

ACD/CHEMSKETCH® EM INVESTIGAÇÕES DA BORRACHA: UM POLÍMERO VERSÁTIL DO COTIDIANO AO INUSITADO

ACD/CHEMSKETCH® IN RUBBER INVESTIGATION: A VERSATILE POLYMER FROM THE DAILY TO THE UNUSUAL

Rosália Andrighetto^{1*}, Marilei Menin Maciel², Maria Eduarda Rubi Cardoso³, Thiago de Cacio Luchese⁴

^{1*} Formada em Química Industrial e Química Licenciatura pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS –BR), mestre e doutora em Química pela UFSM, é docente na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo, RS – BR.

² Licencianda em Química na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo, RS – BR.

³ Estudante do 3º ano do Ensino Médio na Escola Estadual de Educação Básica Eugênio Frantz, Cerro Largo, RS – BR.

⁴ Bacharel, mestre e doutor em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), é docente na UFFS, campus Cerro Largo, RS – BR.

* Autora correspondente: email rosalia.andrighetto@uffs.edu.br

RESUMO

Este artigo é o recorte de um projeto científico-pedagógico em que os pesquisadores iniciantes (PIs) desenvolveram de modo cooperativo e participativo atividades de investigação de aspectos acerca da borracha, no que se refere a sua composição, estrutura, propriedades e aplicações (do cotidiano ao inusitado). Ao realizar esta pesquisa-ação junto aos estudantes do Ensino Médio buscou-se traçar contribuições metodológicas ao Ensino de Química mediado pelo ACD/Chemsketch® e contribuir com a comunidade de educadores químicos, indicando potenciais fontes de inspiração para abordagens contextualizadas no preparo e execução de suas aulas que vá ao encontro do disposto na Base Nacional Comum Curricular. Para tal, as conexões entre os conceitos e a integração entre atividades científicas, com mediação de Tecnologias da Informação e Comunicação, percorreram tanto o ambiente escolar quanto universitário. Tendo-se proporcionado a exploração de conexões entre os níveis microscópico e macroscópico por meio de equações químicas e promovido o aprofundamento nas compreensões acerca da representação dos eventos (físicos ou químicos) de forma: descritiva e funcional (macroscópico); simbólica (linguagem representacional); explicativa (microscópico). A partir desta vivência, evidencia-se que o emprego adequado do ACD/ChemSketch® como recurso tecnológico para mediar a construção das macromoléculas em ambientes de estudo foi de estimável valor. Tendo-se notado que a aproximação dessa natureza (entre docentes e PIs) tem despertado os envolvidos quanto ao interesse pelo saber científico e fazer docente.

Palavras-chave: ACD/ChemSketch®; borracha; Ensino Médio; PIBIC/EM.

ABSTRACT

This paper is a clipping of a scientific-pedagogical project in which the beginning researchers (BRs), the way cooperative and participatory, developed activities of the investigation of aspects regarding rubber, their composition, structure, properties and applications (from the daily to the unusual). When conducting this research with the students of High School, we sought to trace methodological contributions to the Teaching of Chemistry mediated by ACD/Chemsketch® and to contribute with the community of chemical educators, indicating potential sources of inspiration for contextualized approaches in the preparation and execution of his classes in agreement with *Base Nacional Comum Curricular*. For such, the connections between scientific concepts (involving the structure and properties of matter) and the integration between scientific activities (research and directed studies, readings and writings reflective), with the mediation of Information and Communication Technologies, contemplated both the school and university environment. Having provided the exploration of connections between the microscopic and macroscopic levels through chemical equations and promoted a deeper understanding of the representation of events (physical or chemical) in a way: descriptive and functional (macroscopic); symbolic (representational language); explanatory (microscopic). From this experience, it is evident that the proper use of ACD/ChemSketch® as a technological resource to mediate the construction of macromolecules in study environments was of considerable value. It has been noticed that the approach of this nature has sensitized those involved to the interest in scientific knowledge and teaching.

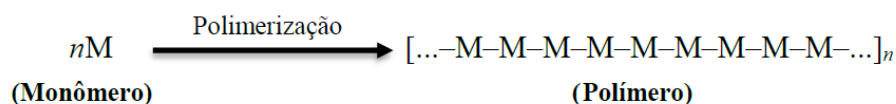
Keywords: ACD/ChemSketch®; rubber; High School; PIBIC/EM.

