneidade no campo se dá por arranjo estrutural, na medida que há multiplicidade de padrões tecnológicos entre indivíduos, empresas, ramos de produção e regiões, que se reproduzem como um mosaico de disparidades, apresentando nas relações de trabalho e de propriedade onde a exclusão social é a marca mais visível da situação de desigualdades (estrutura social), aliada a uma manutenção de hegemonia históricas das forças conservadoras que compõem as bases legais sancionam e garante um sistema de privilégios (estrutura política).

Diante do problema ambiental que os camponeses se encontram ao estar dependentes cada vez mais dos arranjos impostos por indústrias de defensivos agrícolas, estando quase sempre excluídos da atuação pública (não obstante sempre existiu) sobretudo nos assentamentos de reforma agrária e nas comunidades mais afastadas da “civilização”, onde os agricultores se encontram sem acesso a informações e, desenvolvendo uma gestão improvisada dos resíduos das atividades domésticas, agrícolas e agropecuárias, este trabalho aponta para a necessidade da quebra do preconceito que se apresenta ter com o homem do campo (exceto quando este não é de baixa renda), pois é comum o pensamento de que os agricultores são incapazes de aprender e trabalhar as medidas tecnológicas. Quando ainda são chamados de “pobres”, “ladrões de terra”, “preguiçosos”, “colonos”, “ignorantes” entre outros, que são abertos sem escrúpulos, evidenciando um preconceito de classe que parte tanto dos agentes de políticas públicas quanto aos modelos interpretativos alinhados unicamente com o pensamento hegemônico.

A maioria das comunidades rurais brasileiras vivem uma série de problemas socioambientais e econômicos que decorrem de tal despreocupação ao longo dos anos. Destaca-se a falta de moradia descente, o baixo nível de escolaridade, a baixa renda familiar, a falta de estradas, além da falta de serviço público como o saneamento básico, destinação de resíduos ambientalmente inadequada, uso de água imprópria para consumo humano, e outros problemas ambientais, que causam risco de poluição e comprometimento da saúde das pessoas. Assim, é possível chegar à conclusão de que essas comunidades apresentam diversos problemas sociais e necessitam de muitas intervenções, sobretudo do Estado para promover a qualidade de vida das famílias de agricultoras/agricultores.

No caso em que se observa, a falta de atenção de atores não tem possibilitado a passagem da maneira convencional de produzir com agrotóxicos e técnicas que agredem a natureza, para novas maneiras de fazer agricultura, com tecnologias de base agroecológica, buscando proporcionar de maneira integrada a produção agrícola, o respeito e a conservação da natureza, de proporcionar uma melhor qualidade de vida às pessoas, sejam elas consumidores ou produtores.

A falta de assistência técnica sobre o uso racional dos agrotóxicos e o acesso a informações e conhecimentos voltados a um processo que transcenda para uma agricultura de base agroecológica é uma das causas dos impactos ambientais pouco estudados, como a poluição do solo, da água e do ar nos ecossistemas da agricultura familiar, e a Educação Ambiental pode ser uma estratégia efetiva na preservação ambiental nos ecossistemas locais, na conservação dos recursos naturais, ambientais e genéticos e na melhoria da qualidade de vida

das comunidades de agricultoras/agricultores no município de Colorado do Oeste, Rondônia [23].

É absolutamente vital que atividades de Educação Ambiental que promovam a gestão dos resíduos, desenvolvendo uma ética ambiental seja estimulada neste ambiente, conscientizando as comunidades para adotar uma prática de preservação ambiental quanto a correta utilização, armazenamento, destinação final, aplicação, dosagem e período de carência dos defensivos agrícolas, ou ainda implantar projetos de agroecologia que eliminam a utilização desses produtos, permitindo uma melhor condição de vida e saúde para as famílias. A função da Educação Ambiental pode ser capaz de promover qualificação contínua de camponeses para gestão ambiental nas propriedades, e a maior parte desse desafio é estimular a percepção crítica em todas as classes para as questões socioambientais, sobretudo nos grupos menos favorecidos, que praticam a conservação do ambiente quando utilizam a natureza para seu sustento [11].

Observa-se que este processo não é facilitado ao passo que se observa um descompasso entre as vontades das agricultoras e agricultores familiares e a falta de ações de agentes públicos que poderiam intervir no sentido de auxiliar as famílias tanto na conscientização sobre os resíduos agressivos ao ambiente e sua gestão adequada (que é dever da gestão pública), quanto a outros atores que poderiam apresentar alternativas que possibilitam as famílias transcenderem com modos convencionais de manejo das atividades, podendo diminuir ou eliminar o uso constante dos defensivos e o destino inadequado das embalagem com uma agricultura de base agroecológica. É importante incentivar o despertar aqui para o debate que envolve os problemas ambientais quase sempre silenciosos, sobretudo quando envolve as populações rurais, em especial no estado Rondônia, que pouco avança em políticas públicas para gestão integrada dos resíduos sólidos rurais e urbanos.

No caso aqui analisado, a realidade que é preocupante se destaca quando se verifica que a ampla maioria das propriedades familiares utilizam algum tipo de defensivo agrícola ou agropecuário nas atividades, seja na limpeza de ervas daninhas e pragas nas pastagens, no controle de parasitoides nos animais (carrapato, larva, berne e mosca do chifre), no controle de doenças, pragas e limpeza nas culturas anuais e perenes. Culturas como a do feijão (*Phaseolus vulgaris*) são as que mais necessitam do uso dos defensivos. Nestas culturas é muito comum o ataque por pragas e doenças como a mela e a queima (nomes populares que os agricultores usam), além de utilizarem largamente os famosos “mata-mato”, glifosatos *Round up* fabricados pela Bayer/Monsanto e amplamente distribuídos nas casas agropecuária da região.

Observou-se que nunca houve a coleta seletiva na maioria das propriedades por parte dos responsáveis pela as embalagens. Outros afirmam que a coleta já aconteceu uma vez por ano, esta que é feita não nas residências, mas em um ponto determinado pela as casas agropecuárias do município, e as embalagens dos agrotóxicos são destinadas neste local como ponto de coleta. Também observou-se que uma parcela dentre as famílias de agricultoras/agricultores, além de realizarem o uso de defensivos nas diversas dependências da propriedade, dispõem alguns destes resíduos de maneira inadequada. Alguns até reciclam as embalagens para o uso doméstico, para guardar cereais e outros alimentos que irão consumir futuramente. O uso de equipamentos de proteção não foi verificado na pesquisa.

A seguir, a figura 1 traz a porcentagem de agricultores familiares que produzem embalagens com o uso dos defensivos agrícolas nas variadas atividades desenvolvidas nas propriedades. Dentre as atividades estão a criação de gado para a produção de leite, cultivo de culturas anuais como feijão (*Phaseolus vulgaris*) e milho (*Zea mays*), e culturas perenes como mandioca (*Manihot esculenta*), banana (*Musa*) e abacaxi (*Ananas comosus*). Com base nos dados, observou-se que a maior porcentagem das famílias utiliza defensivos em sua propriedade, seja nos cultivos, na pastagem, nos animais entre outros.

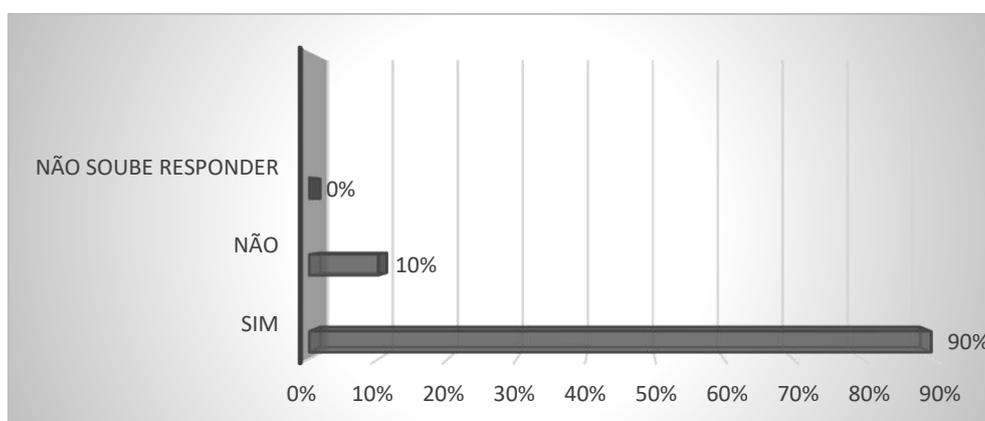


Figura 1 – Porcentagem de agricultores familiares que produzem embalagens de defensivos agrícolas nas propriedades em Colorado do Oeste, Rondônia.

Apesar do que se tem feito para sensibilizar quanto a não depender do uso de defensivos agrícolas, no ambiente rural ainda é difícil reverter a atual situação pois o Brasil é sempre um dos maiores consumidores de agrotóxicos do planeta segundo os dados do Ministério da Agricultura e Greepeace. Além do mais, as comunidades de agricultoras/agricultores se encontram sem saída quanto ao controle da cultura através de medidas alternativas.

As multinacionais, aliado ao apoio político e midiático também são responsáveis por idealizar, financiar e estimular o uso dos defensivos agrícolas, se sobrepondo historicamente a lógica das comunidades tradicionais diversas, dificultando o processo de transição para os

agroecossistemas ecológicos em muitas comunidades rurais. Além dos agricultores se encontrarem sem acesso a assistência técnica para o controle das pragas, dependendo dos produtos químicos para o manejo das culturas e pragas.

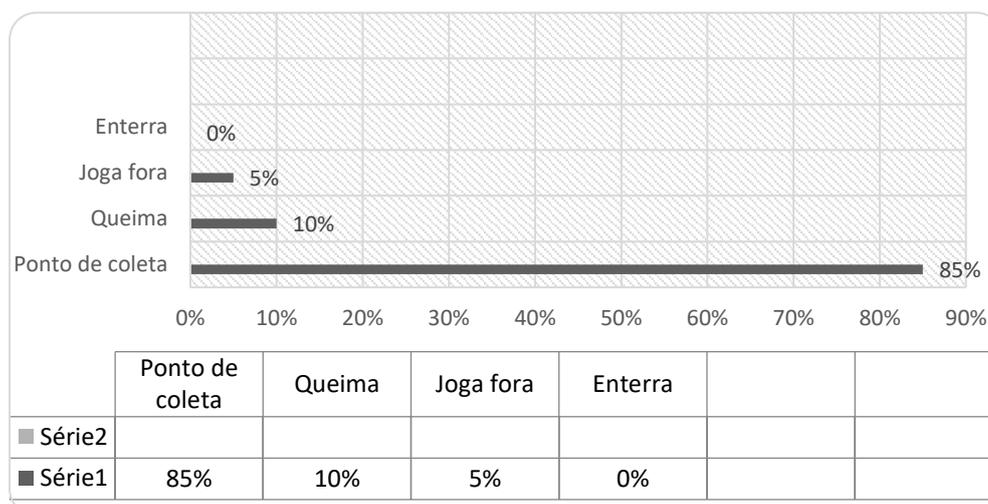


Figura 2 – Destinação de embalagens de resíduos de defensivos agrícolas em propriedades de agricultura familiar de Colorado do Oeste, Rondônia.

A coleta das embalagens de resíduos de atividades agrícolas no meio rural, que é de responsabilidade do fabricante, é de grande importância para o ambiente, pois permite a retirada dos resíduos contaminantes evitando o seu contato com o solo, água, animais, solo, homem entre outros. Como mostra a figura 2 constatou-se que 85% das famílias afirmam destinar as embalagens em ponto de coleta. De acordo com o relato, as embalagens são destinadas em um ponto de coleta estabelecido pelas casas agropecuárias do Município de Colorado do Oeste, Rondônia. O mesmo não ocorre com os resíduos de uso agropecuário das atividades agrossilvipastoril (figura 4). Nem mesmo os resíduos das famosas campanhas contra a febre aftosa realizadas a cada seis meses, não ocorre a destinação em pontos de coleta.

No meio urbano, a prefeitura é responsável por coletar os resíduos domiciliares (tabela 1). No que se refere ao meio rural, o agricultor é o responsável pelo gerenciamento dos resíduos, o que é válido apenas para os resíduos resultantes de atividades domésticas passivos de manejo e logística reversa pelo o responsável. Já no caso dos resíduos perigosos, como as embalagens de agrotóxicos, pilhas, lâmpadas, baterias entre outros, de acordo com a [5], (Lei 12.305/2010) fica obrigado ao fabricante estabelecer um plano de gerenciamento de resíduos sólidos. A coleta desses resíduos, por serem altamente contaminantes, é uma das principais estratégias para redução da quantidade de resíduos dispostos para fins de logística reversa.

Com o relato das famílias, observou-se que nunca houve a coleta nas propriedades, sobretudo os de atividades agrossilvipastoril (figura 4), somente no ponto de coleta estabelecido pela as

agropecuárias ocorrem a entrega das embalagens de agrotóxicos utilizados nos plantios (figura 2), geralmente os glifosatos. Grande parte das famílias afirmam nunca ter acesso ao serviço de coleta os resíduos considerados perigosos. A coleta seletiva desses resíduos no meio rural ainda é pouco possível, é necessária uma profunda mudança na gestão dos resíduos sólidos rurais, pois pouco se tem feito para reverter esta situação. Se até no meio urbano o fracasso é o que quase sempre se percebe, no meio rural a coleta dos resíduos perigosos ainda soa em tons de utopia.

| TIPOS DE LIXO | RESPONSÁVEL |
|--|--------------------------|
| Domiciliar | Prefeitura |
| Comercial | Prefeitura |
| De serviços | Prefeitura |
| Industrial | Gerador (Indústrias) |
| Serviços de saúde | Gerador (Hospitais etc.) |
| Portos, aeroportos e terminais Ferroviários. | Gerador (Portos etc.) |
| Agrícola | Gerador (Agricultor) |
| Entulho | Gerador |
| Radioativo | CNEN |

Figura 3 - Responsabilidade de pelo gerenciamento de cada tipo

de resíduo. Fonte: [8], modificado.

Erroneamente, é muito comum o pensamento em que se terceiriza a responsabilidade na gestão dos resíduos sólidos apenas ao poder público. É importante notar que a responsabilidade é de todos e nenhum milagre revertera os problemas relacionados aos resíduos em qualquer que seja o ambiente (rural e urbano). Portanto, é necessário que a sociedade civil (por assumir o papel de co-autoria nas formulações e acompanhamento das políticas de Estado), os órgãos responsáveis, o poder público e os geradores de resíduos atuem na participação, deveres e obrigações na gestão dos resíduos sólidos.

[6], afirma que, além da responsabilidade do Estado em garantir um serviço de coleta adequado, é também interessante que o cidadão encontre solução para o destino final dos resíduos produzidos, principalmente os habitantes do meio rural, por meio de processos como compostagem, para os resíduos orgânicos, bem como de explorar o potencial de reciclagem dos resíduos inorgânicos, podendo acarretar, dentre outros benefícios, uma rentabilidade para a propriedade, tendo em vista o poder econômico que os mesmos detêm.

A questão dos resíduos rurais deve ser algo a ser observado com mais atenção. Para [6] essa despreocupação social com o “lixo rural” vem de uma ideia errada da população urbana sobre a rural, na qual considera que pelo reduzido número de pessoas que vivem no campo – aproximadamente 15% da população – o problema do lixo seja insignificante.

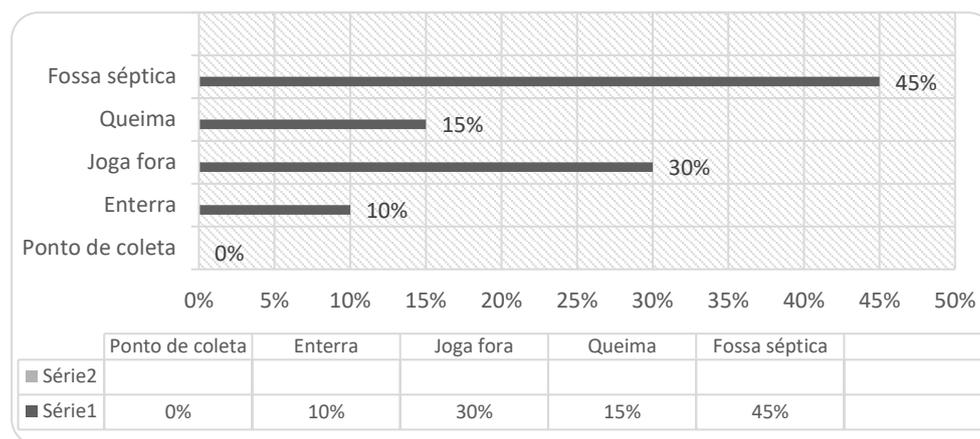


Figura 4 – Destinação de embalagens de defensivos agrícolas de atividades agrossilvipastoril em propriedades de agricultura familiar de Colorado do Oeste, Rondônia.

A destinação adequada é uma questão desafiadora para a gestão dos resíduos sólidos rurais. Os resíduos destinados nos diversos modos como pilhas, baterias, ferro, alumínio, plástico entre outros, são destinados muitas vezes de maneira inadequada, sem uma preocupação (ou falta de informação) sobre os danos causados ao ambiente e a saúde humana.

[12] relatam que destinação inadequada pode acarretar em uma diversidade de impactos ecológicos e sociais. A alteração na qualidade do ar, contaminação das águas subterrâneas e corpos hídricos superficiais, a contaminação do solo, a proliferação de vetores transmissores de doenças, a perda de fauna e flora, poluição visual, entre outros, são as principais preocupações que se deve ter com a destinação inadequada dos resíduos sólidos perigosos.

A destinação final compreende como a etapa de maior complexidade na gestão dos resíduos sólidos, e consiste em adotar medidas socioambientais de forma correta para evitar que os resíduos radioativos, metal e embalagens de agrotóxicos, em estado sólido e semissólido, sejam dispostos em lixões ou lançado em fossas e corpos d’água. Para isso, devem ser destinados em pontos de coleta a serem destinados a unidades de destinação final ou para fins de logística reversa.

A logística reversa é uma importante ferramenta para reverter à problemática da má gestão dos resíduos sólidos. Sendo adotada em cooperativas e em projetos de Educação Ambiental, permite a capacitação para gestão ambiental dos resíduos. A logística reversa é um importante instrumento de gestão ambiental que possibilita reutilizar os restos nas atividades da propriedade ou pelo os responsáveis das embalagens. No caso dos agricultores, a compostagem, por exemplo, pode ser uma forma de logística para utilizar os compostos nas atividades de agricultura.

Em [10], a logística reversa pode ser entendida como um ciclo, no qual deve complementar trazendo de volta os produtos já utilizados dos diferentes pontos de consumo a sua origem, passando por uma etapa de reciclagem e voltando novamente à cadeia até ser finalmente descartado, percorrendo o “ciclo de vida do produto”. Com o reaproveitamento de materiais e a economia com embalagens retornáveis podem trazer ganhos que estimulam cada vez mais novas iniciativas e esforços em desenvolvimento e melhoria nos processos de logística reversa [10].

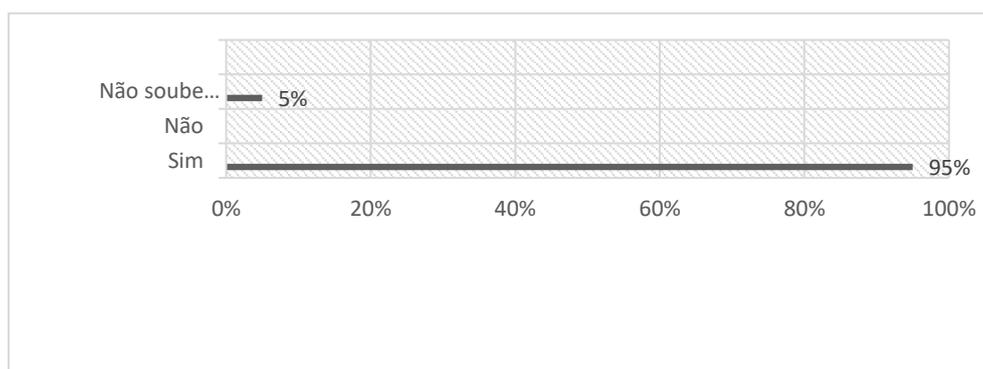


Figura 5 – Percepção ambiental das agricultoras e agricultores familiares sobre a importância da coleta de resíduos sólidos diversos no meio rural.

Para [16], a percepção ambiental pode ser definida como sendo uma tomada de consciência do ambiente pelo homem, ou seja, o ato de perceber o ambiente que se está inserido, aprendendo a proteger e a cuidar do mesmo. Cada indivíduo percebe, reage e responde diferentemente às ações sobre o ambiente em que vive. As respostas ou manifestações daí decorrentes são resultado das percepções (individuais e coletivas), dos processos cognitivos, julgamentos e expectativas de cada pessoa.

[8] (p. 133) em seu trabalho sobre percepção ambiental, nos ajuda compreender que a “[...] percepção é como um processo, uma atividade que envolve organismo e ambiente e que é influenciada pelos órgãos dos sentidos – percepção como sensação –, e por concepções mentais – percepção como cognição.” A percepção é definida como o início do processamento das informações, é um processo mais complexo e vai além do que os

estímulos vencerem os sentidos [3]. [3], o ato de perceber está relacionado a interpretação que se faz a partir de uma mensagem e pode diferir dependendo de que a recebe. Assim, o nível de instrução e experiência influencia no modo como um estímulo é percebido e, conseqüentemente, nas atitudes e comportamentos. [14], afirma que no processo de perceber é fundamental que se possua algum tipo de interesse no objeto de percepção, o que ocorre diante de um bombardeio de estímulos, são selecionados os aspectos de interesse ou que tenham chamado a atenção. Assim ocorre a percepção.

O estudo da percepção é um meio de compreender os conceitos, os valores, a compreensão em plena crise socioambiental [13]. Os problemas ambientais locais estão associados à percepção ambiental, por estar ligada à cultura, história, experiência, tempo e espaço. As ações dos indivíduos estão diretamente relacionadas à visão que eles têm do meio em que vivem. Esta visão é fundamentada nas experiências e conhecimentos pessoais, bem como paradigmas sociais [9]. [13], essa despreocupação com os problemas socioambientais depende de como as informações são absorvidas pelos indivíduos, as mudanças acabam sendo lentas ou incompletas. Assim em um mesmo ambiente é comum diferenças nas posturas de percepção crítica sobre a problemática ambiental.