1 INTRODUÇÃO

O que são *polímeros*? Onde eles estão/onde são encontrados? Esses materiais são naturais ou sintéticos? Como são as suas cadeias: curtas ou longas? As moléculas que constituem os materiais poliméricos estão estiradas e alinhadas regularmente umas ao lado das outras ou enoveladas independentemente uma das outras? Que forças atuam entre as essas macromoléculas? O que é que acontece a um conjunto de moléculas gigantes quando aquecido, arrefecido ou estirado? Qual a semelhança entre o permanente de cabelo (muito usado no passado nos salões de beleza), a teia de aranha e a borracha vulcanizada? Um balão cheio de ar pode ser furado sem estourar? Tais questionamentos, que podem parecer, a priori, um tanto quanto intrigantes, referem-se à classe dos polímeros (materiais poliméricos) e nortearam o desenvolvimento de um projeto científico-pedagógico, o qual foi conduzido com a participação ativa de uma estudante do Ensino Médio (EM) e cujos recortes são apresentados no presente artigo.

O termo “*polímero*” é empregado para classificar macromoléculas (grandes arquiteturas moleculares) formadas por unidades moleculares (meros) unidas por ligações químicas covalentes e estáveis que se repetem ao longo de uma cadeia polimérica [1]. A estrutura química da unidade molecular fundamental formadora de uma cadeia polimérica é denominada monômero (M) – unidades de repetição; sendo o polímero genérico [...-M-M-(M)_n-M-M-...] uma macromolécula construída pela junção de inúmeras pequenas moléculas (*n*M) em um processo de união chamado reação de polimerização (Figura 1), onde *n* representa o grau de polimerização (*n* > 10⁴). Dessa forma, inúmeras entidades químicas (iguais ou diferentes), interligadas entre si, formam uma construção macromolecular com propriedades físico-químicas diferentes daquelas das moléculas iniciais (monômeros).

Figura 1 – Representação genérica de processo de polimerização.



Fonte: Própria, 2019.

A sinalização da existência de macromoléculas foi uma hipótese levantada inicialmente por volta de 1920 pelo químico Staudinger (cuja tese foi severamente criticada e contestada

pelos pesquisadores da época, tendo sido reconhecida a importância do seu trabalho sobre o conceito de polímeros anos mais tarde, ao receber o prêmio Nobel de Química em 1953) [2]. A partir de então, foi possível o (re)conhecimento de muitas substâncias macromoleculares (naturais e sintéticas). E, nas últimas décadas, refletindo as necessidades de nossa moderna e complexa sociedade, constatam-se o intenso aprimoramento de materiais tradicionais e o desenvolvimento de novos materiais, entre eles os poliméricos.

A presença inextricável no nosso dia a dia e as consequências ambientais e socioeconômicas associadas à produção, ao uso e ao descarte de polímeros implica em ser de suma relevância que se direcionem atenções à exploração didático-pedagógica da temática pertinente à dinâmica de polímeros no decorrer do percurso formativo da Educação Básica. O que pode ser uma forma de contribuir para que a população, como um todo, não desconheça o significado de polímeros como matéria-prima de produtos manufaturados e, tão pouco, careça da noção quanto à grande quantidade de materiais poliméricos que são consumidos e, também, quanto ao descarte – que precisa ser adequado para cada tipo de material.

Considerando a vasta gama de especificidades da temática que envolvem as questões levantadas no início desta seção e diante de possíveis (e recorrentes) carências (seja de ordem temporal ou de qualquer outra natureza) para o desenvolvimento de discussões mais amplas nas salas de aulas, o processo de inserção acadêmico-científica da estudante do EM, como pesquisadora iniciante (PI) e agente multiplicadora de conhecimentos junto aos seus pares, consistiu em uma estratégia metodológica promissora para que se vá além do que os livros didáticos abordam, de modo a desenvolver também habilidades como concentração, organização, interação, cooperação e interpretação de dados históricos e científicos. Ao divulgar este artigo e expor o nosso engajamento, buscamos uma forma de mobilizar, fomentar e multiplicar ações dessa natureza para uma Educação Científica já no nível médio de escolarização.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) apresentam papel significativo na vida e, portanto, na formação do cidadão. Diante desse contexto, e frente à “sociedade da informação”, intencionando que os meios tecnológicos não sejam apenas mais um modismo a entrar nas salas de aulas (seja do nível fundamental, básico ou superior), têm sido avaliadas as potencialidades em torno das TIC [3-9] e de suas aplicações nas diferentes modalidades e níveis

de ensino e, de modo geral, busca-se problematizar como as TIC podem contribuir para renovar o ensino tradicional visando a produção de conhecimentos, levando-se em conta, por exemplo, que:

[...] os meios informáticos oferecem acessos a múltiplas possibilidades de interação, mediação e expressão de sentidos, propiciados, tanto pelos fluxos de informação e diversidade de discursos e recursos disponíveis – textuais, visuais e sonoros – como pela flexibilidade de exploração [10, p. 1].

Especificamente em relação aos softwares didáticos, esses, apresentando um visual criativo e moderno, podem contribuir em abordagens educacionais para proporcionar o estudo dos conteúdos específicos de química mais atraente e interessante, fazendo com que o aprendizado seja eficaz [6], [11]. Tais recursos tecnológicos podem, a partir da visualização e manipulação, possibilitar ao aluno uma nova alternativa de interpretação de conceitos ou fatos que são normalmente relacionados apenas teoricamente no âmbito microscópico, propondo-se, assim, um estreitamento da relação entre os aspectos macroscópicos e microscópicos [8].

Nesse contexto, o EM tem por objetivo formar cidadãos alfabetizados cientificamente, ou seja, que possuam significados claros de conhecimentos científicos básicos para que possam utilizá-los de modo consciente ao longo de sua vida no cenário atual fortemente influenciado pelas Ciências e Tecnologias. O Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, por sua vez, em seu comprometimento com o perfil do egresso que contemple as novas demandas profissionais diante do contexto educacional brasileiro, busca qualificar o egresso atentando para uma formação qualificada em Química para atuar como docente na Educação Básica, no âmbito do ensino, da gestão educacional e da coordenação pedagógica e dos processos de produção e difusão do conhecimento [12]. Somando-se a isso, conforme o disposto no Art. 3º das Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura de graduação plena (Resolução CNE/CP 1/2002), tem-se que:

A formação de professores que atuarão nas diferentes etapas e modalidades da educação básica observará princípios norteadores desse preparo para o exercício profissional específico, que considerem: I - a competência como concepção nuclear na orientação do curso; II - a coerência entre a formação oferecida e a prática esperada do futuro professor, tendo em vista: a) a simetria invertida, onde o preparo do professor, por ocorrer em lugar similar àquele em que vai atuar, demanda consistência entre o que faz na formação e o que dele se espera [...] [13, p. 31].

3 JUSTIFICATIVA E PROBLEMATIZAÇÃO

Considerando alguns pontos, como: *i*) a relevância e o uso indispensável das TIC na articulação entre conteúdos específicos (em todos os níveis e modalidades de ensino); *ii*) o papel fundamental da Universidade no que se refere à promoção de ações que venham a contribuir para a implantação e a manutenção do uso consciente e eficiente das TIC no contexto da educação (formal e não formal); *iii*) a importância do desenvolvimento de um trabalho científico como ferramenta pedagógica valiosa para o aprofundamento dos conhecimentos iniciais dos pesquisadores iniciantes (PIs), e que *iv*) tais aspectos representam significativo valor educacional para a alteração de concepções e estratégias nas Instituições de Ensino Superior (IES) e, por conseguinte, nas escolas de Educação Básica e junto à sociedade, apresenta-se o recorte de um projeto científico-pedagógico norteado pelo seguinte questionamento: *“Como o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação pode contribuir para a articulação entre conteúdos de química e (re)conhecimentos acerca da temática “polímeros”, por parte dos alunos do Ensino Superior e da Educação Básica?”*. Nessa perspectiva, visou-se contribuir para a formação de sujeitos reflexivos e motivados a inserir-se na pesquisa científica como protagonistas capazes de participar ativamente da sociedade tecnológica atual, tomar decisões críticas e ter condições para responder a questões como as perguntas levantadas no início desta seção.

Assim, pressupondo-se que abordagens educacionais mediadas por recursos das TIC podem se configurar alternativas promissoras para atrair a atenção dos estudantes e alavancar o gosto pelo aprofundamento no estudo de diversos assuntos que são relevantes no cotidiano, porém muitas vezes abordados (quando são abordados) com tempo limitado nas salas de aulas, e entendendo também a “importância de possibilitar espaços para os estudantes fazerem uso da linguagem química em diferentes situações num processo orientado pelo professor” [14, p. 319], bem como considerando a Universidade um espaço provedor de conhecimentos e de incentivo à Educação Científica qualificada de estudantes no nível médio de escolarização [15], como estratégia inicial ofereceu-se a uma estudante do EM um espaço-tempo para a pesquisa investigativa no âmbito universitário, orientada por professores universitários, de forma a promover, conseqüentemente, ações que se repercutissem também no espaço escolar.

Para tal, delinear-se ações conjuntas entre professores e estudantes, visando-se simultaneamente a formação continuada dos professores envolvidos e a Educação Científica dos sujeitos estudantes, com pretensões para desenvolver conexões entre conceitos científicos (envolvendo a estrutura e propriedades da matéria) e a integração entre atividades científicas

(pesquisa e estudo dirigidos, leituras e escritas reflexivas) com a mediação das TIC, tanto no ambiente escolar quanto universitário.