4.CONCLUSÃO

No Brasil, sobretudo no amplo mapa amazônico, após o golpe parlamentar de 2016, a farra dos agrotóxicos tem marcado um compasso cada vez mais crescente nas ofensivas contra a soberania alimentar dos povos e comunidades diversas, favorecendo grandes latifundiários e multinacionais. A bancada ruralista, aliada ao apoio de empresas como Bayer/Monsanto, Basf, BRF, JBS-Friboi, Bunge Syngenta e Cargill, financiadoras do motor logístico e tecnológico da pesquisa desvinculada de uma ecologia social, tem fortalecido suas ações cada vez mais no novo processo de reorganização produtivista-tecnicista-desenvolvimentista, marcando o fortalecimento do pseudoargumento considerado científico e político.

O estudo em epígrafe mostrou o uso de defensivos agrícolas variados em propriedades agricultura familiar tanto nos pequenos cultivos para fins de consumo próprio quanto nas áreas de pastagem e nos animais. Foi identificado a ausência de um ponto de coleta para os resíduos denominados agrossilvipastoril. Já os defensivos utilizados na agricultura, os famosos agrotóxicos, há um ponto de coleta estabelecido por casas agropecuárias do município. No entanto, parte das famílias destinam esses resíduos de forma inadequada e sem

qualquer preocupação. Outros até utilizam essas embalagens para armazenar combustível, para guardar alimentos e sementes para consumirem futuramente ou para o próximo plantio. O recorte aqui utilizado revelou dados preocupantes em relação a gestão ambiental em propriedades de agricultura familiar no município de Colorado do Oeste, Rondônia, ao passo que os agricultores estão cada vez mais condicionados as hegemonias impostas por uma agricultura fragmentadora dos espaços agrários, colaborada pela visão econômica de instituições responsáveis pelo desenvolvimento sustentável que ainda se encontram acomodadas nos moldes da racionalidade dominante e pouco diálogo tem se estabelecido com os saberes-fazer dos povos e comunidades diversas.

É possível que os resultados neste estudo de caso seja apenas mais um recorte do que ocorre de forma cotidiana nos demais territórios das comunidades diversas na Amazônia. Resta saber, ao longo do tempo, com uma intervenção futura, considerando o amplo mapa que o paradigma ecológico tem conquistado nos novos horizontes epistemológicos, qual reflexo prevalecerá nesse ambiente: uma economia moral baseada no diálogo de saberes-fazer que conserve os ecossistemas por meio de alternativas agroecológicas, resultando em uma agricultura biodinâmica e fluxos de energia, ou uma economia que degrada os ecossistemas locais, a saúde humana, destrói coesões endógenas, baseada nas grades que a racionalidade dominante impôs; que tem nos impedido de compreender e reverter nossa própria realidade.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALVES, A. O.; MOURA, F. M. **Resíduos Domésticos e da Agricultura nos Assentamentos do Litoral Norte e Zona da Mata de Alagoas**. Resíduos sólidos Perspectivas e desafios para a gestão integrada. edição p. 25-29, 2014.
- [2] BALSAN, R. **Impactos decorrentes da modernização da Agricultura Brasileira**. Campo território: revista de geografia agrária, v.1, n.2, p. 123-151, ago. 2006.
- [3] BAKER, M.J. **Administração de marketing**: Rio de Janeiro, Elsevier, 2005.
- [4] BOMBARDI, L., M. **Intoxicação e Morte por Agrotóxicos no Brasil: A Nova Versão do Capitalismo Oligopolizado**. Boletim DATALUTA. P. 1-21. Setembro. 2011.
- [5] BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 20 jul. 2019.
- [6] DEMAJOROVIC, J. A evolução dos modelos de gestão de resíduos sólidos e seus instrumentos, **Cadernos Fundap**, São Paulo, 1996.

- [7] GONÇALVES, J.S.; SOUZA, S. A. Heterogeneidade e Competitividade: o significado dos conceitos frente ao mosaico de disparidade da agricultura brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 11, p. 34-48, nov. 2000.
- [8] HOEFFEL, João Luiz et al. **Trajetórias do Jaguarú – unidades de conservação, percepção ambiental e turismo**: um estudo na APA do Sistema Cantareira, São Paulo. *Ambient. soc.*, Campinas, v. 11, n. 1, p. 131-148, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414753X20080010100010&lng=pt&nrm=iso. acessos em 20 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2008000100010>
- [8] JARDIM, N. S.; WELLS, C.; CONSONI, A. J.; AZEVEDO, R. M. B. de. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 1995. 1 ed. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, CEMPRE.
- [9] LERMEN, H. S. **Percepção ambiental dos moradores da vila parque Santa Anita - Porto Alegre**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul faculdade de medicina departamento de medicina social especialização em saúde pública, Porto Alegre. 2008.
- [10] LACERDA, L. **Logística reversa**: uma visão sobre os conceitos básicos e as praticas operacionais. Mai. 2009. Disponível em: http://www.sargas.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=78&Itemid=29 >. Acesso em: 15 jul. 2019.
- [11] MATOS, L. R. **Educação ambiental**: Práticas e desafios. NEA 1 ed, p.121, 2017.
- [12] MIRANDA. M. J. L; STEUER. I. R. W. **Diagnóstico e Análise Socioambiental do Gerenciamento Dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Carpina, PE**. Resíduos sólidos - Perspectivas e desafios para a gestão integrada. 1º. Edição. Recife, 2014.
- [13] OLIVEIRA, K. A.; CORONA, H. M. P. **A percepção ambiental como ferramenta de propostas educativas e de políticas ambientais**. NAP Brasil Revista Científica. p. 53-72. 2008.
- [14] PALMA, I. R. **Análise da percepção ambiental como instrumento ao planejamento da educação ambiental**. 67p. 2005.
- [15] RIBEIRO, F. S.; CARMO, J.; MARQUES, R. M. B. S.; FERREIRA JR. H. Os possíveis impactos ambientais causados pelo aumento do lixo rural. **Relatório para a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP**. Instituto de Energia e Eletrotécnica da Universidade de São Paulo - IEE-USP, 2010.
- [16] ROOSEVELT, F. S. et al. **Uso da Percepção Ambiental como Instrumento de Gestão em Aplicações ligadas às Áreas Educacional, Social e Ambiental**. Rede Ceas. [entre 2004e2014]. Disponível em: http://www.redeceas.esalq.usp.br/noticias/Percepcao_Ambiental.pdf. >Acesso em: 20 de set, 2015.
- [17] ROCHA, A. C.; CERETTA, G. F.; BOTTON, J. S.; BARUFFI, L.; ZAMBERLAN, J. F. **Gestão de resíduos sólidos domésticos na zona rural: A realidade do município de**

Pranchita – PR, Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 5, n. 4 - Edição Especial, p. 699-714, SET./DEZ. 2013.

[18] SILVA, R. G. C. **Amazônia globalizada**: da fronteira agrícola ao território do agronegócio – o exemplo de Rondônia. Confins, Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia, Número 23, 2015.

[19] _____ **Dinâmicas territoriais em Rondônia**: conflitos na produção e uso do território no período de 1970/2010. Tese (Doutorado) USP, São Paulo, Brasil 2010.

[20] _____ **Globalização e fragmentação do espaço agrário em Rondônia**. RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico Ano XVI Nº 30, Salvador, BA, 2014.

[21] TEIXEIRA, V. M; PEREIRA, E. S; FARIA, G. S. **A importância da Agricultura familiar na proteção dos recursos hídricos em Colorado do Oeste, RO**. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, v2, n1 – 2013.

[22] _____ **Agroecologia**: Uma Estratégia Sustentável para a Conservação Dos Recursos Hídricos na Agricultura Familiar em Rondônia. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, v2, n1 – 2013.

[23] TEIXEIRA, V. M; PEREIRA, E. S; ROCHA, M. S. **A importância da educação ambiental na gestão de agrotóxicos na agricultura familiar no município Colorado do Oeste, RO**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte/MG – 24 a 27/11/2014.

[24] VAYDA, Andrew P. **Progressive Contextualization**: Methods for Research in Human Ecology. Human Ecology, Vol. 11, No. 3, p. 265-281, 1983.

**RELAÇÃO ENTRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, DESMATAMENTO,
SANEAMENTO BÁSICO E A SAÚDE DA POPULAÇÃO DE PRESIDENTE
MÉDICI/RONDÔNIA**

**RELATIONSHIP BETWEEN ATMOSPHERIC POLLUTION, DEFORESTATION, BASIC
SANITATION AND THE HEALTH OF THE MEDICAL PRESIDENT/RONDONIA
POPULATION**

Dáise da Silva Lopes^{1*}, Gabriel Fellipe Serena², Elisabete Lourdes do Nascimento³

¹Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) Campus de Ji-Paraná, RO.

²Engenheiro Ambiental (UNIR)

³Professora Doutora da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) Campus de Ji-Paraná, RO.

*Autor correspondente: e-mail: daise_dsl2@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo investigar como a incidência de queimadas, o aumento do desflorestamento e a ausência de saneamento básico pode estar relacionados ao desenvolvimento de doenças no município de Presidente Médici (RO). Para tanto os dados de saúde foram obtidos Secretaria de Estado de Saúde e Gerencia de Regulação Controle dos Serviços de Saúde do Hospital Municipal de Presidente Médici. Destes mapas hospitalares foram coletados dados mensais dos casos de diarreia, pneumonia, bronquite, doença pulmonar obstrutiva crônica, asma e dengue no período de janeiro de 2011 a abril de 2016. Além dos dados de morbidade, foram obtidos dados como sexo e idade. Os dados dos aspectos ambientais foram obtidos no sítio eletrônico do INPE. Posteriormente foram realizadas análises de correlação através do software Excel 2013. De uma forma geral, foi constatado que as doenças com maior número de casos registrados na população foram a pneumonia, a dengue e a diarreia. Esta situação está diretamente associada a incidência de focos de queimadas e volume de precipitação. Também foi constatado a influência do desflorestamento de áreas nativas e da precariedade de serviços públicos de saneamento básico sobre a saúde da população. As informações geradas por esta pesquisa tiveram o intuito de indicar para a população de modo geral, e aos gestores das áreas de saúde e ambiental, como a saúde da população pode ser afetada com o desequilíbrio do meio ambiente e certamente auxiliarão os órgãos competentes na melhor formulação de ações de políticas públicas.

Palavras-chaves: saúde pública, desflorestamento, saneamento básico.

ABSTRACT

The present study aimed to investigate how the incidence of burning, the increase of deforestation and the lack of sanitation may be related to the development of diseases in the city of Presidente Médici (RO). For this, health data were obtained from the State Department of Health and Regulatory Management Control of Health Services of the Municipal Hospital of Presidente Médici. From these hospital maps monthly data were collected on cases of diarrhea, pneumonia, bronchitis, chronic obstructive pulmonary disease, asthma and dengue from January 2011 to April 2016. In addition to morbidity data, data such as gender and age

were obtained. Data on environmental aspect obtained from the INPE website. Subsequently, correlation analyzes were performed using Excel 2013 software. In general, it was found that the diseases with the largest number of registered cases in the population were pneumonia, dengue and diarrhea. This situation is directly associated with the incidence of burn outbreaks and precipitation volume. It was also verified the influence of deforestation of native areas and the precariousness of public sanitation services on the population's health. The information generated by this research was intended to indicate to the general population, and health and environmental managers, how the health of the population can be affected by the environmental imbalance and will certainly help the competent bodies in the best way. formulation of public policy actions.

Keywords: Public Health. Deforestation. Basic Sanitation.

1 INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas têm proporcionado um efeito cumulativo de poluentes na atmosfera, devido a emissão de gases e material particulado gerados na combustão de combustível fóssil e queima da vegetação natural em grande escala.

Essa problemática tem afetado de forma significativa a saúde humana e, embora os mecanismos de ação específicos ainda estejam em estudo, existem muitas evidências de uma associação causal [1].

Nessa temática Freitas et al. [2], contextualizam que a relação entre os danos à saúde e a poluição atmosférica foi estabelecida a partir de episódios agudos de contaminação do ar, como o excesso de mortes ocorridos em Londres nos anos de 1948 e 1952 que aumentaram em aproximadamente 300 e 4.000 o número de mortes por doenças respiratórias, respectivamente, o que resultou na criação de leis e normas que visam a redução dos níveis de lançamentos contaminantes atmosféricos.

Quanto à situação do Brasil, a Organização Mundial de Saúde [3], destacou que em 2011, as doenças respiratórias eram a terceira maior causa responsável por óbitos. Este fato pode indicar a relação direta no aumento do número de casos destas doenças com o crescimento da emissão de poluentes liberados nos sistemas produtivos e nas queimadas de vegetação natural.

Na região Amazônica o principal foco de poluentes atmosféricos são as queimadas para a conversão da floresta em pastagem, visto que essa região se situa no arco do desmatamento, com mais de 650.000 km², cujos limites se estendem do sudeste do estado do Maranhão, ao norte do Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do estado do Acre [4]. Esses eventos intensificam-se entre junho e outubro pela escassez de chuva na região, que somada a baixa umidade, tornam o clima

favorável às queimadas as quais emitem na atmosfera grande concentração de material particulado e gases poluentes.

O desflorestamento e a conseqüente perda de biodiversidade também têm forte influência na transmissão de doenças infecciosas aos seres humanos, tais como malária, dengue, leishmaniose, febre amarela, etc. Estas doenças ocorrem naturalmente e possuem vetores, reservatórios e hospedeiros específicos e não tendem a causar grandes problemas em um ambiente equilibrado [5].

Tais transmissores têm se tornado importantes e constantes ameaças em regiões tropicais devido às rápidas mudanças climáticas, desmatamentos, migração populacional, ocupação desordenada de áreas urbanas, precariedade das condições sanitárias que favorecem a amplificação e transmissão [6]. Os vírus são mantidos em ciclos florestais envolvendo pequenos primatas e mosquitos *Aedes* arborícolas. No entanto, esses são os únicos arbovírus que se adaptaram aos seres humanos e ao ambiente doméstico, a tal ponto que, o ciclo da floresta não é mais necessário para a sua manutenção [7]. Diante disso, o processo de antropização altera de forma permanente as vias naturais de transmissão dessas doenças, quebrando seu ciclo natural. Assim o próprio homem acaba sendo prejudicado ao entrar em contato com estas enfermidades.

O rápido crescimento demográfico associado à intensa e desordenada urbanização, a inadequada infraestrutura urbana, o aumento da produção de resíduos não-orgânicos lançados a céu aberto, os modos de vida na cidade, a debilidade dos serviços é outro fator agravante que afeta a qualidade de vida da população devido à falta de saneamento básico, o que é considerado de primeira indispensabilidade, por reduzirem impactos sociais, econômicos e ambientais. Desta maneira obras de saneamento básico podem ser mitigadoras de doenças de veiculação hídrica reduzindo os danos com saúde pública [8] [9].

Diante do exposto, se propôs na presente pesquisa, investigar como a incidência de queimadas, o aumento do desflorestamento e a ausência de saneamento básico podem estar relacionados ao desenvolvimento de doenças.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Presidente Médici, localizado a uma altitude 11°10'33" sul e a uma longitude 61°54'03" oeste do Estado de Rondônia com uma

área de 1,758,465 km². A população é estimada em aproximadamente 22 337 habitantes, sendo 60% residente da zona urbana [10].

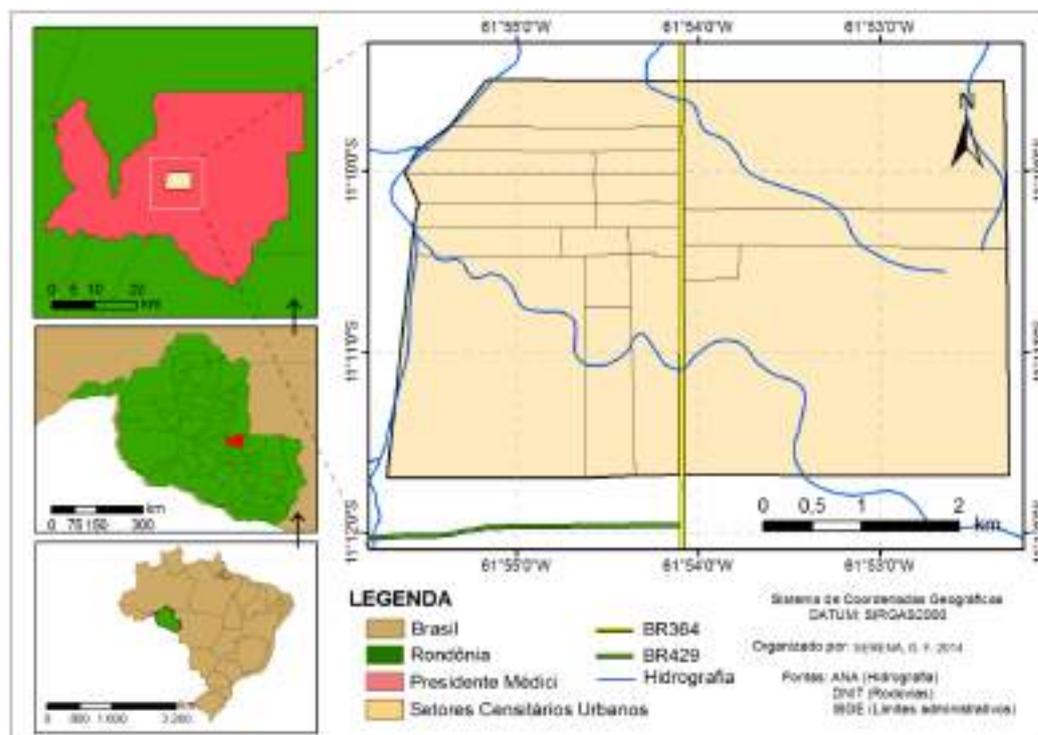


Figura 1- Mapa de localização do município de Presidente Médici – RO.

2.2 AMOSTRAGEM

Os dados de saúde foram obtidos por meio de um mapa hospitalar, fornecido pela Secretaria de Estado de Saúde – SESAU e Gerencia de Regulação Controle dos Serviços de Saúde – GRECSS do Hospital Municipal de Presidente Médici – RO. Destes mapas hospitalares, foram coletados dados mensais dos casos de diarreia, pneumonia, bronquite, doença pulmonar obstrutiva crônica, asma, dengue e malária no período de janeiro de 2011 a abril de 2016. Além dos dados de morbidade, foram obtidos dados como sexo e idade.

No intuito de correlacionar os dados de saúde com os aspectos ambientais, foram obtidos dados de focos de incêndio disponibilizados no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE de 2011 a 2016 [11]. Dados de precipitação no sítio do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET de 2011 a 2016 [12]. Os dados de desmatamento de áreas desflorestadas desde 1997 a 2014. Por fim, os dados de percentual de distribuição das redes de água e esgoto referente ao estado de Rondônia, foram obtidos no sítio do relatório do Plano Nacional de Saneamento Básico de 2008.

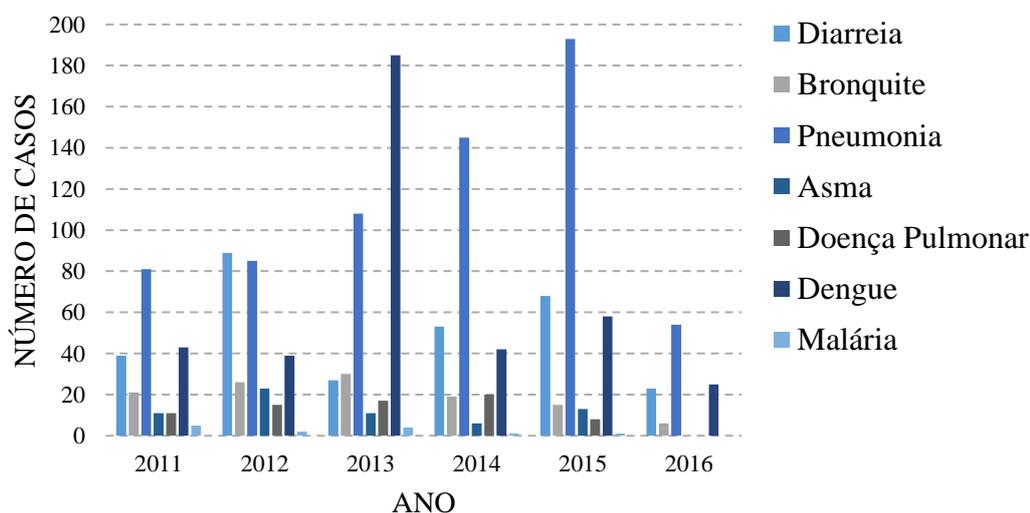
Os dados foram organizados em planilhas utilizando-se o software Microsoft Office Excel 2013, e realizado análises de correlação no intuito de verificar o efeito dos aspectos ambientais e dos dados de saúde levantados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se no período de estudo que, no ano de 2011, as doenças que mais se destacaram foram: pneumonia (81 casos), dengue (43 casos registrados). Para o ano de 2012: diarreia (89 casos) e pneumonia (85 casos). No ano de 2013, quando foram registrados os maiores volumes de precipitação (Figura 3), houve epidemia de dengue, totalizando 185 casos, seguido por pneumonia que apresentou 108 casos.

Em 2014, em destaque, foram 145 casos de pneumonia, bem como, 53 casos de diarreia. No ano de 2015 a pneumonia novamente se sobressaiu com 193 casos, seguida por diarreia que apresentou 68 casos. No ano de 2016, até o mês de abril foram constados 54 casos de pneumonia, seguida pela dengue com 25 casos confirmados. O número de casos por doença pode ser observado na Figura 2. De uma forma geral as doenças com maior número de casos registrados na população do município de Presidente Médici foram a pneumonia, a dengue e a diarreia.

Figura 2—
Distribuição das doenças registradas no município de



Presidente Médici, no período de janeiro/2011 a abril/2016.

Ao analisar os dados de precipitação, foi possível observar que em fevereiro de 2013 ocorreu um alto índice pluviométrico, ou seja, choveu aproximadamente 31mm, conforme apresentado na Figura 3.