3.1 OBJETIVOS

A concepção e organização do projeto científico-pedagógico (do qual resulta este artigo) foram orientadas pelo propósito inicial e fundamental de disponibilização do espaço científico universitário para tornar a prática da pesquisa científica como um momento pedagógico rotineiro na formação escolar de alunos já no nível médio de escolarização e na formação acadêmica de licenciandos do Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo. E, dessa forma, aproximar (na universidade) os sujeitos dos três níveis de ensino: professores de nível superior, licenciandos e estudantes do EM.

A escolha da temática central foi inspirada nos dados descritos na literatura que expõe a presença do conceito integrador “polímeros” no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Sendo assim, considerando a importância da dinâmica de materiais poliméricos como sendo uma temática abrangente e diversificada com potencial para subsidiar e estruturar o processo de (re)construção e consolidação de conhecimentos de química na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS) e Ambiente (CTSA), teve-se por objetivos específicos *i*) inserir alunos do EM no espaço universitário, promovendo a iniciação ao conhecimento científico-acadêmico químico e de aplicações tecnológicas; *ii*) desenvolver conexões entre conceitos teóricos e práticos envolvendo estrutura e propriedades da matéria, inter-relacionando assuntos da área de Química, mais especificamente da Química Orgânica e a Físico-Química, na perspectiva CTS/CTSA; *iii*) aprofundar e aperfeiçoar conhecimentos iniciais dos PIs, em formação escolar básica e acadêmica, proporcionando aos PIs a qualificação no âmbito da pesquisa científica, elaboração de artigos científicos e materiais/recursos didático-pedagógicos, e *iv*) explorar e disseminar o emprego do software ACD/ChemSketch^{®1}, expor seus desafios e potencialidades como alternativa didática para representações químicas precisas frente aos estudos de estruturas moleculares poliméricas tridimensionais.

Deste modo, por meio de uma breve exposição, este artigo intenciona destacar a utilidade do software ACD/ChemSketch®, demonstrar e disseminar o seu uso como potencial subsídio tecnológico para a construção de processos didáticos em uma concepção dialógica e visual para o ensino-aprendizagem de química. Temos por intenção tornar público as nossas experiências, que favoreceram e fortaleceram a construção e socialização de conhecimentos conceituais e científicos e, assim, difundir ideias para novas propostas para o ensino de

polímeros, mobilizar, fomentar e multiplicar ações desta natureza.

4 METODOLOGIA

No aspecto metodológico, essa pesquisa-ação, de caráter educacional exploratório-propositivo, foi empreendida de maneira conjunta entre professores pesquisadores (PPs) e pesquisadores iniciantes do Ensino Superior (PIs/ES) e do EM (PIs/EM), promovendo-se a promoção contínua do intercâmbio de experiências formativas entre os PPs (visando a formação continuada), os PIs/ES (servindo como instrumento qualificador para a formação inicial) e os PIs/EM (para uma educação científica).

Para estruturar a síntese expositiva do percurso trilhado no decorrer das ações – delineadas e previstas em um projeto científico-pedagógico fomentado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PRO-ICT/UFFS) para o EM e PIBIC-EM/CNPq/2018-2019 – e guiar o leitor, enfatizamos os dois cenários formativos: *i*) o do espaço-tempo na universidade, onde as ações orientadas foram gradualmente desenvolvidas no contra turno das atividades regulares de aula escolar da estudante bolsista PIBIC-EM, com orientações semanais durante seis meses para a formação científico-acadêmica dessa bolsista e o planejamento pertinente às ações a serem desenvolvidas no espaço escolar, tendo em vista o alcance formativo dos demais estudantes (partícipes interessados e voluntários); *ii*) o do espaço-tempo escolar, âmbito de atuação da estudante bolsista como agente das ações e multiplicadora de conhecimentos junto aos seus pares. Houve orientação e estímulo diretos ao compartilhamento de informações e aprendizagens junto aos pares da bolsista PIBIC-EM no decorrer desses seis meses. Para além das mediações dialógicas, a disseminação do conhecimento também se deu pelo empreendimento de uma oficina didática no contra turno das atividades regulares em sala de aula.

Entendendo a importância da dinâmica de materiais poliméricos como uma temática abrangente e diversificada, com potencial para subsidiar e estruturar o processo de (re)construção e consolidação de conhecimentos químicos na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS) e Ambiente (CTSA), já no nível básico de escolarização, para desenvolver um percurso formativo pelo qual a bolsista PIBIC-EM viesse a formular respostas cientificamente corretas a questionamentos como os levantados no início deste artigo, escolheu-se explorar a borracha como tema estruturante para a abordagem acerca da dinâmica química de polímeros (conceitos científicos, aplicações, processos e propriedades físico-químicas).