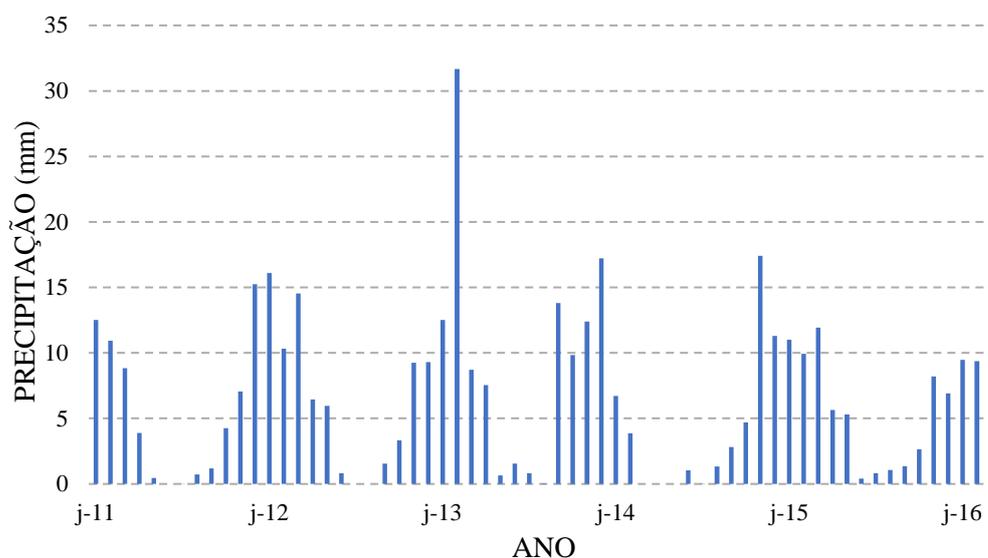


Figura 3 – Valores médios mensais de precipitação no período de janeiro/2011 a abril/2016.

De acordo com Viana e Ignotti [13], a dengue está fortemente relacionada com variáveis meteorológicas. A variação sazonal da temperatura e da pluviosidade influenciam a dinâmica do vetor e a incidência da doença em todo o país.

Foram registrados 392 casos de dengue no período de estudo, sendo possível observar que, o período que houve maior volume de chuva (2013) correspondeu ao período com maior ocorrência de dengue (185 casos), sendo as mulheres as mais infectadas, seguido de 2015 (58 casos), 2011 (43 casos), 2014 (42 casos), 2012 (39 casos) e 2016 (25 casos) como é apresentado na Figura 4. Siqueira [14], ao estudar espacialmente os casos de dengue no Estado de Mato Grosso no período de 2007 a 2009, obteve resultado similar a esta pesquisa, onde encontrou predomínio dos casos de dengue no sexo feminino (55,4%) em relação ao masculino (44,6%).

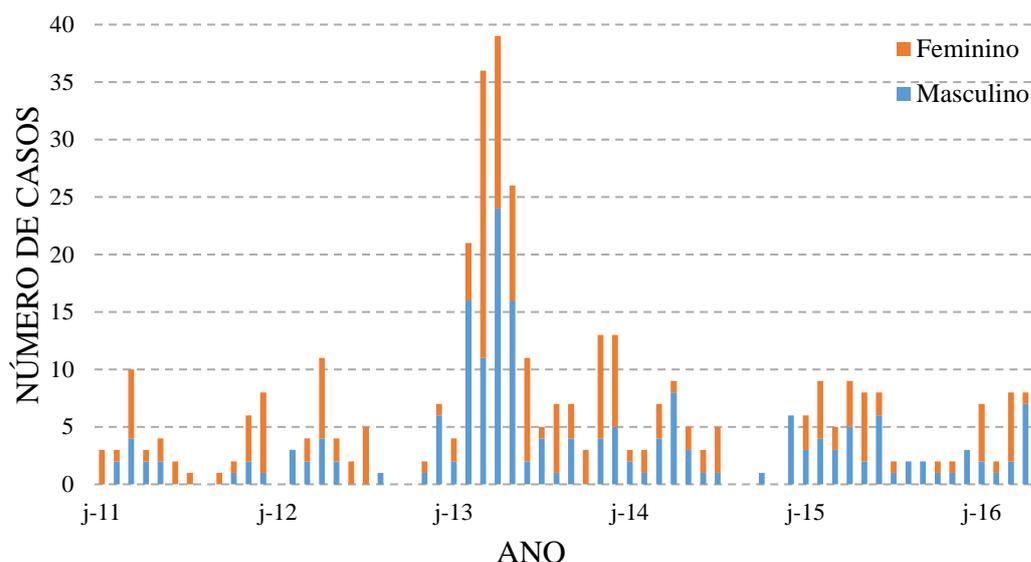


Figura 4- Número de casos de dengue do município de Presidente Médici de janeiro/2011 a abril/2016.

Viana e Ignotti [15], afirmam que o agravo está associado à elevação dos índices pluviométricos e às variações de temperatura, principalmente no primeiro semestre de cada ano. Trata-se do período de pluviosidade e temperatura mais elevados, o que contribuiu para o aumento do número de criadouros e, conseqüentemente, dos casos da dengue.

A dengue apresentou correlação positiva fraca com o período chuvoso (0,14) e correlação negativa aos eventos de queimadas (-0,21), como pode ser observado por meio da Tabela 1.

Tabela 1- Correlação de número de casos entre chuva e queimada

| DOENÇAS | CHUVA | QUEIMADAS |
|-----------------|-------|-----------|
| DIARREIA | -0,16 | 0,23 |
| BRONQUITE | 0,06 | -0,03 |
| PNEUMONIA | -0,31 | 0,06 |
| ASMA | 0,0 | 0,34 |
| DOENÇA PULMONAR | -0,05 | 0,12 |
| DENGUE | 0,14 | -0,21 |

Do mesmo modo que a dengue, é uma doença que pode ter íntima correlação com as variáveis climáticas (Tabela 1) tendo em vista que, com o aumento da precipitação há a formação de mais áreas alagadas utilizadas como criadouro. No presente estudo foram

registrados em 2010-2011 e 2013 os anos que mais houve desflorestamento e número de casos confirmados, sendo 5 casos em 2011 (4 mulheres e 1 homem) e 4 casos em 2013 (1 mulher e 3 homens), como pode ser observado na Figura 5. Estes valores encontram-se abaixo da média do Estado de Rondônia que é de 14,8 casos por 10 mil habitantes/ano. Também se encontram abaixo da média para a nível nacional que é de 17,65 casos por 10 mil habitantes/ano, segundo o Ministério da Saúde [16].

Outro fator que favorece o surgimento de doenças como dengue e malária segundo Confalonieri [17], está relacionado ao grande problema de desflorestamento e o avanço da população sobre as áreas nativas dos vetores, o que acarreta numa proximidade cada vez maior dos insetos transmissores das doenças com o homem, colocando-o em constante estado de risco e de iminentes infecções.

Desde o ano de 1997, até o ano de 2014, o município de Presidente Médici tem uma área desmatada acumulada de 160.080 ha (Figura 5).

nas divisas do Brasil com a Venezuela em 2004, encontrou resultados próximos a presente pesquisa, onde também ocorreu maior número de casos registrados entre os homens, sendo 53,2% e as mulheres 46,8%.

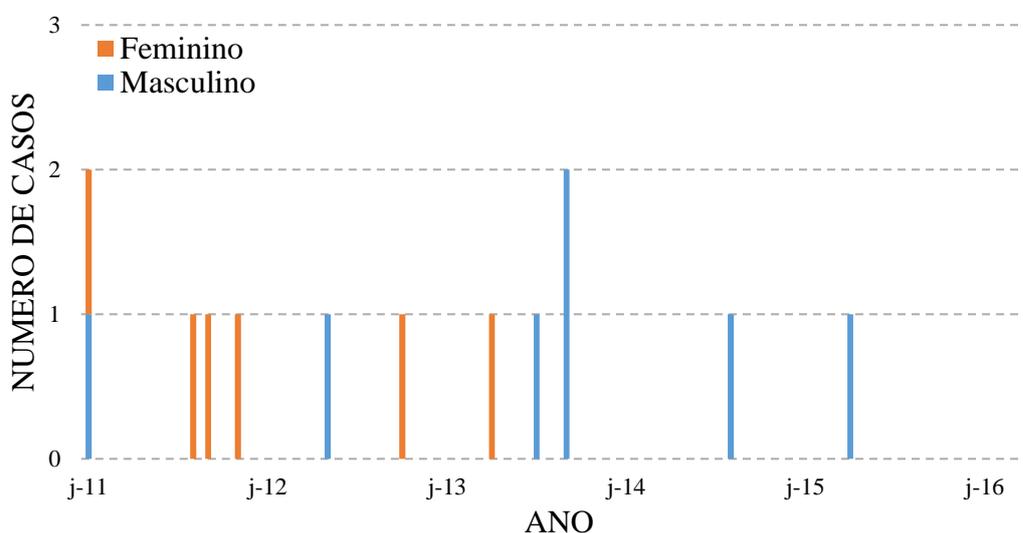


Figura 6- Número casos de malária na população do município de Presidente Médici de janeiro/2011 a abril/2016.

Castro e Singer [19], ao analisar os casos de malária em assentamentos da Amazônia, verificaram que ao abrir estradas nas matas, logo após as ocupações dos lotes para dar lugar a moradia e agricultura, surgem vários problemas devido a essa transformação ambiental.

Em primeiro lugar, a qualidade da moradia é pobre, uma vez que os moradores não dispõem de recursos financeiros adequados. Os materiais usados incluem plástico, papelão, compensados e folhas de palmeira. A casa não oferece proteção contra mosquitos e torna inviável o uso de borrifação intradomiciliar. Outro problema é a qualidade do desmatamento e o tempo que a terra desmatada fica exposta. O número de criadouros de mosquito aumenta significativamente e o contato entre o homem e o mosquito torna-se mais intenso. Exemplos de associação entre malária e meio ambiente na Amazônia incluem áreas de garimpo.

3.2 DESMATAMENTO, POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DOENÇAS CORRELACIONADAS

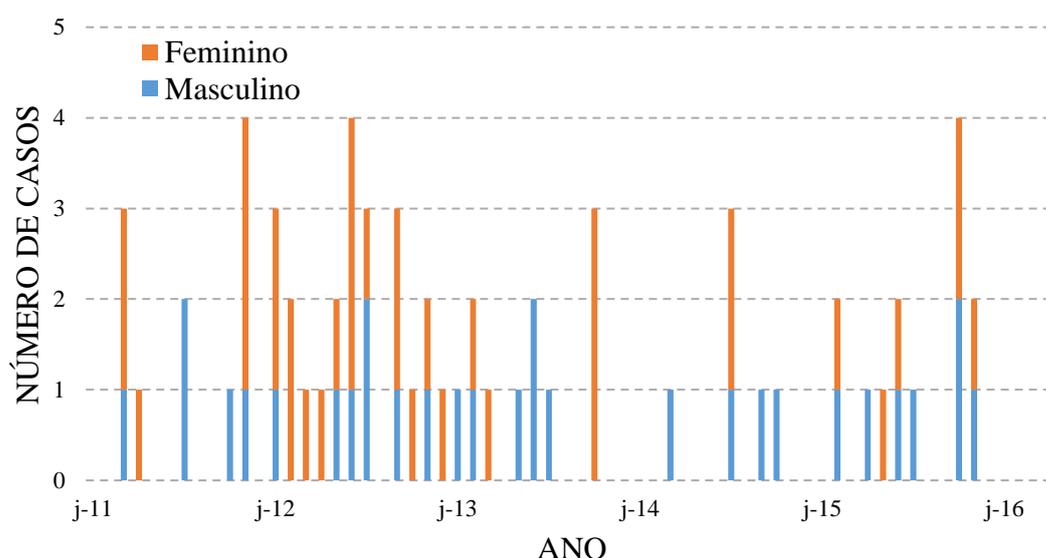
O maior número de focos de queimada foi registrado nos anos de 2012 e 2015 (Figura, 7). No ano de 2012, apenas no mês de setembro foram registrados 37 focos de queimada, e 47 ao longo do ano. Em 2015 foram 38 focos, e 82 ao longo do ano.

Figura 8– Número casos de Pneumonia na população do município de Presidente Médici de janeiro/2011 a abril/2016.

O período de janeiro de 2011 a abril de 2016 foi registrado 678 casos de pneumonia. Assim como mostra o Plano Nacional de Saúde [21], desde 1996, observa-se aumento dos números de casos por pneumonia, especialmente nas pessoas acima de 60 anos de idade, devido a devido à debilidade do sistema imunológico e também afirma que a pneumonia é grande responsável por óbitos em crianças nos primeiros anos de vida.

Estudos específicos na Amazônia brasileira, relativos à queima de floresta evidenciaram aumento na incidência de asma, segundo os resultados do autor, o estado de Rondônia apresentou aproximadamente o dobro de internações em relação aos outros estados, no período seco verificou-se até o triplo de internações se comparado ao período de chuvas, com taxas mais elevadas em Rondônia [22].

O número de internações de pacientes com asma, também teve relação com o aumento no número de focos de queimada sendo 0,34 de acordo com a Tabela 1. No ano de 2012 foram registrados 37 focos (Figura 9), e neste mesmo ano houve maior número de internações por asma, totalizando 23 casos, em 2011 foram 5 casos, em 2013 foram 11, em 2014 foram 11 e 2015 foram 13 casos, a maioria mulheres (Figura 9).

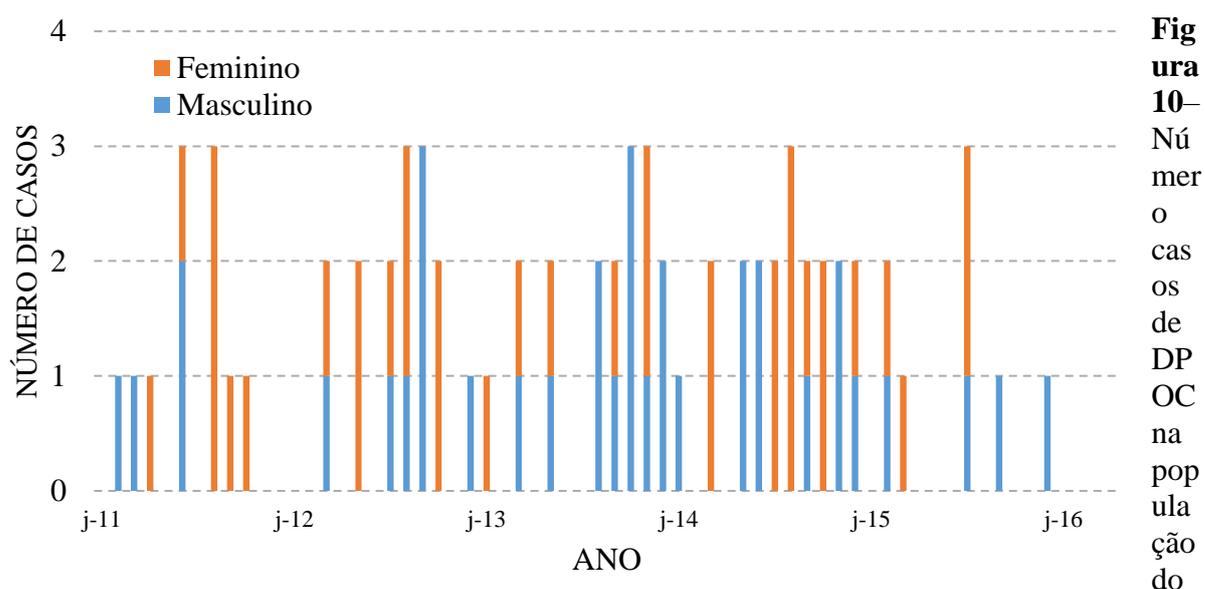


Figura

9– Número casos de asma na população do município de Presidente Médici de janeiro/2011 a abril/2016.

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), é a inflamação anormal dos pulmões e está relacionada à inalação de partículas e/ou gases tóxicos, sobretudo a fumaça de cigarro.

[23]. Durante o período estudado foram registrados 71 casos de DPOC, verificou-se que houve maior número de casos de DPOC nos meses de agosto, setembro e outubro (Figura 10). Tais meses integram o período de seca da região, onde o volume de poluentes atmosférico pode se encontrar em grau elevado, devido às queimadas da biomassa vegetal. Com relação a distribuição de DPOC, o sexo feminino apresentou 36 casos, enquanto que o masculino, 35 casos.



município de Presidente Médici de janeiro/2011 a abril/2016.

Além da poluição oriunda das queimadas, o tráfego de veículos automotores também contribui para o surgimento de doenças respiratórias, pois de acordo com Pitton [24], os veículos são responsáveis por 40% da poluição do ar, porque emitem gases como o monóxido e o dióxido de carbono, o óxido de nitrogênio, o dióxido de enxofre, derivados de hidrocarbonetos e chumbo que ao serem inalados favorecem o surgimento de enfermidades respiratórias como a bronquite.

Pereira et al, [25], ao estudar os atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias em Alta Floresta - MT, verificou que a principal causa dos atendimentos foi a bronquite, totalizando 38,4%, sendo 56% dos casos no período seco (maio a outubro), onde crianças menores de cinco anos de idade foram objeto de 26,2% e 47,4% foram para o grupo etário intermediário, e (≤ 60 anos) anos de idade, foi de 22,6%.

Nesta pesquisa, a bronquite mostrou-se presente em quase todo período estudado, totalizando 71 casos, com maior número de casos em outubro de 2011; julho e outubro de

2013 e julho de 2014, como mostra a Figura 11. De acordo com os resultados do estudo, a bronquite apresentou correlação positiva fraca (0,06) com os eventos de chuva e correlação negativa fraca (- 0,03) com o período de seca, que ocorre as queimadas, de acordo com a Tabela 1.

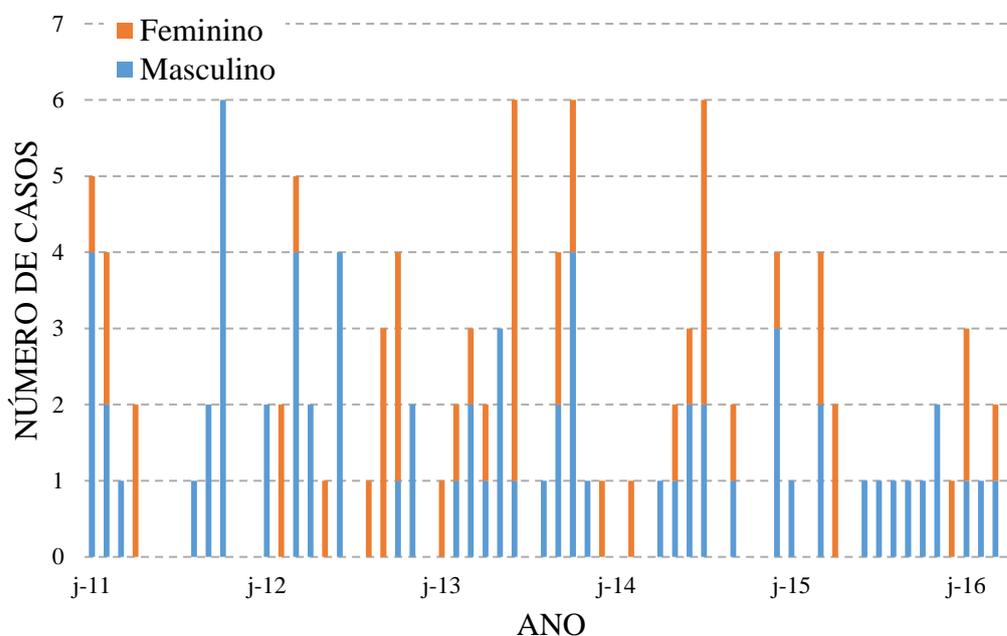


Figura 11 – Número casos de bronquite na população do município de Presidente Médici de janeiro/2011 a abril/2016.

3.3 SANEAMENTO BÁSICO E DOENÇAS CORRELACIONADAS

Grande parte dos problemas sanitários que afetam a população mundial estão intrinsecamente relacionados com o meio ambiente. Um exemplo disso é a diarreia que, com mais de quatro bilhões de casos por ano, é uma das doenças que mais aflige a humanidade, já que causa 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade. Entre as causas dessa doença destacam-se as condições inadequadas de saneamento [26]. Com relação a diarreia, todos os meses do período estudado apresentaram casos desta doença (Figura 12).

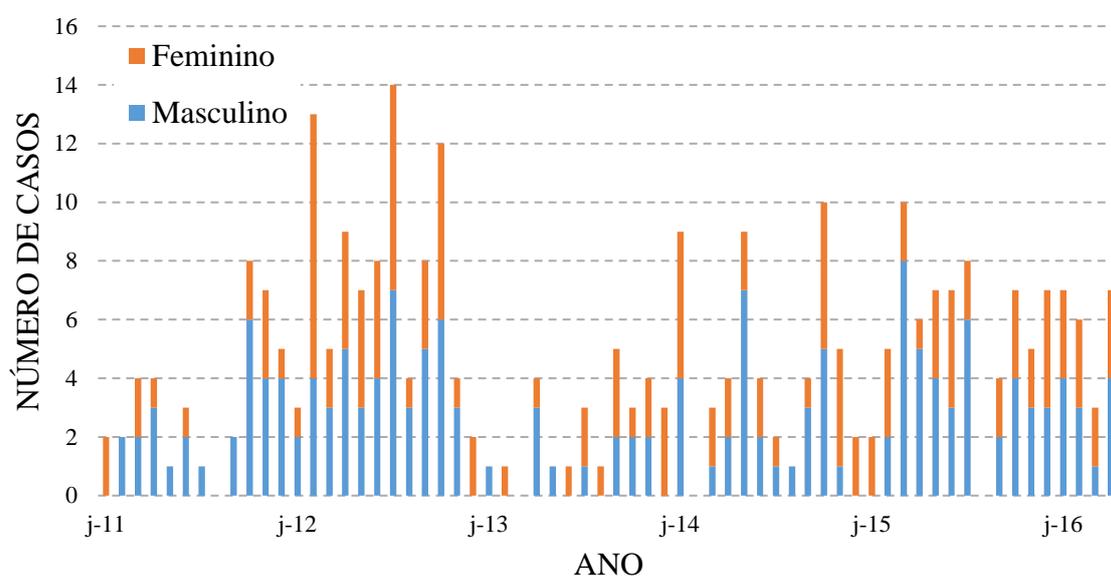


Figura 12 – Número de casos de diarreia na população do município de Presidente Médici de janeiro/2011 a abril/2016.

icípio de Presidente Médici de janeiro/2011 a abril/2016.

O ano de 2012 apresentou maior número de de casos de internação por diarreia. Em conformidade com a presente pesquisa, dados do Programa Trata Brasil [27], apontam que crianças de 1 a 6 anos de idade do sexo masculino, são as que mais morrem em consequência da falta de esgoto tratado. Tal fato pode estar associado devido, aos meninos, brincarem ao ar livre com maior frequência que as meninas (bola e pipa na rua) e ficarem mais próximos às valas de esgoto. Constatando que os meninos morrem mais por doenças associadas à falta de saneamento básico do que as meninas.

O relatório da Organização Mundial da Saúde [28] aponta a diarreia como a segunda maior responsável por óbito na infância representando em torno de 1,5 milhões de mortes anuais de crianças de até 5 anos. Alguns fatores podem estar relacionados a este resultados, dentre eles destacam-se: a ausência de saneamento básico adequado, principalmente no que tange a coleta e tratamento e esgoto doméstico bem como a distribuição de água tratada; bem como as noções deficitárias de higiene encontradas nesta faixa etária.

Paz et al. [29], ao realizar estudo sobre prevalência de diarreia em crianças e condições de saneamento e moradia em áreas periurbanas de Guarulhos (SP), encontraram resultados que afirma que o material utilizado na construção da moradia que não tijolo foi identificado como fator de risco para ocorrência de diarreia, sugerindo que as condições precárias de moradia podem acarretar dificuldade de higienização no domicílio, fato que pode aumentar a ocorrência de doenças diarreicas, verifico também que a ausência de rede coletora de esgoto não havia se mostrado associada à ocorrência de diarreia na análise; no entanto,

identificou-se que há interação desta variável com o emprego de material precário nas construções de moradia, elevando o risco de ocorrência de diarreia em quase 15 vezes para as crianças residentes em domicílios onde estas duas condições estavam presentes

Já no que se refere ao acesso de água, o mesmo autor verificou que o acesso à água e a ocorrência de diarreia não apresentaram associação significativa, possivelmente porque quase toda a população tinha acesso à rede de abastecimento de água.

Em Presidente Médici, devido aos valores cobrados para o uso do serviço de abastecimento de água, alguns moradores optam por utilizarem água de poços ou córregos para economizar. Os casos de diarreia apontam correlação positiva (0,23) com os eventos de queimada, que ocorrem no período de seca e correlação negativa com o período onde o índice pluviométrico é mais elevado (-0,16) como mostra a Tabela 1.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que fatores meteorológicos como a pluviosidade influenciam na dinâmica dos vetores da dengue e malária, e que a ocorrência destas doenças está associada à elevação dos índices pluviométricos, principalmente no primeiro semestre de cada ano.

O desmatamento mostrou ter influência direta com o número de internações de infectados com malária, devido precariedade das moradias alocadas próximos a áreas recém desmatadas e/ou do trabalho voltado para a agricultura e a pecuária onde há maior chances de haver criadouro dos mosquitos transmissores.

Uma das formas mais utilizadas para o desflorestamento, tem sido as queimadas diante desses eventos, a qualidade do ar é afetada, tal situação favorece o crescimento do número de casos de algumas doenças respiratórias ou pode agravar doenças já existentes. No presente trabalho foi constatado correlação entre focos de queimadas e o número de casos entre a maioria das doenças respiratórias estudadas.

Por meio dos dados de saneamento básico do município de Presidente Médici, constatou-se que houve incidência de diarreia em toda série temporal estudada. Tal fato pode estar intimamente associado a debilidade de serviços de saneamento básico como abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e/ou resíduos sólidos e drenagem urbana, que são de má qualidade ou praticamente nulos.

Desta forma, almeja-se que os resultados desta pesquisa venham a contribuir com a

tomadas de decisões dos gestores das áreas de saúde e ambiental do município de Presidente Médici, visando melhor formulação de ações de políticas públicas sobre esta temática.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SILVA, AGEO MÁRIO CÂNDIDO DA et al. Material particulado (PM2.5) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. São Paulo, v. 13, n. 2, p. 337-351, 2010.

[2] FREITAS, C.; BREMNER, A.S.; GOUVEIA, N. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo, v. 38, n. 6, p. 751-757, 2004.

[3] UNICEF. United Nations International Children's Emergency Fund; WHO-World Health Organization. Diarrhea: why children are still dying and what can be done. **UNICEF; WHO: Geneva; New York**; 2009.

[4] LEMOS, A. L. F; SILVA, J. A. Desmatamento na Amazônia Legal: Evolução, Causas, Monitoramento e Possibilidades de Mitigação Através do Fundo Amazônia. **Floresta e Ambiente**, v. 18, p. 98-108, 2011.

[5] FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAUDE -. Manual de Controle da Leishmaniose Tegumentar Americana. 2000. Disponível em: <http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/zoonoses_intoxicacoes/leishmaniose/manu_leishman.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2016.

[6] Rust R.S. Human arboviral encephalitis. **Seminar in Pediatric Neurology**. V, 19, n. 3, p. 130-51, 2012.

[7] LOPES, N.; NOZAWA, C.; LINHARES, R. E. C. Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil. **Revista pan-amazônica de saúde**, v. 5 p. 55-64, 2014.

[8] JUNIOR, A, P.; OLIVEIRA, B, R, S.; PEREIRA, E, R. Divergências entre o plano diretor participativo e a expansão urbana desordenada: o caso do município de marabá, Goiânia. **Enciclopédia Biosfera**.v.11 n.21, p.2459-2466, 2015.

[9] MENDONÇA, F. A.; SOUZA. A. V.; DUTRA, D. A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 21, p. 257-269, 2009.

[10] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE no Estado de Rondônia**. Cidades. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=110025&search=%7Cpresidente-medici>> Acesso em: 21 de setembro de 2016.

[11] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPECIAIS – INPE. **Queimadas**. 2016. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/queimadas/>> Acesso em: 15 de agosto de 2016.

[12] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados Históricos**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 25 de agosto de 2016.

[13] VIANA, D. V.; IGNOTTI, E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 2, n. 16, p. 56-240, 2013.

[14] SIQUEIRA, S. C. F. **Análise espacial da dengue no Estado de Mato Grosso no período de 2007 a 2009**. Cuiabá: UFMG, 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva), Universidade Federal De Mato Grosso, 2011.

[15] VIANA, D. V.; IGNOTTI, E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 2, n. 16, p. 56-240, 2013.

[16] DATASUS - Departamento de Informática do SUS / Ministério da saúde. SIHSUS - Sistema de Informações Hospitalares do SUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS>>: Acessado em: 09 de novembro de 2016.

[17] CONFALONIERI, U.E.C. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. **DOSSIÊ AMAZÔNIA BRASILEIRA I**. São Paulo, v.19, n. 53, 2005.

[18] MARCANO T, MORGADO A, TOSTA CE, COURA JR. Cross-sectional study defines difference in malaria morbidity in two Yanomami communities on Amazonian boundary between Brazil and Venezuela. **Mem Inst Oswaldo Cruz**. v. 99 p. 369-76, 2004.

[19] CASTRO, M. C.; SINGER, B. H. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. **Revista Brasileira de Estudos de População de São Paulo**, v. 24, n. 2, p. 247-262, 2007.

[20] RIBEIRO H. ASSUNÇÃO, J.V. **Efeitos das queimadas na saúde humana**. v.16, n. 44, p. 125-48, 2002.

[21] Rio Grande do Sul, Secretária Estadual de Saúde. Plano Estadual de Saúde 2012/2015. Porto Alegre, RS, 2016. 250 p. Disponível em: <<https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/201703/28101537-pes-2012-2015.pdf>>. Acesso em: **08 de outubro de 2016**.

[22] RODRIGUES, P. C. O.; IGNOTTI, E.; ROSA, A. M.; HACON, S. S. Distribuição espacial das internações por asma em idosos na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 13, p. 32-523, 2010.

[23] DOURADO, V.Z.; TANNI, S.E.; VALE, S.A.; FAGANELLO, M.M; SANCHEZ, F.F.; GODOY, I. Manifestações sistêmicas na doença pulmonar obstrutiva crônica, **J Brasil Pneumol**, v. 32, p. 161-171, 2006.

[24] PITTON, S. E. C. Prejuízos ambientais do consumo sob a perspectiva geográfica. **Da produção ao consumo: impactos socioambientais**, p. 1-146, 2009.

[25] PEREIRA, V. S.; ROSA, A. M.; HACON, S. S.; CASTRO, H. A.; IGNOTTI, E. Análise dos atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias no Município de Alta Floresta – Mato Grosso – Amazônia brasileira. **Epidemiologia Serv. Saúde**, v. 20, p.393-400, 2011.

[26] GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Saneamento básico**. Disponível em:<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>> Acesso em: 08 de outubro de 2016.

[27] Instituto Trata Brasil. **Saneamento e Saúde**. Rio de Janeiro: FVG/IBRE, CPS, 2007. p. 100. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/htm>. > Acesso em: 26 de novembro de 2016.

[28] UNICEF.United Nations International Children’s Emergency Fund; WHO-World Health Organization. Diarrhea: why children are still dying and what can be done. **UNICEF; WHO: Geneva; New York; 2009**.

[29] PAZ, M. G. A.; ALMEIDA, M. F.; GUNTHER, W. M. R. Prevalência de diarreia em crianças e condições de saneamento e moradia em áreas periurbanas de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 1, p. 97-188, 2012.

**TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIA FRIGORÍFICA
ATRAVÉS DE REATORES BIOLÓGICOS DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME**

**SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER TREATMENT WITH MOVING BED BIOFILM
REACTORS**

Lorran Marré Parlotte^{1*}, Henrique Silva de Oliveira¹, Edimar Noiman Gonçalves Filho²,
Pedro Bizerra Moura², Jheiny Oliveira da Silva¹, Nicolay Dal Santo Svierzoski³, Alberto
Dresch Webler⁴

¹Graduandos de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Rondônia
(UNIR)

²Engenheiros Ambientais e Sanitaristas.

³Engenheira Ambiental, mestranda em Engenharia Civil – COPPE/UFRJ.

⁴Docente do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de
Rondônia(UNIR).

*Autor Correspondente: lorran_ffc@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi o de avaliar a eficiência do tratamento de efluente frigorífico por meio de sistema biológico composto por reatores MBBR para a remoção de matéria orgânica e nitrogênio. O efluente utilizado foi coletado em um frigorífico localizado no estado de Rondônia. O experimento foi conduzido em escala de bancada e foram utilizados dois reatores, um anóxico e um aeróbio, onde foram mantidas a vazão e a taxa de reciclo constantes, em um sistema com taxa de reciclo em 500%, e TRH de 1,7 dias. No estudo foi necessária a utilização de diferentes concentrações de metanol e carbonato de sódio, como fonte externa de carbono e para a correção da alcalinidade, nos processos de nitrificação e desnitrificação, respectivamente. O tratamento biológico por MBBR se mostrou ser uma alternativa muito eficiente para o tratamento de efluente, obtendo 99% de remoção de nitrogênio amoniacal e DQO e 89% de nitrogênio inorgânico total.

Palavras-chave: frigorífico, nitrificação, desnitrificação, fonte externa de carbono.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the efficiency of the slaughterhouse wastewater treatment by a biological system composed of MBBR reactors for the removal of organic matter and nitrogen. The effluent was collected in a slaughterhouse located in the state of Rondônia. The experiment was conducted on a bench scale and two reactors were used, one anoxic and one aerobic, where the flow rate and the recycling rate were kept constant, with an input rate of 1 liter/day, in a system with a recycling rate of 500%, which generates a HRT of 1.7 days. In the study it was necessary to use different concentrations of the components methanol and sodium carbonate as external carbon source and for the correction of alkalinity in the processes of nitrification and denitrification, respectively. The biological treatment by

MBBR proved to be a very efficient alternative for the effluent treatment, obtaining 99% of ammoniacal nitrogen and COD removal and 89% of total inorganic nitrogen.

Keywords: slaughterhouse; nitrification; denitrification; external carbon source.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento gradativo das indústrias de frigorífico no Brasil, este se tornou um ramo de suma importância no cenário econômico e social do país. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO, o Brasil está entre os países com maior produção de carne bovina, o qual no ano de 2018 a produção foi estimada em 72,2 milhões de toneladas, indicando um crescimento de 2% com relação ao ano anterior [1].

O crescimento desse mercado dá-se pelo aumento populacional, expandindo as escalas de produção das indústrias frigoríficas para suprir a demanda de alimentos [2].

Um dos impactos gerados por esse aumento da produção de carne é referente a geração de efluentes nas indústrias da carne. Os frigoríficos possuem uma alta taxa de consumo de água no seu processo produtivo, sendo que cerca de 80 a 95% da água consumida é retornada como efluente [3]. O volume de água consumido em frigoríficos é direcionado para: consumo animal, lavagem dos animais, lavagem dos veículos, lavagem das carcaças, vísceras e intestinos, limpeza e esterilização de facas e equipamentos, movimentação de subprodutos e resíduos, limpeza de pisos, paredes e bancadas, geração de vapor e resfriamentos de compressores [4].

O efluente da indústria de frigoríficos possui alta carga poluidora, com elevados valores de demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e nutrientes, como fósforo e nitrogênio, em uma pesquisa envolvendo efluente de abatedouro bovino após tratamento anaeróbio foram encontradas concentrações de nitrogênio amoniacal de 238 mg.L⁻¹ e DQO com 420 mg.L⁻¹ [5]. Alguns autores utilizaram efluente bruto de abatedouro com concentrações de 229 mg. L⁻¹ de NH₄⁺-N, e para DQO igual a 1168 mg.L⁻¹. Os efluentes de frigorífico geralmente apresentam DQO com valores de 2.035 a 4.200 mg.L⁻¹ [6].

Devido as suas características é necessário que haja correto tratamento do efluente, pois quando lançado de forma inadequada pode acarretar danos ao meio, como a eutrofização do corpo receptor. Interferindo no equilíbrio da vida aquática, causando o desaparecimento de peixes, além de produzir odores e sabores desagradáveis a água [7][8].

Existem diversos métodos para o tratamento do efluente, que envolvem processos físicos, químicos e/ou biológicos. O processo biológico replica de forma acelerada os processos que ocorrem pela ação dos microrganismos (bactérias, protozoários, rotíferos, algas) em meio natural. Pela necessidade de proliferação e crescimento dos microrganismos, estes consomem carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e fósforo, acarretando a remoção destes compostos poluentes do efluente [9][10].

Dentre os processos biológicos, o reator de leito móvel com biofilme (MBBR), que consiste em reatores com suportes onde as bactérias encontram meios adequados que proporcionam situações favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento. Tais suportes são produzidos de polietileno ou polipropileno possuindo densidade próxima a densidade da água. Elas precisam estar em constante movimento seja por aeradores ou agitadores [11]. Esta tecnologia tem como vantagem a baixíssima produção de lodo, sendo que foi desenvolvida com o intuito de unir em único sistema as melhores características do sistema de lodos ativados e de processos com biofilme, eliminando as zonas indesejáveis [12][13][14].

Os sistemas MBBR, vem sendo muito utilizados devido suas inúmeras vantagens, dentre elas, alta eficiência de remoção de poluentes em reatores de baixo volume, resistência a choques na carga de alimentação, maior área de contato para o crescimento microbiano, utilização da biomassa suspensa e aderida para remoção de poluentes, capacidade de adaptação em sistemas já instalados, baixa perda de carga comparada a reatores de leito fixo. Devido a estas e outras vantagens este tipo de reator vem sendo utilizado para o tratamento de diversos tipos de efluentes sejam eles domésticos ou industriais, sendo capaz de atender às mais exigentes legislações existentes quanto ao cumprimento de padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores [15][16][12][17][18].

Com base nisso o objetivo deste estudo foi o de avaliar a eficiência do tratamento de efluente frigorífico por meio de sistema biológico composto por reatores MBBR para a remoção de matéria orgânica e nitrogênio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coletas das amostras

O efluente utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho foi coletado em um frigorífico localizado no estado de Rondônia. A coleta do efluente foi realizada seguindo-se a metodologia proposta no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [19], sendo armazenado em um freezer a 4°C em recipiente fechado no Laboratório de

Saneamento Ambiental (SANEAM) do departamento de Engenharia Ambiental, Universidade de Rondônia – *campus* de Ji-Paraná.

2.2 Procedimentos analíticos

Todas as análises e procedimentos aplicados neste trabalho foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (SANEAM) e Laboratório físico-químico (LABFIQ) do Departamento de Engenharia Ambiental *Campus* de Ji-Paraná – UNIR.

O pH, a temperatura e a condutividade elétrica foram analisados pelo método potenciométrico, por meio da sonda multiparamétrica de bancada da marca Hanna modelo HI 3512.

A determinação da DQO foi realizada pela metodologia colorimétrica 5220 do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [19]. O método consiste na adição de soluções digestoras e catalíticas nas amostras, na solução digestora contém dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), ácido sulfúrico (H_2SO_4) e sulfato de mercúrio (Hg_2SO_4), e a catalítica é composta de sulfato de prata (Ag_2SO_4) e H_2SO_4 . As amostras, já com as soluções, são oxidadas em uma placa digestora a uma temperatura de $150^\circ C$ por um período de 2 horas, após esse tempo é necessário aguardar o resfriamento das amostras a temperatura ambiente. A leitura é realizada em espectrofotômetro em 600 nm da marca BEL Engineering s.r.l. Modelo V-M5 Visible Spectrophotometer.

As análises de nitrogênio amoniacal foram realizadas pelo método colorimétrico de Nessler, 4500 C [19]. As amostras são diluídas de acordo com a curva de calibração e então é adicionado o reagente Nessler, composto de iodeto de mercúrio (HgI_2) e iodeto de potássio (KI), logo após as amostras são agitadas em um vortex e aguarda-se 10 minutos para realizar a leitura no espectrofotômetro em um comprimento de onda de 425 nm.

Para realizar as análises do íon nitrito as amostras foram diluídas conforme a curva de calibração. As amostras são preparadas com a adição do reagente sulfanilamida em proporção de 25 ml de amostra para 0,5 ml do reagente, seguido da sua homogeneização da solução e após 2 minutos adiciona-se 0,5 ml de solução de N-Naftil-etilenodiamina, agita-se a amostra e após 10 minutos realiza-se a leitura no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 543 nm.

Para determinação do íon nitrato, fora utilizado o método da brucina em meio ácido, com a amostra diluída conforme a curva de calibração, resultando em uma cor amarelada. Para preparação da amostra de análise, adiciona-se na proporção de 5 ml de amostra para 1 ml

de brucina e 10 ml de solução de ácido sulfúrico (500 ml de água/ 75 ml de ácido sulfúrico 98%), após a reação agir por 10 minutos no escuro, adiciona-se 10 ml de água destilada e novamente reage no escuro por mais 20 minutos para ser lido no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 410 nm.

Tabela 1 - Parâmetros, métodos e referências que serão utilizados.

| Parâmetros | Método | Unidade | Referências |
|---|------------------------------|--------------------|-------------|
| Temperatura | Sonda YSI - EC 300 | °C | - |
| pH | Sonda LUTRON - PH-221 | Escala | - |
| DQO | Método Colorimétrico – 5220B | mg.L ⁻¹ | APHA, 2005 |
| DBO | Titulometria por Tiosulfato | mg.L ⁻¹ | APHA, 2005 |
| Nitrogênio Amôniacal (NH ₄) | Nesslerização | mg.L ⁻¹ | APHA, 2005 |
| Nitrito (NO ₂) | Sufanilamida e N-naftil | mg.L ⁻¹ | APHA, 2005 |
| Nitrato (NO ₃) | Brucina | mg.L ⁻¹ | |

Semanalmente eram coletadas amostras de quatro fases de tratamento, sendo elas, efluente de entrada, ou seja, bruto sem nenhum prévio tratamento realizado após a coleta no frigorífico, efluente do reator anóxico, efluente do reator aeróbio, e efluente de saída, após todo o tratamento sugerido ao mesmo. Por fim se realizava semanalmente todas as análises.

2.3 Descrição dos reatores

Foram utilizados dois reatores, um anóxico e um aeróbio, produzidos em vidro de 4mm de espessura. A dimensão do reator anóxico é de 20 cm de altura, 9 cm de largura e 10 cm de comprimento, com um volume útil de 1,8 litros, e o reator aeróbio 30 cm de altura, 9 cm de largura e 10 cm de comprimento com volume útil de 2,7 litros (Figura 1).

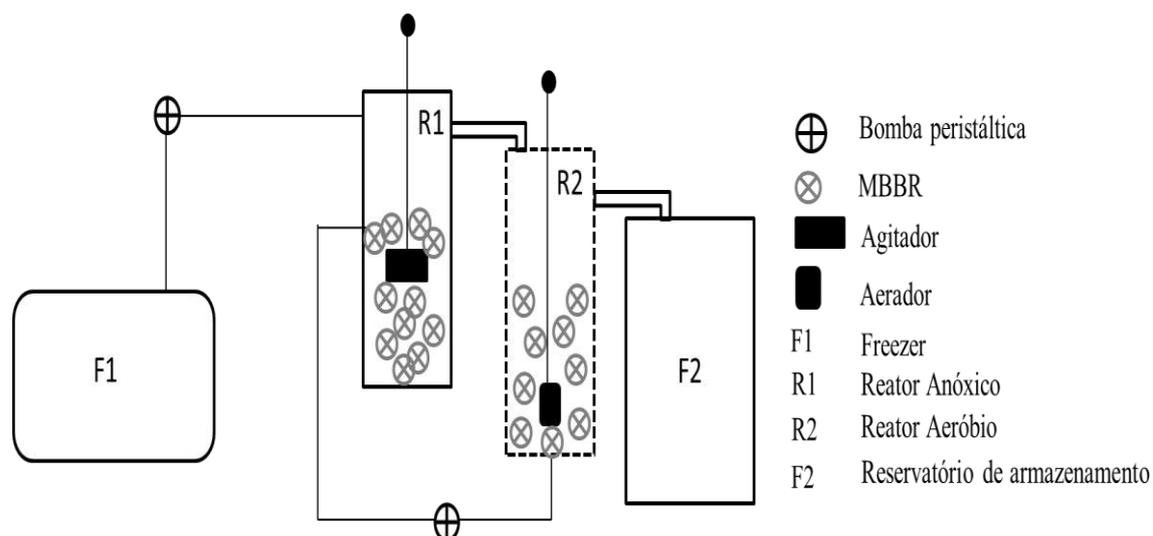


Figura 1- Esquema dos reatores R1 e R2.