E, por suas potencialidades, o software livre ACD/ChemSketch[®] foi selecionado como recurso tecnológico para mediar a construção da linguagem química na representação estrutural de moléculas, em associação com os desenhos à mão livre e ao kit modelo molecular. O ACD/Chemsketch[®] é uma interface inteligente voltada para o desenho químico, e destaca-se por ser um software gratuito, acessível, de fácil instalação e de grande utilidade prática, pelo qual é possível explorar uma diversidade de aspectos da química, como: construção de estruturas moleculares; estudo dos mecanismos de reações; verificação do ângulo entre as ligações com um paralelo às correspondentes energias de ligação; cálculos de propriedades físico-químicas (massa, fórmula centesimal, volume molar, índice de refração, tensão superficial, constante dielétrica, densidade, entre outros cálculos); observações tridimensionais (3D) de isomeria geométrica *cis/trans*; numeração de cadeia carbônica com paralelo à nomenclatura dos compostos; verificação do banco de dados de diversas macromoléculas e exemplos de instrumentos/vidrarias de laboratório.

Salientamos que, para facilitar o entendimento de suas funcionalidades por parte da bolsista PIBIC-EM, as atividades empreendidas por mediação do software ACD/ChemSketch[®] tiveram como ponto de partida a manipulação desse recurso pela bolsista inicialmente de forma livre, tomando-se por base o “Guia Prático de Utilização do ChemSketch[®]”² como material de apoio e, posteriormente, sendo orientada.

Quanto aos procedimentos metodológicos das ações preconizadas no Quadro 1, o projeto foi estruturado e desenvolvido com base nos três momentos pedagógicos [16], a saber: *i) 1º momento*: diálogos e questionários iniciais nortearam a investigação e levantamento dos conhecimentos iniciais dos PIs, permitindo aos PPs reflexões contínuas sob um olhar para o nível médio de escolarização; *ii) 2º momento*: estudos dirigidos apoiados na manipulação do software ACD/ChemSketch[®] em associação com a manipulação representativa a partir do kit modelo molecular conduziram à construção e à aplicação do conhecimento; *iii) 3º momento*: após a execução de cada atividade, avaliou-se a assimilação do conhecimento, levantando-se as dificuldades apresentadas na etapa anterior (sem a intervenção) e posterior (após a ação), com o objetivo de constatar as contribuições das ações desenvolvidas. A avaliação da metodologia desenvolvida, mediada por questionários finais e diálogos, permitiu a recapitulação e sistematização do conhecimento.

Quadro 1 – Síntese das principais ações empreendidas no decorrer do projeto.

Cenário formativo 1: educação científica no ambiente universitário

Ação 1 – Estudos dirigidos orientados por revisões da literatura científica acerca da abordagem histórica e da dinâmica química da classe de compostos designada “polímeros”: exploração de conceitos científicos, processos e propriedades físico-químicas, com ênfase nas implicações e aplicações de polímeros do cotidiano ao inusitado.

Ação 2: Escrita de textos-guias abrangendo os conhecimentos adquiridos.

Ação 3 – Familiarização com o software ACD/ChemSketch® com um olhar inicial para o material de apoio “Estudo do Guia Prático de Utilização do ChemSketch®: Atividade: Construção de arquiteturas moleculares químicas 2D e observações 3D de isomeria geométrica *cis/trans*, identificação de funções orgânicas e estudo de reações de obtenção de polímeros (polimerização).

Ação 4 – Elaboração de material e planejamento de uma oficina didática.

Ação 5 – Apresentação do trabalho desenvolvido em um evento a ocorrer na instituição.

Ação 6 – Colaboração na escrita de um artigo científico demonstrando os conhecimentos adquiridos com a execução do projeto científico-pedagógico.

Cenário formativo 2: aplicação e disseminação de conhecimentos no ambiente escolar

Ações indiretas – Interações dialógicas para a disseminação e multiplicação de conhecimentos.

Ação direta – Desenvolvimento da oficina didática mediada pela temática central “borracha: um polímero versátil do cotidiano ao inusitado” e com o subsídio do software ACD/ChemSketch®, visando a capacitação dos participantes quanto a aspectos conceituais e operacionais desse software.