A atuação das bombas é controlada por meio de temporizadores e reguladores de tensão, para possibilitar um sistema próximo ao contínuo, podendo assim ter um controle das vazões de entrada e as taxas de reciclo do reator. Foram mantidas vazão e taxa de reciclo constantes, com uma vazão de entrada de 1 litro/dia, em um sistema com taxa de reciclo em 500%, o que gera um TRH de 1,7 dias.

Para a movimentação do efluente e dos suportes, no reator anóxico (R1), foi utilizado um agitador movido por um motor 12 V, com velocidade constante, e no reator aeróbio (R2), a aeração foi promovida por um compressor de ar e dissipada no reator por meio de pedra porosa.

A biomassa existente no trabalho foi adquirida através de um processo de tratamento de efluentes de laticínio, assim se fez necessário um processo de aclimação do sistema com a inserção de uma menor quantidade de efluente frigorífica sendo alternado com o efluente de laticínio anteriormente, assim esta alimentação nos reatores durou cerca de duas semanas, para que houvesse a adaptação do mesmo com as novas características do efluente em pesquisa.

O meio de suporte utilizado na pesquisa foi adquirido pelo SANEAM em Portugal, ele foi empregado para o crescimento da biomassa e é da marca Anox Kaldnes do tipo K1, esses suportes denominados *biomedias*, são em formatos cilíndricos e tem as seguintes dimensões: 7,2 mm de comprimento e 9,1 mm diâmetro. A taxa de recheio que foi empregada em ambos os reatores, foi de 30%. Ou seja, foram inseridos 30% de *biomedias* do volume útil de cada reator.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização do efluente bruto

Inicialmente foi realizada a caracterização do efluente bruto presente na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização do efluente bruto.

| Parâmetros | Valores |
|--|---------|
| Temperatura (°C) | 29,9 |
| pH | 7,94 |
| DQO (mg.L ⁻¹) | 435,91 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹) | 203 |
| N-NO ₂ ⁻ (mg.L ⁻¹) | 0,175 |
| N-NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹) | 1,02 |
| NT inorgânico (mg.L ⁻¹)* | 204,19 |

* NT inorgânico: somatório de N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻.

Dentre as normativas, a Conama 430/2011 [20] determina valores para o pH em intervalo de 5 a 9 e temperatura com valor máximo de 40°C. O efluente analisado apresentou estas características em consonância a normativa.

A mesma normativa estipula valores máximos de nitrogênio amoniacal em 20 mgN.L⁻¹. Com relação a esse parâmetro o efluente apresentou desconformidade, com concentração de 203 mgN.L⁻¹. Esta resolução não estipula limite de concentração da DQO. Mas, quando comparada a legislações estaduais como a do Rio Grande do Sul (COSEMA 355/2017) [21], que estipula concentração máxima de DQO de 330 mg.L⁻¹ para vazão de até 500 m³.dia⁻¹, a DQO do efluente estudado estava em desconformidade, com 435,91 mg.L⁻¹.

3.2 Reatores

Com o objetivo de verificar a remoção dos poluentes, em especial nitrogênio amoniacal, DQO e nitrogênio inorgânico, foram realizadas análises semanais, para verificar as condições de tratabilidade e a eficiência de remoção de tais poluentes sob diversas condições. Ao realizar as primeiras análises do sistema, verificou-se um boa remoção de nitrogênio amoniacal, porém aquém do buscado (<20mg.L⁻¹). Fato que pode ser explicado pela falta de carbono inorgânico. Com isso, passou-se a inserir concentrações de carbonato de sódio. A

Figura 2, apresenta a taxa de remoção de nitrogênio amoniacal quando comparado à diferentes quantidades de carbonato de sódio inserido ao efluente.

A inserção do carbonato de sódio ao sistema se deve ao fato de que no processo de nitrificação, que é a conversão do nitrogênio amoniacal a nitrito e posteriormente a nitrato, ocorre a liberação de H^+ que faz com que haja um consumo da alcalinidade presente no meio, acarretando assim a uma queda brusca do pH e conseqüentemente a falta de alcalinidade para a nitrificação. A faixa ótima de pH para que se proceda a nitrificação é de 7,2 à 8,6, quando os valores são menores que 6,3 a nitrificação é cessada [22].

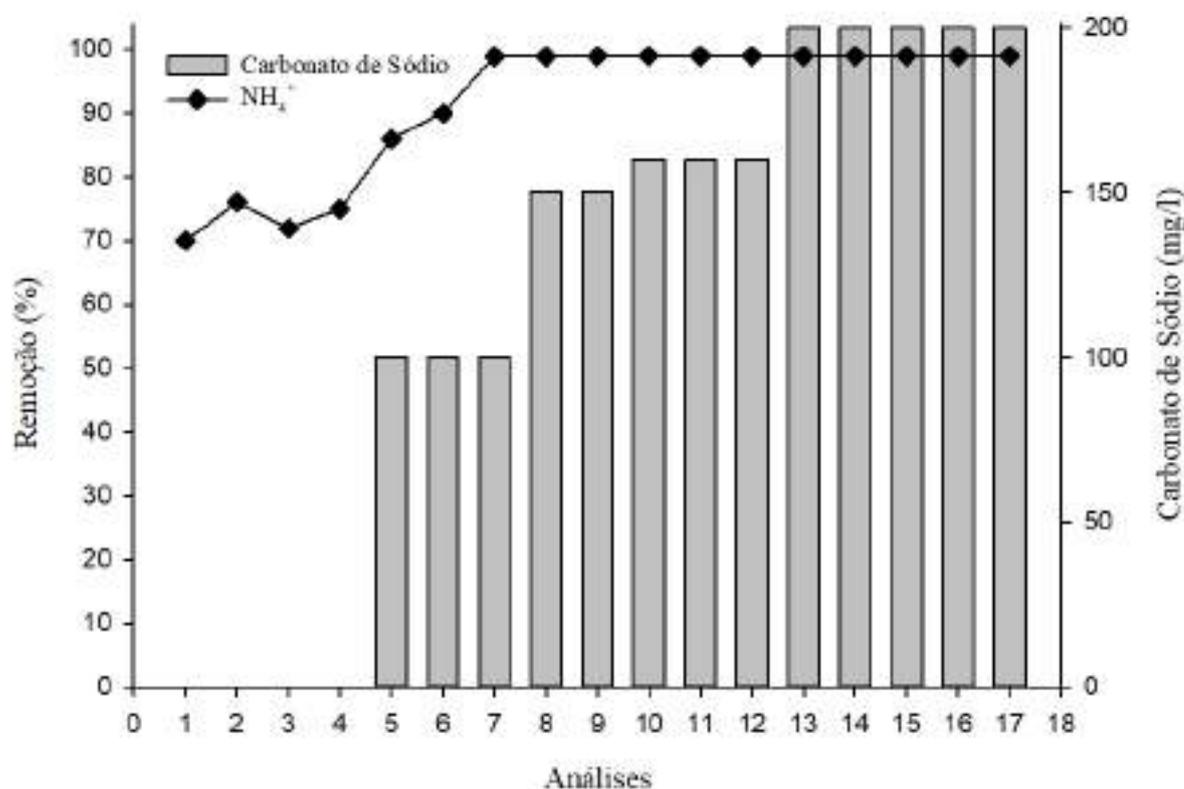


Figura 2: Remoção de nitrogênio amoniacal relacionada com a adição de carbonato de sódio.

Na Figura 2, percebe-se que a taxa de remoção de nitrogênio amoniacal teve um aumento conforme foi adicionado carbonato de sódio no sistema. Num primeiro momento, sem a inserção do composto, o sistema apresentou funcionamento com eficiência média de 73,3% de remoção de nitrogênio amoniacal, ao ministrar diferentes concentrações de Na_2CO_3 é possível notar um aumento na taxa de remoção para cerca de 99%.

A maior eficiência de remoção do poluente foi obtida com a utilização de 150 mg.L^{-1} de carbonato de sódio, a concentração foi capaz atender a demanda de alcalinidade do

efluente e manter o pH, aproximadamente, em 8,2, possibilitando a ocorrência dos processos de nitrificação, necessários à remoção do nitrogênio amoniacal da água residuária.

Em relação à DQO foi adicionado o composto metanol (CH_3OH) como fonte externa de carbono orgânico, com a finalidade de manter a relação C:N ou DQO:N, necessária a manutenção da atividade microbiana na remoção dos poluentes nos processos de desnitrificação. A figura 3, relaciona a remoção de NT inorgânico e DQO com a inserção de metanol ao efluente.

Em um estudo foi observado um aumento considerável nos processos de desnitrificação quando a relação carbono:nitrogênio é maior que 3,5, verifica-se um baixo rendimento no processo quando esta relação é menor que 2,4. Neste sentido, foi necessária a adição da fonte externa de carbono, uma vez que a relação do efluente em questão se encontrou em torno de 2,1 [23].

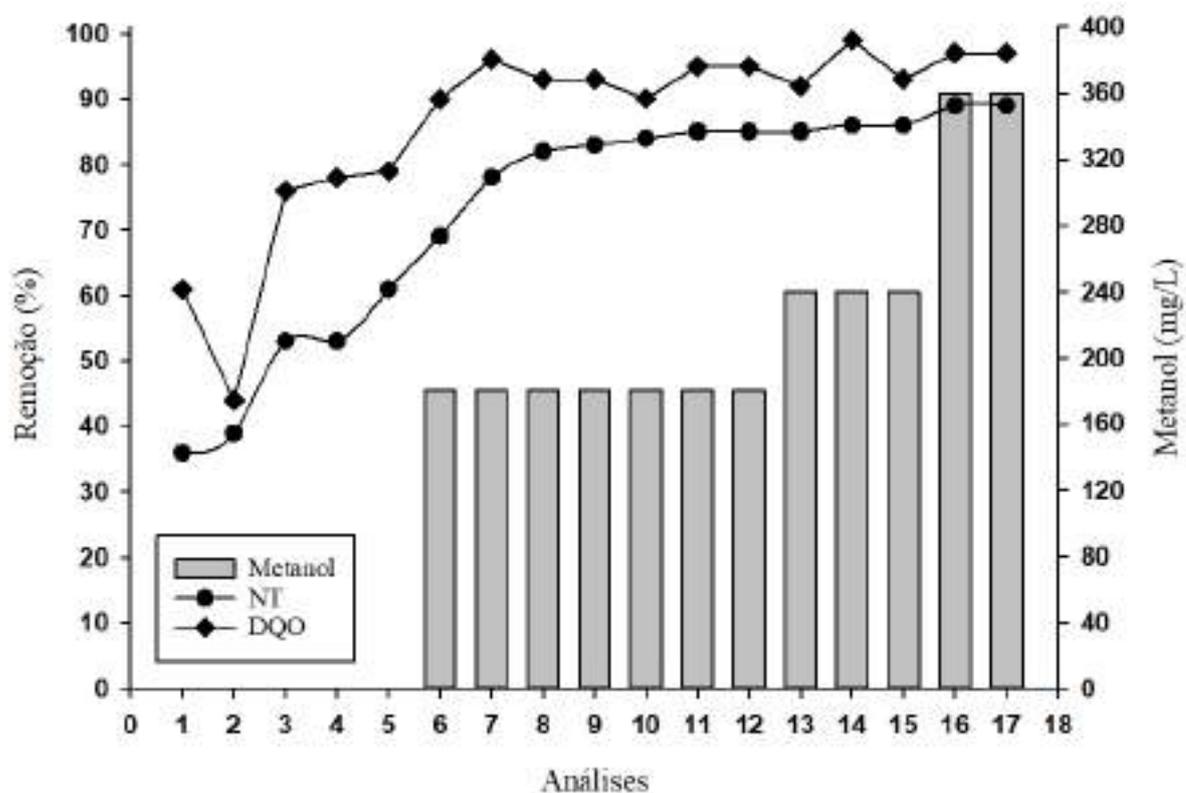


Figura 3: Remoção de nitrogênio inorgânico e DQO relacionado com adição de metanol (CH_3OH).

Inicialmente, com uma menor carga orgânica presente e sem a utilização da fonte externa de carbono, o sistema apresentou eficiência média na remoção de nitrogênio inorgânico total e DQO de 48,4% e 67,6%, respectivamente. Após a utilização de diferentes concentrações de CH_3OH como fonte carbonácea, é possível observar o aumento na remoção

dos poluentes, sendo a eficiência de remoção chegou a atingir 99% para DQO e 89% para o nitrogênio inorgânico.

Como observado na figura 3, foram utilizadas três diferentes dosagens do composto: 180, 240 e 360 mg.L⁻¹ COD (carbono orgânico dissolvido). Nota-se que a fonte externa de carbono foi essencial à efetiva remoção do nitrato formado pelo processo de nitrificação, funcionando como acceptor final de elétrons ao processo de desnitrificação, apresentando resultados logo na primeira dosagem (180 mg.L⁻¹), também foi verificado relativo aumento no percentual de remoção de nitrogênio inorgânico total com a variação de dosagens de metanol.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento biológico por MBBR se mostrou ser uma alternativa muito eficiente para o tratamento de efluente, pois apresentou alta taxa de remoção de nutrientes e carga orgânica.

Quanto ao nitrogênio amoniacal, o sistema atingiu 99% de remoção atendendo a legislação brasileira que determina 20 mgN-NH₄⁻.L⁻¹. O nitrogênio inorgânico total teve uma remoção de até 89%.

Com relação a DQO o sistema chegou a apresentar uma taxa de remoção de 99%, deixando o efluente de saída dentro das legislações mais restritivas estaduais como a COSEMA 355/2017 – RS, que traz que para efluente industriais com vazão até 500 m³.dia⁻¹ a concentração máxima permitida deve ser de 330 mg.L⁻¹.

5. REFERÊNCIAS

[1] FAO. **Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets**. Rome. 104 p, novembro, 2018.

[2] RODRIGUES, D. L. C.; HARTWIG, M. P.; GERBER, M. D. Avaliação de nitrogênio e fósforo dos efluentes tratados dos abatedouros na cidade de Pelotas/RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, jan. -abr. p. 389–397, 2016.

[3] UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; DEPA – DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark. **Cleaner production assessment in meat processing**. Paris: UNEP, 2000.

- [4] VON SPERLING, M. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte, ed: 3, p. 452, UFMG, 2005.
- [5] LIMA, N. A. **Remoção biológica de nitrogênio de efluentes de abatedouros bovino em reator em batelada sequencial**. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavél, 2012.
- [6] AGUILAR, M. I.; SÁEZ, J.; LLORENS, M.; SOLER, A.; ORTUÑO, J. F. Nutrient removal and sludge production in the coagulation-flocculation process. *WaterResearch*, Murcia, [online], v.36, p. 2910-2919, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135401005085>. Acesso em: 26 agosto 2019.
- [7] MCCABE, B. K.; HAMAWAND, I.; HARRIS, P.; BAILLIE, C.; YUSAF, T. A case study for biogas generation from covered anaerobic ponds treating abattoir wastewater: Investigation of pond performance and potential biogas production. **Applied Energy**, v. 114, p. 798–808, fev. 2014.
- [8] PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB, 2006.
- [9] DIONISI, D. **Biological Wastewater Treatment Processes: Mass and Heat Balances**. CRC Press: p. 467, 2017.
- [10] METCALF. EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4ªed, McGraw-Hill Companies, 2003.
- [11] RUELA, O. C; LONGO, R. R. **Remoção de matéria orgânica e nitrogenada de efluentes provenientes de abatedouros de bovinos por meio de reator aeróbio operando em bateladas sequenciais com adição de coagulante químico**. (Monografia) Graduando em Engenharia Ambiental. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.
- [12] MCQUARRIE, J. P.; BOLTZ, J. P. Moving Bed Biofilm Reactor Technology: Process Applications, Design, and Performance. **Water Environment Research**, v. 83, n. 6, p. 560–575, 2011.
- [13] FERRAI, M.; GUGLIELMI, G.; ANDREOTTOLA, G., 2010, “Modelling respirometric tests for the assessment of kinetic and stoichiometric parameters on MBBR 117 biofilm for municipal wastewater treatment”, *Environmental Modelling & Software*, v. 25, pp. 626–632.
- [14] RUSTEN, B. et al. Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. **Aquacultural Engineering**, v. 34, n. 3, p. 322–331, 2006.
- [15] BAKKE, I. et al. Microbial community dynamics in semi-commercial RAS for production of Atlantic salmon post-smolts at different salinities. **Aquacultural Engineering**, v.78, part. A p. 42-49, 2017.
- [16] CHEN, S.; SUN, D.; CHUNG, J. S., 2008, “Simultaneous removal of COD and ammonium from landfill leachate using an anaerobic-aerobic moving-bed biofilm reactor system” *Waste Management*, v. 28, pp. 339–346.

[17] GAPES, D. J.; KELLER, J. Impact of oxygen mass transfer on nitrification reactions in suspended carrier reactor biofilms. *Process Biochemistry*, v. 44, pp. 43–53, 2009.

[18] SALVETTI, R.; AZZELLINO, A.; CANZIANI, R.; BONOMO, L., 2006, “Effects of temperature on tertiary nitrification in moving-bed biofilm reactors”, **Water Research**, v. 40, pp. 2981-2993.

[19] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA; AWWA; WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 th ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, 2005.

[20] BRASIL, **Resolução CONAMA n° 430 de 13 de maio de 2011**. Condições e padrões de lançamento de efluentes complementam e alteram a Resolução nos 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicada no DOU n° 092, de 16 de maio de 2011, p. 89, 2011.

[21] RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CONSEMA n° 355 de 2017**. Critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Publicada no DOE no dia 19 de julho de 2017.

[22] JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

[23] BORTOLI, M. et al. Emissão de óxido nitroso nos processos de remoção biológica de nitrogênio de efluentes. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 1–6, 2012.

**TRATAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA POR MÉTODOS SIMPLIFICADOS:
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ (RO)**

WATER TREATMENT BY SIMPLIFIED METHODS: CASE STUDY IN JI-PARANÁ
(RO)

Thiago Alves dos Santos¹, Luiza Fernanda Silva Pavanello², Larissa Santos Fambri², Lucas Alcantara³ e Margarita María Dueñas Orozco⁴

¹Mestrando em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo/USP.

²Engenheira Ambiental e Sanitarista, Universidade Federal de Rondônia/UNIR.

³Graduando em Eng. Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Rondônia/UNIR.

⁴Professora Mestre da Universidade Federal de Rondônia/UNIR.

Autor correspondente: e-mail: thiago.as@usp.br

RESUMO

A água é um recurso natural do qual as sociedades necessitam para sobreviver, cujo uso é definido de acordo com a sua disponibilidade e sua qualidade. Esta pesquisa tem como objetivo determinar a eficiência de alguns tratamentos simplificados para água subterrânea através de diferentes meios filtrantes e diversos métodos de desinfecção. As amostras foram coletadas no mês de setembro (período hidrológico de seca) e novembro (transição) em um poço domiciliar, com auxílio de coletor, transferidas a galões estéreis e posteriormente acondicionadas em caixas térmicas. Para o tratamento, foram confeccionados dois filtros (convencional e alternativo) com diferentes materiais e testados três métodos para desinfecção (hipoclorito de sódio, SODIS e congelamento). Realizaram-se análises físico-químicas e microbiológicas. Dos parâmetros avaliados para água bruta, apenas os coliformes estiveram em desacordo com a Portaria de Consolidação nº 05 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. Com relação aos filtros, o filtro 2 foi o mais eficiente na redução de turbidez e coliformes. A desinfecção por hipoclorito removeu 100% dos coliformes na água bruta e filtrada, seguido pelo SODIS com 97,49% na água filtrada. A desinfecção por congelamento não foi eficiente, apresentando uma anomalia. Os resultados apontaram a contaminação da água subterrânea, sendo que, se submetida a tratamento simples de desinfecção com dosagem adequada de hipoclorito de sódio na caixa d'água da residência, poderá se enquadrar no padrão de potabilidade.

Palavras-chave: Qualidade da água, filtração, desinfecção, SODIS, congelamento.

ABSTRACT

Water is a natural resource that societies need to survive, its use is defined according to its availability and quality. This research aims to determine the efficiency of some simplified groundwater treatments through different filter media and various disinfection methods. The samples were collected in September (hydrological period of drought) and November (transition) in a household well, with collector assistance, transferred to sterile gallons and

later stored in thermal boxes. For the treatment, two filters (conventional and alternative) with different materials were made and three methods for disinfection (sodium hypochlorite, SODIS and freezing) were tested. Physicochemical and microbiological analyzes were performed. Of the parameters evaluated for raw water, only the coliforms were in disagreement with the Ministry of Health Consolidation Ordinance No. 05 September 2017. Regarding filters, filter 2 was the most efficient in reducing turbidity and coliforms. Hypochlorite disinfection removed 100% of coliforms in raw and filtered water, followed by SODIS with 97.49% in filtered water. Freezing disinfection was not efficient, presenting an anomaly. The results pointed to groundwater contamination, and if subjected to simple disinfection treatment with adequate sodium hypochlorite dosage in the residence water tank, it could fit the potability standard.

Keywords: Water quality, filtration, disinfection, SODIS, freezing.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural vital para a sobrevivência dos seres vivos e para o desenvolvimento econômico das sociedades, cujo uso é definido de acordo com a sua disponibilidade e distribuição. Entre as diferentes maneiras de abastecimento de água, podemos destacar as fontes subterrâneas provenientes de poços, as quais têm sido cada vez mais utilizados para o suprimento do consumo humano, além de ser uma importante alternativa econômica para indústrias, empresas e para as populações, em especial as rurais que também tem fundamentado sua economia no aproveitamento da água subterrânea [1; 2]

Conforme o último levantamento realizado em 2008, a água subterrânea apresentava-se como única alternativa de abastecimento para 33 municípios do Brasil, onde não existia, nem em partes desses municípios, a disponibilidade de água tratada por uma rede geral de distribuição [3]. Além disso, estudos apontam que a sociedade, em geral, ainda considera que as águas provenientes de poços são menos contaminadas que as captadas de mananciais superficiais [4].

De acordo com [21], o índice médio de atendimento urbano por rede de água no estado de Rondônia possuía um alcance entre 40-60%, onde 25% dos locais eram abastecidos através de águas subterrâneas [5].

No Brasil, toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água, inclusive a água subterrânea captada para consumo humano. Para tanto, a Portaria de Consolidação nº 05 [18] do Ministério da

Saúde, estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade.

Diante do exposto, objetivou-se determinar a eficiência de tratamentos simplificados para água subterrânea através de diferentes meios filtrantes e diversos métodos de desinfecção, a fim de torná-la apta ao consumo humano, possibilitando o uso para abastecimento individual

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo localiza-se no Bairro Dom Bosco, especificamente em uma residência escolhida por conveniência, sob as coordenadas $10^{\circ}52'11,4''S$ e $61^{\circ}56'38''W$ no município de Ji-Paraná, o qual está localizado na porção centro leste do estado de Rondônia. A região apresenta um período úmido, característico de janeiro a março, úmido-seco de abril a junho, seco de julho a setembro e seco-úmido de outubro a dezembro [6]. Na Figura 1 visualiza-se a área de estudo e alguns detalhes importantes da residência.

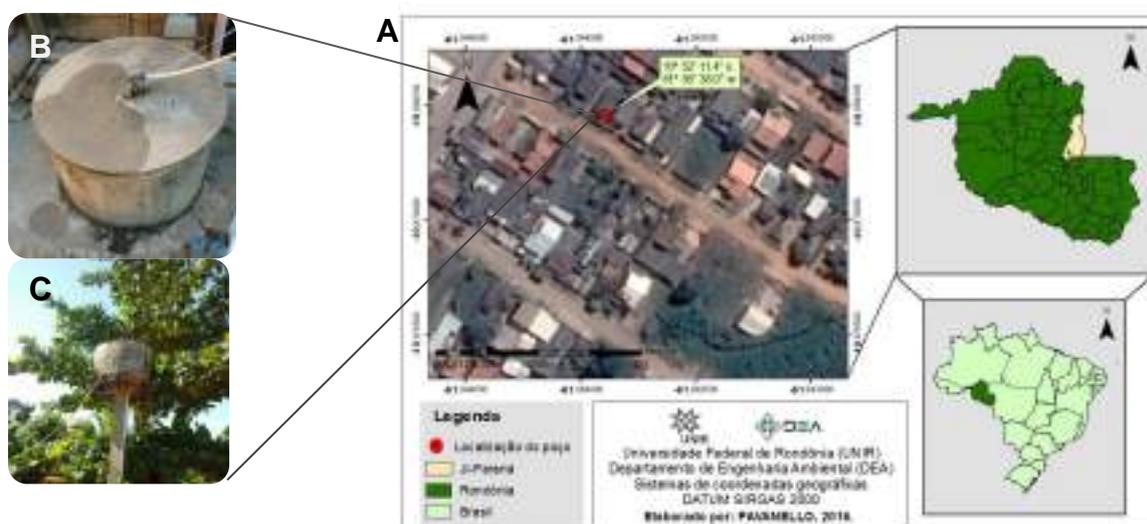


Figura 1 – A: Localização da área de estudo; **B:** Poço de coleta; **C:** Caixa d'água da residência.

2.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Para o desenvolvimento deste estudo, foram realizadas duas coletas de campo, uma no mês de setembro e outra no mês de novembro de 2016, representando os períodos de seca e transição (seca-chuva), respectivamente. A água bruta foi coletada em um poço amazonas,

com auxílio de um coletor específico mergulhado diretamente no poço. As amostras de água foram acondicionadas em galões de 5L, previamente descontaminados com solução de HCl 10% e posteriormente identificados e reservados em caixas térmicas refrigeradas até o momento das análises microbiológicas que foram realizadas no Laboratório de Limnologia e Microbiologia (LABLIM) da Universidade Federal de Rondônia, Campus Ji-Paraná (UNIR, Ji-Paraná).

2.3 SISTEMA DE FILTROS

O sistema foi construído no Laboratório de Físico-Química (LABFIQ) da UNIR, Ji-Paraná. Na montagem do protótipo (Figura 2), utilizou-se um galão de 20 litros, representando o reservatório. Na base do galão colocou-se um flange de 20mm que interliga a um tubo de PVC de 20mm. Este possui uma chave borboleta para regular a vazão, que é direcionada a dois filtros através de um tê de 20mm. Os filtros foram construídos com tubulações de 30mm de diâmetro, interligados por meio de uma luva de 20mm-30mm. Usaram-se, também, quatro joelhos de PVC para junção das canalizações do sistema.

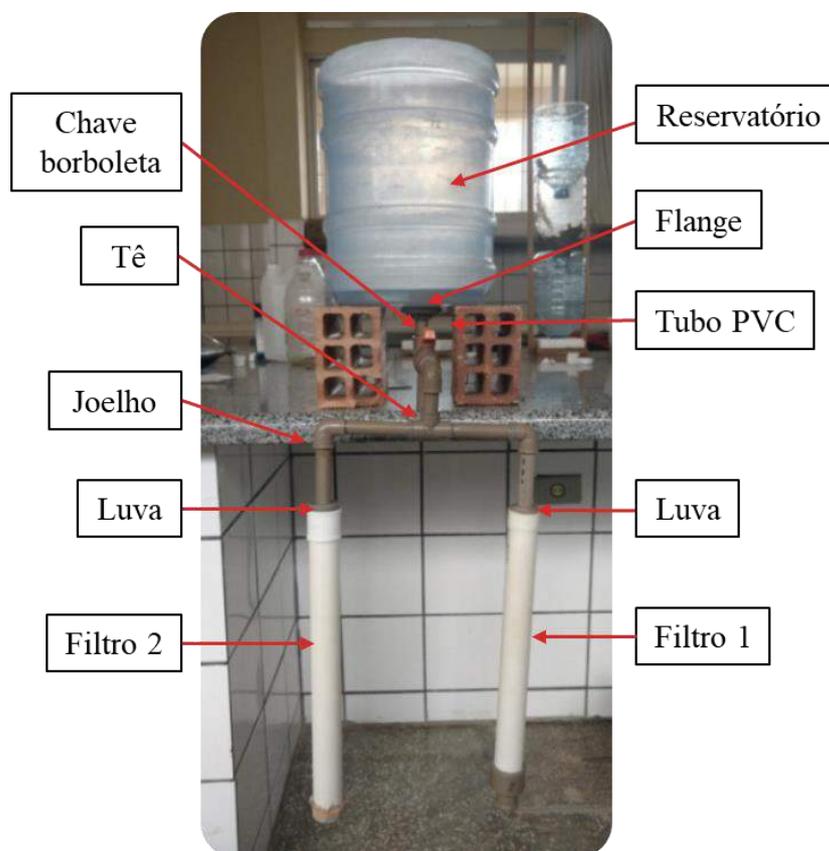


Figura 2- Protótipo do sistema - filtragem.

Os dois filtros são do tipo descendente, o filtro 1 (F1) é caracterizado como um filtro convencional, utilizado pela maioria dos sistemas de abastecimento público, o filtro 2 (F2) foi desenvolvido como filtro alternativo tendo o intuito de verificar se o mesmo atenderia a norma e obteria uma eficiência semelhante ao convencional.

Para a construção dos filtros utilizaram-se os materiais que se encontram na Tabela 1. No F1 os materiais foram colocados na mesma quantidade e ordem (descendente) da tabela, enquanto para o F2 colocaram-se duas camadas de algodão de 8cm, seguindo a ordem algodão, carvão ativado granular (comercial) e algodão.

Tabela 1 – Materiais utilizados para cada filtro

| *M | BRITA | SEIXO ROLADO (tamanho 4) | SEIXO (tamanho 2) | AREIA GROSSA | AREIA FINA | CARVÃO ATIVADO | ALGODÃO |
|----|-------|--------------------------|-------------------|--------------|------------|----------------|---------|
| F1 | 72g | 70g | 115g | 15g | 30g | 30g | 8cm |
| F2 | - | - | - | - | - | 30g | 16cm |

Nota: *M: Materiais utilizados.

2.4 MÉTODOS DE DESINFECÇÃO

A desinfecção da água foi feita por três métodos diferenciados - radiação solar; refrigeração da água a 0°C e por adição de hipoclorito de sódio. Para todos os métodos de desinfecção, foram separadas amostras em garrafas *pets* de 500 ml estéreis.

O método SODIS (*Solar Water Disinfection*) - desinfecção solar da água foi realizado através da exposição de garrafas ao sol por 6 horas em um concentrador de raios solares para inativação dos coliformes totais e fecais, conforme cita [7] e [8]. Para tanto, pintou-se a parte inferior da garrafa de preto para aumentar a absorção dos raios e elevar a temperatura conforme ilustra a Figura 3.



Figura 3- Concentrador de raios solares.

A desinfecção por refrigeração foi feita através do armazenamento da amostra no congelador até atingir seu estado sólido.

Já a desinfecção por hipoclorito de sódio foi realizada com dosagens de acordo com o manual da Funasa [9], adaptando o tempo de repouso das amostras após a aplicação do desinfetante para 30 minutos.

2.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Os parâmetros de qualidade d'água avaliados para água bruta foram: turbidez, pH, coliformes fecais e totais, condutividade elétrica e temperatura. Após a filtragem foram realizadas análises de turbidez, coliformes fecais e totais. Ao término da desinfecção foram avaliados apenas os parâmetros microbiológicos (coliformes fecais e totais). As variáveis temperatura (T°) e condutividade elétrica (CE) foram obtidos pela sonda multiparâmetro (HANNA, modelo 2728), o potencial hidrogeniônico (pH) pela sonda (LUTRON – PH-221) e os valores de turbidez por meio de turbidímetro de bancada (HACH, modelo 2100 P). As variáveis microbiológicas foram determinadas através do método de membranas filtrantes em meio cromogênico, descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [10].

A contagem do número de colônias formadas nas placas e os resultados obtidos foram expressos em unidades formadoras de colônia por 100mL (UFC/100mL). As UFCs de

coliformes fecais correspondem às colônias que apresentam coloração violeta/preta e as UFCs de coliformes totais apresentam coloração rosa/lilás [11].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O poço amostrado para o estudo em relação à altura é do tipo amazonas, possuindo 4,12 metros de profundidade, com revestimento feito de manilhas e a tampa de alvenaria. No local, não foi observada a presença de fossas sépticas, pois devido à falta de um sistema de coleta de esgoto, alguns dos moradores do bairro dispõem as águas servidas em canalizações que as direcionam para um córrego próximo às residências.

3.1 ANÁLISES DA ÁGUA BRUTA

Os valores obtidos para a água bruta encontram-se na Tabela 2. O maior valor de turbidez foi encontrado no período de seca, sendo 3,83uT e o menor no período de transição sendo 1,3uT, assemelhando-se a pesquisas feitas na região, como [12] no município Ji-Paraná, e [13] no município de Presidente Médici, que também observaram maiores níveis de contaminação nesse período. A Portaria de Consolidação nº 05 [18] estabelece para águas subterrâneas naturais (sujeita a desinfecção) um limite máximo de 5uT, logo, os valores encontrados estão enquadrados na norma.

Embora essa Portaria não estabeleça padrão para a variável CE, a [14], bem como alguns autores, determinam que as águas naturais apresentem um valor inferior a 100 uS.cm⁻¹ [15; 16]. Os valores encontrados de CE variaram de 162,8µS.cm⁻¹ (seca) e 225,2µS.cm⁻¹ (transição). [17] traz que em regiões tropicais, os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com as características geoquímicas e com as condições climáticas (estação de seca e chuva) da região onde se localizam.

A temperatura variou entre 20,9°C (seca) e 27,7° (transição), não sendo estabelecido nenhum valor pela Portaria de consolidação devido às variações sazonais de cada região. Já o pH encontrado foi de 7,36 (seca) e 6,93 (transição), atendendo o intervalo (6 e 9,5) estabelecido pela mesma normativa. Em relação à qualidade microbiológica a Portaria supracitada determina que, para esse parâmetro, os coliformes fecais e totais estejam ausentes para consumo. Os maiores valores encontrados foram 9800 UFC/100mL de coliformes totais (seca) e 1800 UFC/100mL coliformes fecais (transição), sendo que nos dois períodos estiveram em desconformidade com a portaria.

Tabela 2 – Características físico-química e microbiológica da água bruta

| *P | TURBIDEZ (uT) | | pH | | *T (°C) | | *CE (µS.cm ⁻¹) | | *C.F. (UFC/100mL) | | *C.T. (UFC/100mL) | |
|----|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | *S. | *T. | S. | T. | S. | T. | S. | T. | S. | T. | S. | T. |
| | 3,83 | 1,3 | 7,36 | 6,93 | 20,9 | 27,7 | 162,8 | 225,2 | 100 | 1800 | 9800 | 5800 |

Notas: *P: Parâmetros; *T: Temperatura; *CE: Condutividade elétrica; *C.F.: Coliformes Fecais (*E.coli*); *C.T.: Coliformes Totais; *S: Seca; *T: Transição.

3.2 ANÁLISES DA ÁGUA FILTRADA

Os valores obtidos da água após processo de filtragem encontram-se na Tabela 3. Houve redução dos valores de turbidez e coliformes. O filtro 1 reduziu a turbidez em 77,54% (seca) e 46,15% (transição), enquanto que no filtro 2 a turbidez diminuiu 80,68% (seca) e 58,46% (transição), indicando que filtro 2 foi mais eficiente nos dois períodos de amostragem. Supõe-se que esses resultados possam estar relacionados com a superfície de contato do carvão ativado, além da porosidade dos meios filtrantes. Calculando a vazão em cada um dos filtros, obteve-se no filtro 2 uma vazão de 0,000172 l/s, inferior ao filtro 1 com 0,000306 l/s, presumindo-se que o filtro 2 seja menos poroso, logo reteve melhor as impurezas.

Todos os valores de turbidez obtidos após filtragem são inferiores a 1 uT, atendendo o limite exigido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 que estabelece 1 uT para filtros lentos. Em relação à redução de coliformes totais, o filtro 2, também, foi mais eficiente se comparado ao filtro 1, removendo cerca de 82,64% (seca) e 48,28% (transição), enquanto o filtro 1 eliminou apenas 18,37% (seca) e 30,7% (transição) dos microrganismos.

Tabela 3 – Valores obtidos da água após a filtração

| PARÂMETROS | SECA | | TRANSIÇÃO | |
|--------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|
| | Filtro 1 | Filtro 2 | Filtro 1 | Filtro 2 |
| Turbidez (uT) | 0,86 | 0,74 | 0,7 | 0,54 |
| Coliformes fecais (UFC/100mL) | 75 | 59 | 19 | 200 |
| Coliformes totais (UFC/100mL) | 8000 | 1700 | 4019 | 3000 |

3.3 ANÁLISES DA ÁGUA APÓS A DESINFECÇÃO

Os valores de coliformes atingidos após a etapa de desinfecção visualizam-se na Tabela 4. Dos três métodos aplicados, a desinfecção por hipoclorito de sódio foi o mais eficiente nos dois períodos, para os dois filtros removendo 100% dos microrganismos, incluindo a *E.coli*, a qual é agente causadora de diarreia e outras doenças, quando ingeridas.

Os demais métodos, não apresentaram a mesma eficiência que o hipoclorito de sódio, contudo o método SODIS conseguiu maior eficiência com relação ao congelamento.

A desinfecção solar reduziu as colônias de coliformes totais em uma taxa de 81,88% chegando alcançar 97,49%, sendo que nas amostras do filtro 1 foram removidas cerca de 88,35% (seca) e 93,33% (transição), enquanto do filtro 2 removeu 81,88% (seca) e 97,49% (transição).

Tabela 4 – Resultados obtidos após processo de desinfecção

| | *Cong. *F1 | | Cong. *F2 | | *H.C *AB | | H.C F1 | | H.C F2 | | *SODIS F1 | | SODIS F2 | |
|-------|------------|------|-----------|------|-------------|----|-----------|----|-----------|----|--------------|-----|-------------|-----|
| | *S. | *T. | S. | T. | S. | T. | S. | T. | S. | T. | S. | T. | S. | T. |
| *C.F. | >198 | 100 | >198 | 300 | - | - | - | - | - | - | 46 | 10 | 15 | 100 |
| *C.T. | >1452 | 5000 | >1452 | 6000 | - | - | - | - | - | - | 198 | 100 | 1452 | 101 |

Notas: *C.F: *Coliformes Fecais*; *C.T: *Coliformes Totais*; *F1: *Filtro 1*; *F2: *Filtro 2*; *A.B: *Água Bruta* *S.: *Seca*; *T.: *Transição*; Cong.: *Congelamento*; *H.C: *Hipoclorito de sódio*; *SODIS: *Desinfecção solar*.

Em relação as colônias de *E.coli*, na seca foram removidas 39% (F1) e 75% (F2), enquanto na transição foram de 48% (F1) e 50 % (F2) das colônias.

Para a desinfecção por congelamento, nos dois períodos ocorreu uma anomalia: ao invés do método eliminar as colônias de bactérias, as mesmas se replicaram aproximadamente em 83,33%, chegando a alcançar taxas de multiplicação superiores a 100%. Supõe-se que esse comportamento possa ser devido à presença de alguma linhagem genética de microrganismos que possuem sua taxa ótima de crescimento em baixas temperaturas.

Conforme relata [18], existem microrganismos que são conhecidos pela sua habilidade em se desenvolver a temperaturas menores do que 7°C. [19] e [18], observaram o aumento do número de bactérias psicrófilas presentes no leite, a uma temperatura inferior a 7°C, se assemelhando ao comportamento dos coliformes totais desta pesquisa.

4. CONCLUSÕES

Os resultados apontaram para a contaminação da água subterrânea do local nos dois períodos de análise, estando imprópria para consumo humano e precisando de um tratamento prévio.

Dos parâmetros avaliados apenas a variável microbiológica apresentou desconformidade com a Portaria nº 05 de 2017 do MS, encontrando-se coliformes totais e fecais nas análises da água bruta, após ser filtrada em ambos os filtros e depois de passar pelo processo de desinfecção solar e por congelamento.

Observou-se que o filtro 2 apresentou maior eficiência na redução da turbidez e coliformes, possivelmente devido a sua menor porosidade, pois ao se obterem as vazões dos filtros percebeu-se que o filtro 2 teve uma vazão inferior ao do filtro 1.

Como a turbidez da água bruta apresentou valores inferiores a 5uT, não há necessidade de filtrar a água, sendo necessário apenas a aplicação da dosagem ideal de hipoclorito de sódio na caixa d'água da residência, uma vez que os resultados demonstraram eliminação de 100% dos microrganismos nas análises de água bruta e filtrada em ambos os períodos.

Ademais, pode-se recorrer a desinfecção solar após a filtração da água como alternativa de tratamento para potabilidade na falta do hipoclorito de sódio, pois a eficiência na remoção dos microrganismos chegou a alcançar 97,49%. Este resultado pode ser melhorado aumentando o tempo de exposição das garrafas ao sol a fim de possibilitar a inativação completa dos microrganismos.

Por fim, o método de desinfecção que se mostrou menos eficiente no presente estudo, foi o método por congelamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RIBEIRO, W. C. **Geografia política da água**. São Paulo, 2004. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.
- [2] BLANK, D. E; VIEIRA, J. G. Caracterização Físico-Química e Microbiológica de Água de Poços Rasos do Bairro Três Vendas, Pelotas-RS. In: **XII ENPOS-II Mostra Científica**, 2016.
- [3] IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- [4] CAPPI, N. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 3, p. 77-91, 2012.
- [5] SOUZA, L. C. A Efetividade da Proteção das Águas Subterrâneas no Brasil. In: **8º Congresso Brasileiro do Magistério Superior da Associação dos Professores de Direito Ambiental do Brasil – APRODAB e 1º Congresso de Direito Ambiental da PUC-RIO**. Rio de Janeiro: PUC-RIO, 20p. 2010.
- [6] WEBLER, A. D; GOMES, J. B; AGUIAR, R. G; ANDRADE, N. L. R; AGUIAR, L. J. G. Mudanças no uso da terra e o particionamento de energia no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 868–876, 2013.
- [7] SOMMER, B. Um Processo de Tratamento de Água Emergente. **Journal of Water Suply: Research and Technology - Aqua**, v. 46, n. 3, p. 127–137, 1997.

- [8] WEGELIN, M. Desinfecção de Água: Escopo no Processo e Análise de Experimentos de Radiação. **Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua**, v. 43, n3, pp. 154–169, 1994.
- [9] FUNASA. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades, utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa**. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2014.
- [10] APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Edition 19, 1995.
- [11] LAUTHARTTE, L. C. **Avaliação da qualidade de água subterrânea no distrito de Jaci- -Paraná, município de Porto Velho**. Porto Velho, 67 p., 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Federal de Rondônia.
- [12] MARTINS, I. A. V. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de influência do lixão inativo no bairro boa esperança (Ji-Paraná/RO)**. (Monografia) Bacharelado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2011.
- [13] LAUREANO, J. J.; RAMOS, C. F.; NASCIMENTO, E. L.; ROSA, A. L. D.; GOMES, J. P. O.; FERREIRA, R. F.; MENDONÇA, A. P.; OLIVEIRA, G. A.; BASTOS, W. R. Qualidade da água subterrânea: estudo de caso de Presidente Médice. In: **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Brasília, 2015.
- [14] CETESB. **Água: qualidade, padrões de potencialidade e poluição**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2009.
- [15] LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.
- [16] BRASIL. **Saneamento domiciliar: Manual de instruções de uso das melhorias sanitárias domiciliares**. Brasília, 2014.
- [17] ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- [18] NÖRNBERG, M. F. B. L.; TONDO, E. C.; BRANDELLI, A. Bactérias psicrotróficas e atividade proteolítica no leite cru refrigerado. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37, n. 2, p. 157-163, 2009.
- [19] CELESTINO, E. L.; IYER, M.; ROGINSKI, H. Os efeitos do armazenamento refrigerado sobre a qualidade do leite cru. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 51, p. 59-63, 1996.
- [20] BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 05**. Brasília: Ministério da Saúde, 2017.
- [21] BRASIL, SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos –**

2016. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. Disponível em: < http://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2018/03/Diagnostico_AE2016.pdf > Acesso em: 23 setembro de 2019.