Intencionando também oportunizar a capacitação aos demais estudantes do EM quanto a aspectos conceituais e operacionais do software ACD/ChemSketch®, as ações da bolsista foram direcionadas à elaboração e desenvolvimento de uma oficina didática junto aos interessados. Durante a realização da oficina, com duração de 4 horas, os diálogos foram embasados por textos-guias e os dez participantes manipularam ativamente o software com o auxílio da bolsista PIBIC-EM. Especificamente, para essa oficina adotou-se como temática central a “borracha: um polímero versátil do cotidiano ao inusitado”, tendo-se explorado saberes (populares e científicos) que envolveram as subáreas do conhecimento Química Orgânica e Físico-Química, com ênfase em aspectos associados às consequentes implicações científicas e em questões históricas, tecnológicas, ambientais, econômicas e sociais (QHTAES) decorrentes da (re)utilização, descarte e reciclagem de polímeros (em especial a borracha).

Em especial, tratamos de questões pertinentes à Química Orgânica, propriedades físico-químicas e implicações decorrentes de QHTAES referentes à borracha, pela mediação dialógica e visual, tendo-se explorado a construção de arquiteturas moleculares químicas bidimensionais (2D) e observações 3D de isomeria geométrica *cis/trans* (por meio do software

ACD/ChemSketch[®] e Kit modelo molecular). Tratar dessa temática no processo de ensino-aprendizagem, em geral, configura-se uma tarefa extremamente complexa devido à intrínseca abstração associada e conseqüente dificuldade quanto às interpretações corretas e adequadas que se fazem necessárias, o que é profundamente agravado quando o processo é conduzido apoiando-se apenas na ilustração baseada no emprego da representação 2D nos tradicionais quadros escolares ou folhas de cadernos.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando-se que existem implicações científicas e importantes QHTAES em praticamente todas as etapas de vida de um produto químico orgânico, que vai desde o uso de matérias-primas até a sua destinação final, empreendemos uma proposta didática de ensino contextualizado em que o software ACD/ChemSketch[®] subsidiou e aprofundou conhecimentos sobre polímeros, com abordagem aos diferentes aspectos do ensino, como: as relações entre o conhecimento – comum, escolar e científico (sobre polímeros), as interações e o discurso em sala de aula e em ambientes de estudo, a argumentação em questões sociocientíficas e a abordagem CTS/CTSA, tendo-se fomentado discussões envolvendo o consumo, descarte, reciclagem, reutilização da borracha e o meio ambiente (fauna e flora), a exemplo da possibilidade da incorporação dela para a pavimentação asfáltica no Brasil.

Na apresentação dos resultados e considerações, para darmos ao leitor acesso imediato a questões relevantes acerca da borracha e, também, como uma forma de enfatizar e sugerir a abordagem a tais conteúdos quando na tratativa deste assunto (polímeros), assim como o fizemos, disponibilizamos também as escritas organizadas em quatro textos-guias, similarmente aos que serviram de base para a mediação dialógica durante a realização da oficina (com adaptações pertinentes à exposição do presente artigo), a saber: Texto-guia 1 – A borracha: um marco histórico; Texto-guia 2 – Do látex à borracha: constituição, estrutura, propriedades e aplicações; Texto-guia 3 – Investigando a borracha: do cotidiano ao inusitado, um polímero versátil; Texto-guia 4 – A química do permanente de cabelo, da teia de aranha e da borracha vulcanizada: destacando suas semelhanças.

A problematização e a mediação teórica que conduziram as etapas de evolução do projeto, que culminaram na realização da oficina didática e que resultaram na construção das seções descritas a seguir, tiveram por elementos norteadores os questionamentos levantados na Seção 1.

5.1 A OFICINA DIDÁTICA – BORRACHA: UM POLÍMERO VERSÁTIL DO COTIDIANO AO INUSITADO

Um balão de festa cheio de ar pode ser furado sem estourar? Ou seja, é possível atravessar esse balão com um instrumento pontiagudo (como uma agulha de tricô ou palitinho de churrasco) e mantê-lo por um tempo sem que ele estoure? Tal questionamento foi inicialmente levantado e nenhum dos dez participantes da oficina sugeriu a possibilidade de que tal fato fosse factível. Salientamos não nos limitamos a quantificar quantos foram os estudantes (tanto do EM quanto do ES) questionados no decorrer do projeto visto que, por uma questão de curiosidade, a pergunta foi sendo levantada e se disseminou de forma incalculável, mas o retorno que tivemos foi sempre da afirmação negativa. O que nos deu, enquanto professores, um instigante ponto de partida para suscitar e fomentar discussões. E, você, como reagiria se o tradicional balãozinho de festa estivesse decorando uma festa de aniversário de uma forma inusitada: pendurado/preso e contendo um palitinho de churrasco no seu interior (com suas extremidades expostas fora a fora, semelhante ao exemplo ilustrado na Figura 2)?

Figura 2 – Demonstração do palito no balão.



Fonte: Própria, 2019.