USO DA EXPERIMENTAÇÃO NA DISCIPLINA DE FENÔMENOS DE TRANSPORTE, DURANTE A GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

USE OF EXPERIMENTATION IN THE DISCIPLINE OF TRANSPORT PHENOMENA, DURING ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Sara Line Silveira Araújo^{1*}, Dara da Cunha Oliveira¹, Ana Lúcia Denardin da Rosa², Jessica Lauany dos Santos Cesconetto¹, Ytalo Alves Pereira Amorim¹, Matheus Fernando Rocha da Silva¹, Iandara Luna Saissem dos Santos¹

¹Discentes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *campus* Ji-Paraná.

²Engenheira Civil, Docente do departamento de Engenharia Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia, *campus* Ji-Paraná.

*Autor correspondente: e-mail: araujoline0@gmail.com

RESUMO

A componente curricular Fenômenos de Transporte é imprescindível nas Engenharias sendo a aplicação de experimentos didáticos uma ferramenta essencial para fixação do conteúdo teórico. O trabalho tem como objetivo implantar experimentos de baixo custo, elaborados pelos acadêmicos com o intuito de fixação do conteúdo. Os discentes de Engenharia Ambiental e Sanitária (UNIR), desenvolveram experimentos didáticos relacionados ao conteúdo ministrado. A turma foi dividida em grupos, onde o grupo avaliado desenvolveu um experimento didático de um manômetro, para calcular pressões e perdas de carga. O experimento mostrou-se eficiente nos resultados, podendo auxiliar os alunos na compreensão de cálculos e sua associação à teoria, possibilitando melhor desempenho na disciplina

Palavras-chave: experimentos, manômetros, perda de carga, piezômetro, fenômenos de transporte.

ABSTRACT

The Curriculum Component Transport Phenomena is essential in Engineering. The application of didactic experiments is an essential tool to absorb the theoretical content. The work aims to implement low cost experiments, elaborated by academics with the purpose of fixing the content. Students of Environmental and Sanitary Engineering (UNIR), developed didactic experiments related to the taught content. The class was divided into groups, where the evaluated group developed a didactic experiment of a pressure gauge, related to the applied content, to calculate different pressures and pressure losses. The experiment was efficient in the results, being able to assist the students in the understanding of calculations and its association with the theory, allowing better performance in the discipline.

Keywords: experiments, pressure gauges, pressure drop, piezometer, transport phenomena.

1. INTRODUÇÃO

No processo de formação do Engenheiro, Fenômenos dos Transportes, é considerada uma disciplina fundamental para compreensão e desenvolvimento de projetos do acadêmico, de natureza científica, abrangendo técnicas de transformação de massa, energia, quantidade de movimento e medição de pressão. O estudo de escoamentos pode ser representado conforme o comportamento de fenômenos físicos em função do espaço e tempo [1]. A manometria é uma técnica amplamente utilizada na estática dos fluidos, sendo imprescindível para medição de pressão. O manômetro diferencial, quando em tubo “U”, tem sua sensibilidade medida através da razão da alteração no líquido manométrico e a diferença do nível da água [2] [3].

Haja vista que os alunos expostos à tais aplicações possuem uma visão de que os conteúdos científicos retratados em sala de aula são representados unicamente por fórmulas empíricas, símbolos e palavras. Inúmeras críticas surgem pertinentes ao ensino tradicional que inclui o estudante unicamente como ouvinte das exposições do docente [4]. Em virtude desta problemática, salienta-se a adoção de ferramentas didáticas para contextualizar o conteúdo empregado na sala de aula [5].

Apesar de no século XXI, o ensino universitário já recorrer aos experimentos, demonstrando sua importância, este processo ainda é pouco explorado na formação de engenheiros. É primordial que o aluno tenha participação no que diz respeito a reconstrução dos fundamentos. Esta metodologia possibilita que o discente vá além da comprovação de conhecimentos teóricos através de experimentações, pois são conduzidos por indagações que geram construção de ideias e desenvolve um senso científico.

Em alguns cursos, experimentos em Fenômenos dos Transportes é uma excelente oportunidade de aprendizado e compreensão dos assuntos abordados nas aulas teóricas. O uso de estratégias didáticas é indispensável à acadêmicos para assimilação teórica [6]. A proposta de uma metodologia que motive os discentes a instigar os fenômenos físicos, bem como da água, reflete-se como um desafio para os docentes que enfrentam objeções estruturais bem como a carência por laboratórios [7].

A fim de executar esta estrutura benéfica, o curso de engenharia química da universidade federal do paraná divide a disciplina de fenômenos dos transportes em duas matérias, de maneira que simultaneamente os acadêmicos tenham disciplinas que abordam a mesma temática, porém uma teórica e outra experimental. Os alunos desta unidade de ensino se tornaram mais aptos a solucionarem problemas complexos e mostraram-se competentes nos conceitos [8].

Esta prática tem-se tornado cada vez mais escassa, devido principalmente ao alto custo de materiais didáticos. No entanto a implantação de experimentos de baixo custo, como simulações desenvolvidas por estudantes, pode ser tão eficaz na aprendizagem quanto à equipamentos sofisticados.

Os conceitos relacionados ao estudo da pressão se destacam entre os assuntos que são abordados na classe e que em geral não são tão assimilados pelos alunos. Em decorrência da necessidade de remediar esta carência, manômetros e piezômetros podem ser executados [9]. O piezômetro, consiste na incorporação de um tubo incolor no recipiente onde se deseja quantificar a pressão [10].

De modo a facilitar o aprendizado do aluno suprindo a necessidade de execução laboratorial da componente curricular Fenômenos dos Transportes, este trabalho tem como objetivo a aplicação de experimentos referentes a teoria apresentada na disciplina, que apresentam melhor Relação Custo-Benefício (RCB).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado pelos discentes matriculados no período 2019/1 na disciplina de Fenômenos de Transporte ofertada ao terceiro período de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Rondônia (UNIR). A turma foi dividida em grupos e cada grupo ficou responsável por desenvolver um experimento didático relacionado a conteúdos ministrados em sala.

O grupo estudado neste trabalho, ficou responsável por apresentar um medidor de pressão. Os integrantes do grupo construíram um manômetro e um piezômetro, exemplificados na Figura 1 e 2 respectivamente.

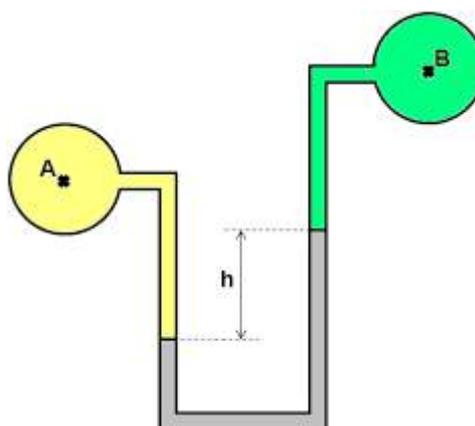


Figura 1 – manômetro.

Fonte: soseng.weebly.

Nota: h) diferença de cota, A e B) fluidos.

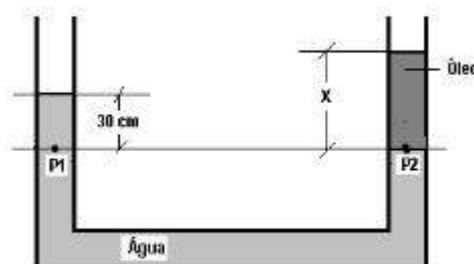


Figura 2 – piezômetro.

Fonte: Ebah.

Nota: P1) Pressão 1, P2 Pressão 2, X) Altura da coluna de óleo.

O manômetro foi construído com intuito de comprovar ao demais colegas o teorema de Stevin, conhecido como o teorema fundamental da hidrostática, baseando-se no seguinte princípio [11]: “A diferença de pressão entre dois pontos em um fluido em repouso é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de cota”, ou seja, a variação da pressão ocorre em função da altura e densidade do fluido e não horizontalmente.

O grupo expôs o experimento aos demais discentes da turma, retomando cálculos e fundamentos teóricos condizentes com sua experimentação.

Utilizou-se um manômetro de formato de “U”, que possuía uma mangueira transparente de 0,20 mm onde uma extremidade se manteve aberta a atmosfera, e do outro lado uma mangueira de mesmo diâmetro preso a um funil que fica submersa em recipientes de diferentes formatos e quantidade de água. Para demonstrar que a pressão em um fluido é dependente de seu peso específico e a profundidade, conforme Teorema de Stevin. O mesmo funil foi submetido nas mesmas profundidades em uma proveta e em um aquário de volumes diferentes.

Para a demonstração adicionou-se 10 L de água em um aquário e 1 L de água em uma proveta de plástico, sendo a ponta do funil submersa nos recipientes com água, a fim de concluir a verificação da pressão.

O procedimento de elaboração para um medidor básico de pressão, consiste basicamente, em “manômetro diferencial” em que o fluido utilizado no manômetro foi água, de densidade $0,997 \text{ g cm}^{-3}$.

Assim, no aquário foi mergulhado por duas vezes o funil conectado ao manômetro. Sendo que na primeira vez mergulhou-se a 5 cm da superfície e posteriormente por 10 cm. Simultaneamente observou-se o registro no manômetro diferencial. O mesmo procedimento foi realizado com a proveta.

Já o experimento que continha o piezômetro foi construído para entender os conceitos de perda de carga, medidas de pressão e vazão. No ensaio foi calculada a vazão que passa

pelo tubo de diâmetro conhecido, que continha dois piezômetros e observada as cargas de pressões nas vazões calculadas. Ambos os experimentos tiveram baixo custo que se deu em média R\$50,00.

Para quantificar a vazão, fez-se necessário o uso de uma proveta simples, utilizada para capturar a água que sai do sistema. Definiu-se o volume, e conseguinte mediu-se o tempo necessário para encher a proveta, após aberta torneira, com isto obteve-se a vazão, conforme Equação 1.

$$Q = \frac{vol}{t} \quad (1)$$

Onde:

- Q é a vazão em m³;
- Vol é o volume em m³;
- t é o tempo em s.

Para comportar os piezômetros, construiu-se um suporte de madeira. Os piezômetros (Pz1 e Pz2) foram ligados por um Tê a uma mangueira em posição vertical e uma tubulação de PVC com 20 mm de diâmetro de e 63 cm de comprimento. Para este experimento, utilizou-se o princípio da continuidade e o teorema de Bernoulli, descritos em [10].

Cada ensaio foi realizado da seguinte maneira: O fluido era direcionado ao experimento através de uma mangueira, oriundo de uma torneira. Para medição de vazão, coletou-se os dados quando o sistema se estabilizava e não ocorria oscilação, através do método da continuidade.

Após estabelecidas a vazão, mensurou-se as cotas piezométricas através da leitura dos piezômetros. Com isso, mediu-se as pressões e em seguida as perdas de carga, conforme as equações a seguir.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + \Delta H_{12} \quad (2)$$

Onde:

- P é a pressão em N m⁻²;
- V é a velocidade em m s⁻¹;
- g é a gravidade em m s⁻²;
- γ é o peso específico N m⁻³;

- z é a cota geométrica em m, e
- ΔH_{12} é a perda de carga em m.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diferente do que acontece nas aulas tradicionais, a realização dos experimentos resultou uma maior participação dos acadêmicos. Pode-se observar uma melhora significativa por parte dos alunos para assimilação e compreensão, principalmente, dos cálculos e processos físicos. Além disso, a construção dos equipamentos foi fácil e pouco onerosa, uma vez que necessitou-se apenas de materiais de baixo custo como mangueira, compensado e conexões hidráulicas, fita métrica, proveta e funil.

Em relação ao experimento de manometria, demonstrado na Figura 03, pode-se observar que à medida que o funil era submerso no aquário foi possível verificar o aumento de pressão registrado no manômetro diferencial.

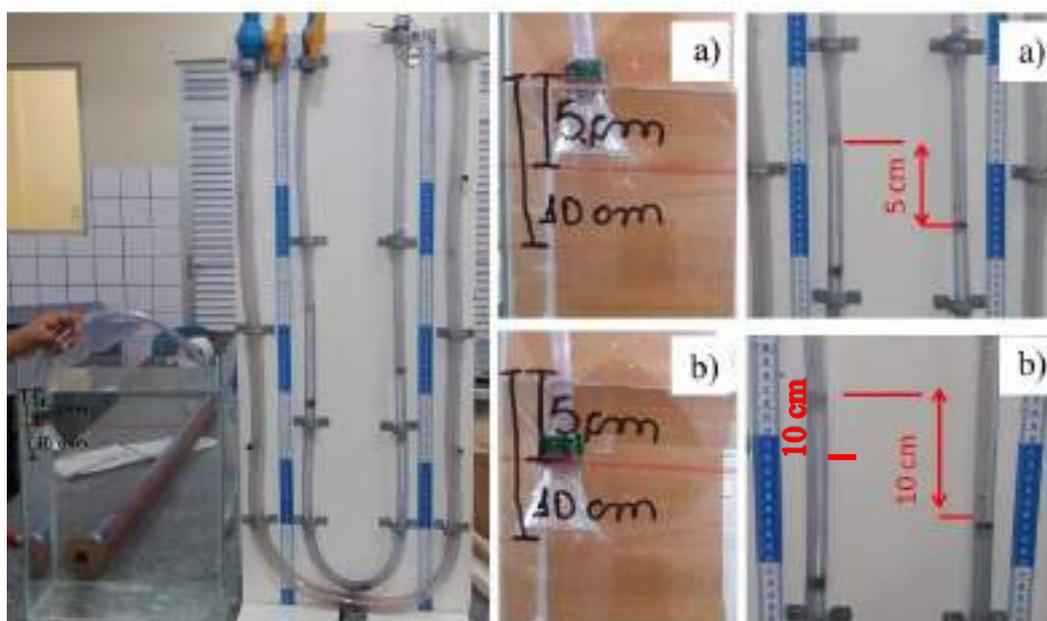


Figura 03 – Experimento Manômetro diferencial em “U”.

Nota: a) = ensaio com diferença de cinco centímetros, b) = ensaio com diferença de dez centímetros.

O experimento foi repetido na proveta e nas mesmas profundidades e observou-se o mesmo comportamento no manômetro conforme a Figura 04.

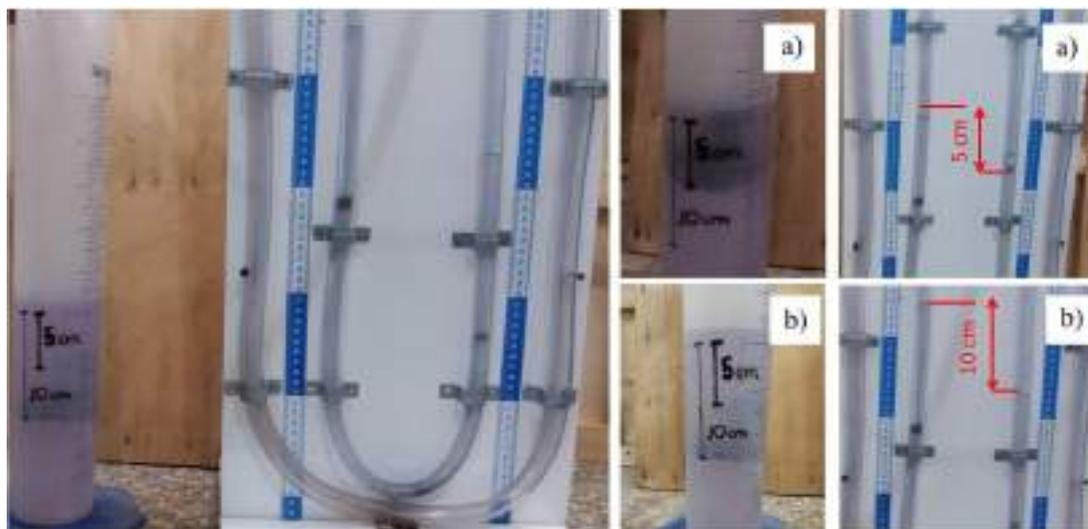


Figura 04 – Experimento em proveta do Manômetro diferencial em “U”.

Nota: a) = ensaio com diferença de cinco centímetros, b) = ensaio com diferença de dez centímetros.

Este experimento evidencia que o volume do recipiente não interfere na pressão a qual submete-se o funil, sendo esta variável alterada em função da cota geométrica, ou seja, a profundidade em que o funil é submerso.

Já em relação ao experimento dos piezômetros, aplicando a equação de Bernoulli (equação 2) e entendendo que as velocidades e as cotas nos pontos 1 e 2 são iguais, chegou-se a equação 3. Assim a diferença de carga de pressão entre os dois piezômetros nas vazões obtidas resulta na perda de carga no trecho analisado. A perda de carga conferida na Figura 3 é resultante de uma vazão de 0,091 L/s, tendo 5 cm como valor resultante para perda de carga.

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \Delta H_{12} \quad (3)$$



Figura 03 - Experimento didático piezômetros 1 e 2 para vazão de 0,091 L/s.

A Figura 4, notifica a perda de carga para uma vazão de 0,113 L/s. Conforme observado, à medida que aumenta a vazão, aumenta a perda de carga. Neste caso, a diferença foi de 1 cm a na perda de carga no caso 2.



Figura 04 - Experimento didático piezômetros 1 e 2 para vazão de 0,113 L/s.

Ressalta-se a importância do experimento para demonstrar os conceitos de piezômetro, medições de vazões volumétricas e perda de carga, facilitando o entendimento e possibilitando aos discentes um melhor desempenho na disciplina.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de experimentos didáticos no ensino de Fenômenos de Transporte mostrou ser uma alternativa eficaz para assimilação dos conceitos advindos da disciplina. O método utilizado proporcionou uma interação com a turma, possibilitando troca de conhecimentos e reduzindo a dispersão da atenção, que ocorre durante aulas teóricas. Além disso, a prática realizada pelo grupo integrou os acadêmicos ao contexto ensino-aprendizagem.

Observou-se que à medida que aconteceu a conexão da teoria à prática houve maior fixação dos conhecimentos. Vale ressaltar que sendo a aprendizagem um exercício contínuo é importante a aplicação de pressupostos que venham instigar o aluno.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SILVA, F.M. de C., Apolinario, M. da F., Siqueira, A.M.D.O., Candian, A.L.M., Moreira, L.A.F., Sarti, M.R., 2017. Experimento Didático De Reynolds E Conceitos Básicos Em Mecânica Dos Fluidos. **J. Eng. Exact Sci**, v. 3, p. 346–357.
- [2] ROMA; W. N. L. **Fenômenos de Transporte para engenharia**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2006.
- [3] FOX, R.W., McDonald, A.T., Pritchard, P.J. **Introduction to Fluid Mechanics**, LTC, Brasil, 1934.
- [4] PIETROCOLA, M. Curiosidade e Imaginação – os Caminhos do Conhecimento nas Ciências, nas Artes e no Ensino. In: CARVALHO, A.M.P. (ORG.). **Ensino de Ciências: unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. p. 119-133.
- [5] GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa, **Revista Química Nova na Escola**, p.198, v. 31, n. 3, Agosto 2009.
- [6] GOUVÊA, M. T; CASELLA, E. L; Regina Maria Matos JORGE, R. M. M. A importância da realização de experimentos para a construção de conceitos na formação de um engenheiro autônomo. In: **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, Brasília, 2004.
- [7] D'Angelo, J.V.H., Zemp, R.J. Teoria com prática. **Rev. Ensino Super**. v. 13, p. 6–7. 2014.
- [8] ALISON, R. B., Leite, A. E. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor. **Cadernos PDE**. v. 1. 2016.
- [9] SILVA, I. D. L; NASCIMENTO, R. F. F; SÁ, I. A. G; BRITO, A. M. S. S. Construção de um manômetro simples para abordar o conceito de pressão no ensino médio. In: **XXI Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Recife, 2013.

[10] BRUNETTI, Franco. Mecânica dos fluidos. 2. ed. rev. São Paulo: **Pearson Prentice Hall**, 2008. p. 431.

[11] QUEIROZ, G.; APOSTILA DE HIDRÁULICA I, tabela 04: massa específica da água e do mercúrio, em função da temperatura.

UTILIZAÇÃO DE ADSORVENTES ALTERNATIVOS PARA REMOÇÃO DE CORANTES EM ÁGUA

USE OF ALTERNATIVE ADSORVENTS FOR WATER COLOR REMOVAL

Matheus Fernando Rocha da Silva^{1*}, Ytalo Alves Pereira Amorim¹, Dara da Cunha Oliveira¹,
Jessica Lauany dos Santos Cesconetto¹, Elisabete Lourdes do Nascimento², Ana Lucia
Denardin da Rosa².

¹Discentes do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da (UNIR).

²Professora Dr^a do Departamento de Engenharia Ambiental da UNIR.

*Autor correspondente: matheusfernando761@gmail.com

RESUMO

A técnica de adsorção é amplamente utilizada para remover certas classes de poluentes das águas, especialmente aquelas que não são facilmente biodegradáveis, entretanto essa técnica é muito utilizada também para remoção de corantes, que representam um dos grupos problemáticos de poluentes, pois podem ser cancerígenos e são facilmente identificados quando lançados nos recursos hídricos sem o devido tratamento. O presente artigo tem sua finalidade realizar uma revisão de artigos em relação a adsorventes alternativos utilizados para a remoção de diversos corantes, fornecendo uma visão geral desses adsorventes e sua aplicação na remoção de corantes. A partir da revisão da literatura, constatou-se que alguns adsorventes, tem ampla disponibilidade, com rápida adsorção e excelente capacidade de adsorção. Além disso, foram elencadas vantagens e desvantagens do uso dos adsorventes pesquisados, bem como realizadas sugestões para futuras pesquisas nessa área.

Palavras-chaves: adsorventes, corantes, remoção.