A partir da problematização inicial, a evolução da oficina didática foi consolidada por discussões mediadas pela bolsista PIBIC-EM, orientadas por textos-guias, de forma a englobar informações contidas nos textos que apresentamos a seguir; após os momentos de mediações dialógicas foram desenvolvidas atividades práticas com a aplicação dos conhecimentos químicos apoiada no uso do software ACD/Chemsketch® e do kit modelo molecular. Uma descrição da oficina didática quanto aos elementos textuais, ações e observações está sintetizada no Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese dos principais elementos de mediação textual, de ações e observações da oficina didática.

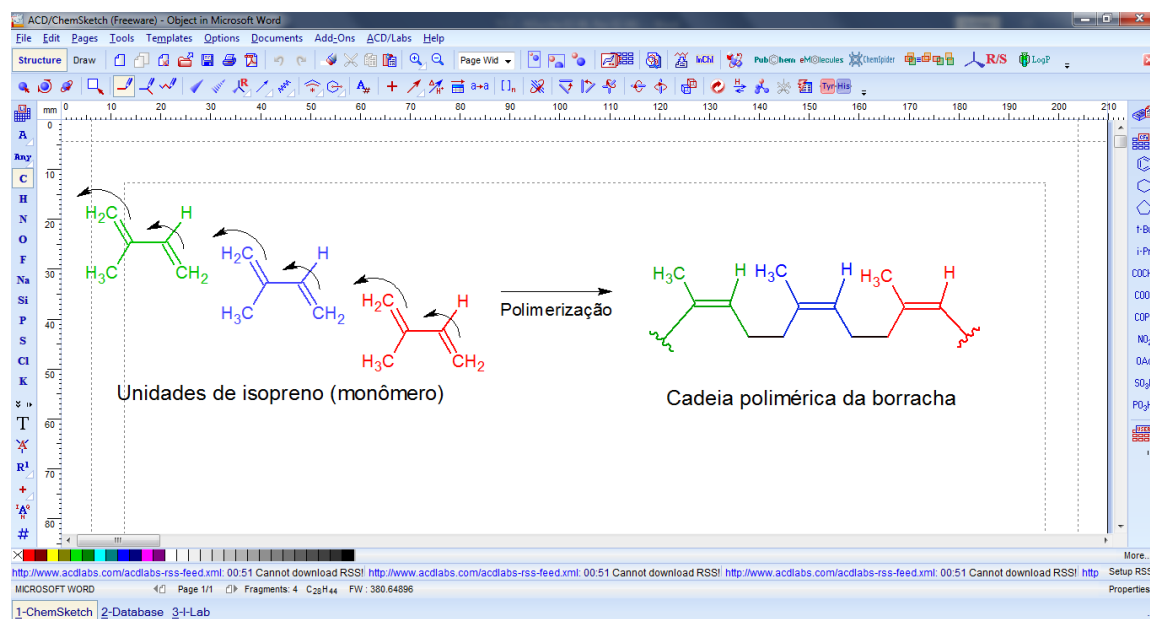
Oficina didática – Borracha: um polímero versátil do cotidiano ao inusitado		
Duração: 4 horas	Número de participantes: 10 estudantes do ensino médio	
Questionamento inicial: <i>Um balão de festa cheio de ar pode ser furado sem estourar? É possível atravessar esse balão com um instrumento pontiagudo (como uma agulha de tricô ou palitinho de churrasco) e mantê-lo por um tempo sem que ele estoure?</i>		
Materiais e métodos: Balões de festa; palitinhos de churrasco e/ou agulha de tricô; computadores e/ou notebooks; kit modelo molecular; quadro; giz; papel; caneta.		
Textos-guias: Mediação teórica	Atividades: Aplicação do conhecimento	Observações: Resultados imediatos
Texto-guia 1: A borracha: um marco histórico	Atividade 1: Levantamento de exemplos de materiais que se constituem de borracha.	Por estímulo da mediadora da ação, surgiram inúmeros exemplos da presença da borracha no dia a dia, tendo-se demonstrado a diversidade de aplicações da borracha no cotidiano dos mais variados setores da nossa sociedade (conforme Figura 4). Após a primeira dinâmica, as expressões mais comuns dos estudantes podem ser retratadas pela colocação: <i>Logo no início fiquei me perguntando se, além da borracha, há outros materiais poliméricos. Não sabia o que eram polímeros e agora sei que estamos cercados por eles!</i>
Texto-guia 2: Do látex à borracha: constituição, estrutura, propriedades e aplicações	Atividade 2: Desenhar as estruturas moleculares bidimensionais e tridimensionais do isopreno (a), poli-isopreno 1,4-cis (b) e 1,4-trans (c) na interface do software ACD/Chemsketch® e reproduzir na construção estrutural usando o kit modelo molecular. Atividade 3: Empregar o software ACD/Chemsketch® para representar um esquema da polimerização de unidades isopreno. Atividade 4: Na interface do software ACD/Chemsketch® representar o processo	No início desta segunda dinâmica, tomou-se por referência a exploração das representações requeridas na atividade 2 efetuadas por meio dos tradicionais conjuntos quadro-giz e papel-caneta e, sequencialmente, procedeu-se a execução dessas atividades (conforme exemplificado no Quadro 2 e nas Figuras 5 e 6), sob a orientação da mediadora da ação. Seguindo-se essas ações pôde-se notar, de imediato, que uma significativa solidez à fala inicial foi proporcionada pelas expressões estruturais na interface do software ChemSketch® em associação com o kit modelo molecular. Manipulações dessa natureza possibilitaram o acesso prático para a assimilação e concretização dos novos conhecimentos que estavam sendo tratados. Sentimos que a mediação foi facilitada, conforme as diversas falas dispensadas pelos estudantes que convergem em unanimidade e podem ser reunidas de forma resumida no relato da agente das ações: <i>agora será muito mais fácil entender o que o professor está dizendo quando desenha ou fala sobre ligações, ângulos, projeções e isomerias, porque com essas atividades foi mais simples para</i>