ABSTRACT

Adsorption techniques are widely used to remove certain classes of pollutants from water, especially those that are not easily biodegradable, however this technique is also widely used to remove dyes, which represent one of the problematic groups of pollutants, as they may be carcinogenic and they are easily identified when released into water resources without proper treatment. This article aims to review articles on alternative adsorbents used for the removal of various dyes, providing an overview of these adsorbents and their application in dye removal. From the literature review, it was found that some adsorbents have wide availability, with rapid adsorption and excellent adsorption capacity. In addition, the advantages and disadvantages of using the adsorbents surveyed were listed, as well as suggestions for future research in this area.

Keywords: adsorbents, dyes, removal.

1. INTRODUÇÃO

Os corantes são substâncias com elevado potencial de aplicação nas mais diversas áreas, utilizados para colorir os produtos finais de industriais têxteis, de pedras preciosas, couro, papéis, plásticos e alimentos. Estima-se que são mais de 100.000 corantes sintéticos no mercado, com uma produção anual de mais de 700.000 toneladas em todo o mundo [1].

O estudo dos corantes naturais e o uso do mesmo começaram a ter novamente importância nos últimos anos, devido a grande taxa de questionamento da parte dos consumidores e de organismos internacionais de saúde pelo desorganizado uso dos corantes sintéticos, algumas empresas e indústrias têm escolhido pela auto exploração de corantes naturais [2].

Segundo [3], os corantes naturais são utilizados desde os primórdios da humanidade, porém foram suplantados aos poucos pelos corantes sintéticos, que são mais práticos. Tendo em vista as limitações no uso de corantes artificiais, algumas indústrias têm optado pela exploração crescente de corantes naturais.

Segundo [4, 5 e 6], os corantes artificiais são muito utilizados nos alimentos e têm sido cada vez mais utilizados no desenvolvimento de novos produtos, com o objetivo de melhorar aparência, aroma, sabor, cor, textura, valor nutritivo e conservação. Ao considerar que o aspecto visual é um fator importante para a seleção e escolha do produto, os corantes destacam-se entre uma das classes de aditivos imprescindíveis para a indústria alimentícia na conquista de mercados.

Entretanto, segundo [7], os maiores consumidores de corantes são indústrias têxteis, tinturaria de papel e celulose, além de curtume. Dessa forma, segundo [8], os efluentes coloridos, constituem um dos mais problemáticos a ser tratados, não só por suas propriedades, mas pela cor, que é o primeiro contaminante a ser reconhecido pelo ser humano. Além disso, os autores comentam que os corantes podem afetar significativamente a atividade fotossintética na vida aquática, reduzindo a penetração da luz e, podem ser tóxicos, devido à presença de compostos aromáticos complexos dificultando sua biodegradação.

Nesse sentido, a adsorção utilizando o carvão ativado é uma técnica mundialmente aceitável para tratamento de efluentes coloridos, pois apresenta alta eficiência e fácil operação, porém de alto custo. Porém [9], destaca que diversos adsorventes alternativos, provenientes de materiais naturais, vêm sendo estudados, a fim de diminuir o custo da operação, como: argilas, zeolitas, quitosanas, biomassas de microalgas, bactérias e fungos.

Segundo [10], os materiais residuais provenientes da agricultura e da indústria como: carvões ativados a partir de resíduos de madeiras, serragens, casca de arroz, cinzas volantes, podem ser aplicação como adsorvente utilizado na remoção de contaminantes, dado à sua

disponibilidade, caráter de produto renovável, exigência de pouco preparo e baixo custo para sua utilização.

Com isso, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise bibliográfica referente às técnicas de adsorção na remoção de corantes em corpos hídricos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A Adsorção tem sido o objeto de interesse dos cientistas desde o início do século, apresentando importância tecnológica, biológica, além de aplicações práticas industriais e na proteção ambiental, tornando-se uma ferramenta útil em vários setores [11].

O processo de adsorção se caracteriza por ser uma troca de massas, a qual o estudo é a habilidade de sólidos específicos em concentrar na sua área superficial determinada substância que está presente em fluidos tanto gasosos quanto líquidos, que ocasiona a separação de componentes dos fluidos. Uma vez que os componentes são adsorvidos, focados na superfície externa, quanto maior a área da superfície externa por unidade de massa sólida, mais será favorável a adsorção, por essa razão, grande maioria das vezes os adsorventes são sólidos com partículas porosas [12].

Quando se estuda a operação de adsorção, é importante realizar ensaio de caracterização dos adsorventes como a técnica de espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), utilizada antes e após a operação de adsorção, pois por meio dela é possível obter as informações sobre os grupos funcionais presentes nos adsorventes e para avaliar o mecanismo de remoção dos corantes.

No caso da adsorção de corantes por meio de microalgas as trocas iônicas ocorrem, pois as paredes das células das algas são constituídas principalmente de polissacáridos, proteínas e lipídios que oferecem muitos grupos funcionais incluindo grupos amino, carboxilo, sulfatos, fosfatos, e imidazóis que irão se associar aos corantes, detectados no FTIR [13, 8, 14].

Além disso, para caracterização morfológica a microscopia eletrônica de varredura (MEV), é realizada antes e após a operação de adsorção, na condição ótima de adsorção do corante, para verificar se ocorreram mudanças na superfície dos adsorventes.

Já para determinação da composição elementar na superfície dos adsorventes é utilizado o detector de dispersão de energia de raios-X, e para verificar a cristalinidade dos adsorventes a técnica de análise de difração de raios-X (DRX).

Segundo [15], as propriedades textuais dos adsorventes como: área de superfície, que é representada pela área por unidade de massa, o volume e tamanho dos poros, também são importantes na operação de adsorção, uma vez que a adsorção é um fenômeno de superfície. As técnicas como a aplicação da equação BET [16], à adsorção/dessorção de N₂ a 77 K a e metodologia descrita em [17], que é baseada na adsorção do corante azul de metileno, são muito utilizadas para determinação da área de superfície dos adsorventes.

O pH da solução de corante desempenha um importante papel em toda operação de adsorção, ele interfere na carga de superfície do adsorvente, no grau de ionização do material presente na solução e na dissociação de grupos funcionais sobre os sítios ativos do adsorvente e também na solução química do corante [18].

Dessa forma, espera-se que experimentos que utilizem adsorventes como algas, por exemplo, que possuam grupos reativos em sua estrutura (aminas, carboxilas e hidroxilas) sejam influenciados pelo pH, como demonstrado por diversos autores [13,19,14, 20]. Diferente do carvão ativo comercial, que não é influenciado pelo pH, uma vez que possuem estrutura inerte com ausência de grupos reativos. [9, 21, 7]

Assim para indicar se a superfície do adsorvente irá se tornar carregada positiva ou negativamente em função do pH é utilizado o ensaio do potencial de carga zero (pH_{PCZ}), ou o ensaio do potencial zeta, que representam o valor no qual a carga de superfície do adsorvente assume valor nulo. Assim, em valores de pH maiores que pH_{PCZ}, a adsorção de cátions é favorecida, pois a carga de superfície é negativa, quando o pH é menor que pH_{PCZ}, a carga de superfície é positiva, e assim favorecida a adsorção de aniônios. [22]

Segundo [23 e 24] a maioria das algas apresentam cargas de superfície carregadas negativamente, isso devido aos grupos funcionais que formam a parede celular das algas. Tal afirmação pode ser comprovada no trabalho de [25], que encontraram potencial de carga zero igual a 7 para *Spirulina platensis*, [26], que encontraram potencial zeta variando de (-35,4 ± 0,4 a -48,1 ± 0,9 mV) para as algas *Chlorella vulgaris*, *Pseudokirchneriella subcapitata*; *Synechocystis salina* e *Microcystis aeruginosa* e [27] encontraram para *Chlorella Pyrenoidosa* um potencial de carga zero de 6,79.

Outro fator que influencia na adsorção é a concentração inicial de corante, que segundo [14], fornece uma importante força motriz para superar toda resistência de transferência de massa de corante entre as fases aquosa e sólida. O aumento da concentração inicial de corante aumenta o número de colisões entre corantes e adsorventes, o que aumenta a adsorção, com uma maior quantidade adsorvida, porém quando os sítios ativos do adsorvente forem saturados a percentagem de remoção tende a diminuir, como demonstrado por [28 e 29],

que removeram malaquita verde utilizando biomassa seca de algas de *Vaucheria sp.* e *Chlorella sp.*, respectivamente.

Além disso, [15] comentam que a temperatura também pode alterar a operação de adsorção. O aumento da temperatura pode promover aumento a solubilidade do corante, e assim as forças de interação entre a água e o corante tornam-se mais forte do que as forças entre o corante e o adsorvente e conseqüentemente, é mais difícil que o corante seja adsorvido [31].

Além dessas características, para o correto dimensionamento e compreensão de um sistema de adsorção, utiliza-se a modelagem matemática como uma ferramenta que permite a obtenção de parâmetros de transferência de massa e de equilíbrio, auxilia na interpretação e análise dos dados experimentais, na identificação dos mecanismos envolvidos no processo de adsorção, na predição de respostas a mudanças de condições de operação, além de auxiliar na otimização dos processos.

Os estudos dos mecanismos de adsorção são realizados pelas isotermas, uma vez que, essas representam a relação entre a quantidade adsorvida por unidade de massa de solvente e a quantidade de soluto que permanece na solução em equilíbrio. Sendo possível determinar, em condições específicas, a quantidade máxima que o adsorvente pode remover de poluente, além de estimar a dosagem mínima de solvente para se obter o objetivo do tratamento. Nesse sentido, faz-se necessário analisar os dados experimentais e estabelecer uma correlação como modelos existentes, para descrever o equilíbrio de adsorção.

A adsorção é uma operação dependente do tempo, assim por meio de um modelo cinético é possível conhecer as resistências à transferência de massa na partícula do adsorvente, descrevendo a velocidade com que as moléculas de adsorvato são adsorvidas, além de esses modelos fornecerem informação sobre os fatores que afetam essas reações. [32]

Segundo [33], a dinâmica de adsorção sólido-líquido pode ser descrita por três etapas consecutivas, uma referente a fase líquida e as outras duas referente a fase sólida. Na primeira etapa a resistência a transferência de massa está na fase líquida e há transferência de massa externa, ou seja, transporte de soluto da solução através do filme líquido para a superfície externa do adsorvente (difusão na camada limite), a segunda é a difusão intrapartícula, caracterizada pela difusão do soluto no poros e superfície do adsorvente, assim a resistência a transferência de massa está na fase sólida e a última etapa é aquela que as moléculas de adsorvato são efetivamente adsorvidas sobre a superfície, no interior dos poros do adsorvente, devido a interações químicas ou físicas.

Existem diversos adsorventes alternativos, que vem sendo utilizados atualmente, pois existe uma diversidade de materiais que são descartados e que poderiam ser reutilizados como adsorventes. No Quadro 1 são apresentados alguns adsorventes alternativos.

Quadro 1- Adsorventes alternativos utilizados na remoção de diversos corantes e os valores de pH e concentração da solução de corante, temperatura, capacidade de adsorção do adsorvente e tempo necessário para o equilíbrio da adsorção.

| Adsorvente | Tipos de corantes | pH | Temperatura °C | Concentração de corantes (mg/L) | Quantidade adsorvida (mg/g) tempo(min) | Referências |
|--------------------------------|--------------------------|-----|----------------|---------------------------------|--|-------------|
| <i>Argila modificada</i> | Laranja de metila | 6,0 | 49°C | 200 mg/L | 344,82 mg/g (60 min) | [34] |
| <i>Casca de mandioca</i> | Azul de metileno | 6,0 | 50°C | 125 mg/L | 24,87 mg/g (180 min) | [35] |
| <i>Algas verdes</i> | Remazol Preto B | 2,0 | 35°C | 800 mg/L | 419,5 mg/g (240 min) | [8] |
| <i>Mesocarpo de coco verde</i> | Azul de metileno | 7,0 | 45°C | 6 mg/L | 166,7 mg/g (55 min) | [36] |
| <i>Cascara de arroz</i> | Vermelho básico 46 | 8,0 | 25°C | 20 mg/L | 18,1 mg/g (90 min) | [37] |
| <i>Casca de laranja</i> | Borgonha-16, | 6,0 | 80°C | 150 mg/L | 48 mg/g (270 min) | [38] |
| <i>Palmeira de óleo</i> | Azul de metileno | 7,0 | 28°C | 150 mg/L | 724,6 mg/g (120 min) | [39] |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> | Remazol azul brilhante R | 2,0 | 30°C | 1 mg/L | 45,7 mg/g (300 min) | [13] |
| <i>Jacinto de Agua</i> | Violeta de Cristal | 8,0 | 50°C | 500 mg/L | 322,58 mg/g (240min) | [40] |
| <i>Chlorella pyrenoidosa</i> | Rodamina B | 8,0 | 25°C | 100 mg/L | 54,2 mg/g (120min) | [41] |

| Mg- Miligramas | g- Gramas | L- Litros | Min- Minutos |
|----------------|-----------|-----------|--------------|
|----------------|-----------|-----------|--------------|

De acordo com o Quadro 1, nota-se que todos os adsorventes analisados são de origem orgânica, resíduos provenientes da agricultura e microalgas. O uso de Adsorventes alternativos é uma maneira, torna a adsorção ainda mais vantajosa.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem ainda diversos adsorventes alternativos que podem ser testados para remoção de corantes, entretanto faz-se necessário a investigação laboratorial das melhores condições para empregar tais adsorventes.

Salienta-se a importância dos estudos de caracterização dos adsorventes, para entender as composições químicas disponíveis nas paredes destes a fim de ter maior afinidade de ligação com os corantes, bem como os estudos do pH da solução dos corantes e do potencial de carga zero dos adsorventes.

4. REFERÊNCIAS

- [1] AL-FAWWAZ, A.T; ABDULLAH, M. Decolorization of Methylene Blue and Malachite Green by Immobilized *Desmodium* sp. Isolated from North Jordan. **International Journal of Environmental Science and Development**, v. 7, n. 2, p. 95–99, 2016.
- [2] GAMARRA, F; LEME, G; TAMBOUGI, E; BITTENCOURT, E. Extração de corantes de milho (*Zea mays* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, p. 62-69, 2009.
- [3] FABRI, E.G; TERAMOTO, J.R.S. Urucum: fonte de corantes naturais. **Rev Horticultura Brasileira**, v. 33, n.1, p. 1, 2015.
- [4] ASHFAQ, N; MASUD, T. Vigilância de cores artificiais em diferentes alimentos prontos para consumo. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 1, n. 5, p. 223-225, 2002.
- [5] CLYDESDALE, F.M. Color as a factor in food choice. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 1, p. 83-101, 1993.
- [6] SCHUMANN, S.P.A. *et al*; Avaliação do consumo de corantes artificiais por lactentes, pré-escolares e escolares. **Rev Food Science and Technology**, v.28, n.3, p. 1-2, 2008.
- [7] GUPTA, V. K.; SUHAS. Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 8, p. 2313–2342, 2009.
- [8] AKSU, Z; TEZER, S. Biosorption of reactive dyes on the green alga *Chlorella vulgaris*. **Rev Process Biochemistry**, v.40, n. 3-4, p. 1347 – 1361, 2005.

- [9] CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 9, p. 1061–1085, 2006.
- [10] OLIVEIRA, F.M; COELHO L.M; MELO, E.I. Avaliação de processo adsorptivo utilizando mesocarpo de coco verde para a remoção do corante azul de metileno. **Rev Matéria**, v. 23, n. 4 p. 2-3, 2018.
- [11] COONEY, 1999; CRINI, 2005; DABROWSKI, 2001;GURGEL, 2007; MCKAY, 1996; NASCIMENTO, R.F. *et al*; **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**, Fortaleza. p 13-15, 2014.
- [12] NASCIMENTO, R.F. *et al*; **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais** : RUTHVEN, 1984 *et al*. NASCIMENTO, 2014. Fortaleza. p 14-15, 2014.
- [13] ERGENE, A. *et al*. Removal of Remazol Brilliant Blue R dye from aqueous solutions by adsorption onto immobilized *Scenedesmus quadricauda*: Equilibrium and kinetic modeling studies. **Desalination**, v. 249, n. 3, p. 1308–1314, 2009.
- [14] MONA, S; KAUCHIK A; KAUCHIK, C. P. Waste biomass of *Nostoc linckia* as adsorbent of crystal violet dye: Optimization based on statistical model. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 65, n. 3, p. 513–521, 2011.
- [15] BHATNAGAR, A; JAIN, A.K.A. comparative adsorption study with different industrial wastes as adsorbents for the removal of cationic dyes from water. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 281, n. 1, p. 49–55, 2005.
- [16] BRUNAUER, S; EMMETT, P.H; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **J. Am. Chem. Soc.**, v. 60, n. 2, p. 309–19, 1938.
- [17] VAN DEN HUL, H.J e LYKLEMA, J. Determination os specific surface areas of dispersed materials. **Journal of the American Chemical Society**, v. 9, n. 12, p. 3010-3015, 1968.
- [18] CRINI, G; BADOT, P.M. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes usingbatch studies: A review of recent literature. **Rev Elsevier**, p. 399-447, 2008.
- [19] CHOJNACKA, 2010; Biossorção e bioacumulação - as perspectivas de aplicações práticas **Rev Elsevier** v. 3, n. 36, p. 299-307, 2010.
- [20] GULER *et al.*, 2016, Mono and simultaneous removal of crystal violet and safranin dyes from aqueous solutions by HDTMA-modified *Spirulina* sp. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 99, p. 194–206, 2016..
- [21] CRINI, G; BADOT, P.M. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes usingbatch studies: A review of recent literature. **Rev Elsevier**, p. 399-447, 2008.
- [22] CARDOSO, N.F. *et al*, 2012, Comparison of *Spirulina platensis* microalgae and commercial activated carbon as adsorbents for the removal of Reactive Red 120 dye from aqueous effluents. **Journal of Hazardous Materials**, p. 146-147, 2012.

- [23] CHEN, M. *et al* 2011. Study on adsorption and desorption properties of the starch grafted p-tert-butyl-calix [n] arene for butyl Rhodamine B solution. **Journal of Hazardous Materials**, v. 185, n. 3, p. 914-921, 2011.
- [24] DANQUAH, M.K. *et al*. Microalgal growth characteristics and subsequent influence on dewatering efficiency. **Chemical Engineering Journal**, v. 151, n. 1-3, p. 73-78, 2009.
- [25] CARDOSO, N.F; LIMA, E.C; DOTTO, G.L; PINTO, L.A. Comparison of *Spirulina platensis* microalgae and commercial activated carbon as adsorbents for the removal of Reactive Red 120 dye from aqueous effluents. **Journal of Hazardous Materials**, v. 242, p. 146-153 2012.
- [26] GONÇALVES, A.L. *et al*. Surface physicochemical properties of selected single and mixed cultures of microalgae and cyanobacteria and their relationship with sedimentation kinetics. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 2, n. 1, 2015.
- [27] HORNIK, M. *et al*. Continuous sorption of synthetic dyes on dried biomass of microalga *Chlorella pyrenoidosa*. **Chemical Papers**, v. 67, n. 3, p. 254-264, 2013.
- [28] KHATAEE, A. R. *et al*. Biotreatment of a triphenylmethane dye solution using a Xanthophyta alga: Modeling of key factors by neural network. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 42, n. 3, p. 380-386, 2011.
- [29] TSAI, W.T; CHEN, H.R. Removal of malachite green from aqueous solution using low-cost chlorella-based biomass. **Journal of Hazardous Materials**, v. 175, n. 1-3, p. 844-849, 2010.
- [30] FENG, T; XIONG, S; ZHANG, F. Application of cross-linked porous chitosan films for Congo red adsorption from aqueous solution. **Desalination and Water Treatment** 37-41, 2013.
- [31] SALLEH, M.A.M. *et al*. A. Cationic and Anionic Dye Adsorption by Agricultural Solid Wastes : A Comprehensive Review A comprehensive review. **Desalination** 280, 1-13, 2011.
- [32] HO, Y.S; MCKAY, G. The Kinetics of Sorption of Divalent Metal Ions Onto Sphagnum Moss Peat. **Water Research**, v. 34, n. 3, p. 735-742, 2000.
- [33] CHOONG, T. S. Y. *et al*. Film-pore-concentration-dependent surface diffusion model for the adsorption of dye onto palm kernel shell activated carbon. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 301, n. 2, p. 436-440, 2006.
- [34] GAMOUDI, S; SRASRA, E. Adsorption of organic dyes by HDPy⁺ - modified clay: Effect of molecular structure on the adsorption. **Rev Journal of Molecular Structure**. p. 552-531, 2019.
- [35] ARRIETA, A. A. *et al*; Adsorção de azul de metileno utilizando casca de mandioca (*Manihot esculenta*) modificada quimicamente com ácido oxálico. **Rev Ion**. p. 1-2, 2018.
- [36] OLIVEIRA, F. M; Coelho L. M; Melo, E. I. Avaliação de processo adsorptivo utilizando mesocarpo de coco verde para a remoção do corante azul de metileno. **Rev Matéria** v. 23, n. 4 p. 2-3, 2018.

[37] HERAZO, M.A; ROMERO, A.A; ANAGUANO, A. H. Remoción de rojo básico de um efluente têxtil simulado: um caso de aplicación de la cascarilla de arroz. **Rev Producción + Limpia**. v, 6. n, 1. p. 66-75, 2011

[38] NASCIMENTO, K. R. *et al*; Use of sweet ‘Pêra’ peel as na adsorbent in te treatment of textile effuents. **Rev Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v, 23.n, 9. p. 716-722, 2019.

[39] RAMÍREZ, A.P.*et al*; Preparação de carvão ativado a partir de resíduos de Palmeira de Óleo sua aplicação para remoção de corantes. **Rer colombiana de química: RAMÍREZ**, 2016. Colômbia. p 30-65, 2016.

[40] KULKARNI, M.R. *et al*; Removal of Crystal dye from aqueous solution using water hyacinth: Equilibrium, kintics and thermodynamics study. **Rev Resource-Efficient Technologies 3**, p, 71-77, 2017.

[41] ROSA, A.L.D. *et al*; Biosorption of rhodamine B dye from dyeing stones effluents using the green microalgae *Chlorella pyrenoidosa*. **Rev Journal of Cleaner Productions**, p. 1302-1310, 2018.