	químico de vulcanização da borracha.	<i>compreender a representação e o significado das estruturas e reações químicas, além do que, o próprio conteúdo associado fez com que se aprendesse sobre os polímeros, em especial, a borracha.</i> Assim, com o emprego do software tornamos viável e extremamente acurado o processo de tradução da linguagem química e abstrata ao visual estruturalmente correto.
Texto-guia 3: Investigando a borracha: do cotidiano ao inusitado, um polímero versátil	Atividade 5: Imaginar como seria se pudéssemos observar as moléculas de uma amostra de borracha relaxada e outra amostra esticada e ilustrar uma representação genérica que poderia indicar essas duas hipóteses.	Exercitando-se a imaginação por meio da atividade 5, foi possível introduzir o estudante ao pensamento da abstração quanto à disposição das macromoléculas e nas suas formas de representação. Um exemplo resultante pode ser observado na Figura 7.
Texto-guia 4: A química do permanente de cabelo, da teia de aranha e da borracha vulcanizada: destacando suas semelhanças	Atividade 6: Tentar realizar a inserção do palitinho no balão e fornecer explicações para o que for observado. Atividade 7: Representar genericamente as cadeias poliméricas de um balão vazio ou cheio de ar	A associação entre a ação prática da inserção do palitinho no balão (Atividade 6, Figura 8), as representações estruturais químicas (Atividades 3 e 4, Figuras 5 e 6) e genéricas imagináveis efetuadas (Atividades 3 e 4, Figuras 7 e 9), consolidaram-se como atividades que permitiram conduzir os estudante a transitar entre o nível macroscópico (relativo às propriedades e modificações perceptíveis através dos sentidos humanos) e o nível microscópico (do ponto de vista atômico-molecular no que se referem às entidades elementares e moleculares, suas estruturas e comportamentos). A evolução das atividades com a mediação de diferentes formas de comunicação, permitiu a observação de mudanças atitudinais imediatas dos participantes no sentido da tendência ao aumento gradual no envolvimento desses à medida que a linguagem visual (novidade para eles), por meio das representações na interface do software e com o kit modelo molecular, foi sendo explorada em associação ao tradicional desenho à mão livre.

Fonte: Própria, 2019.

A Figura 3, ilustra um exemplo da interface de trabalho do software ACD/ChemSketch®.

Figura 3 – Um exemplo ilustrativo da interface do software ACD/ChemSketch®.



Fonte: Própria, 2019.

5.1.1 Texto-guia 1 – A borracha: um marco histórico

Grande parte dos avanços tecnológicos empreendidos se deve ao (re)conhecimento dos polímeros, de suas propriedades e dinâmica química. Por isso, as primeiras experiências com substâncias poliméricas realizadas pelos cientistas do século XX são tão importantes. Essas experiências envolviam polímeros naturais, tais como: borracha natural (caucho), amido, celulose e proteínas. Em especial, a borracha, atualmente uma das mais importantes matérias-primas industriais, já era conhecida e manipulada por tribos indígenas brasileiras da bacia Amazônica. Registros históricos nos contam que os primeiros espanhóis ao chegarem ao Brasil procuravam riquezas como o ouro, por exemplo, e não dispensaram atenção à natureza das bolas que os índios habitualmente brincavam. Cristóvão Colombo, em sua segunda viagem ao Novo Mundo, em 1495, observou que essas bolas, quando tocavam o chão em uma brincadeira entre os nativos do Haiti, pulavam de um lado para o outro devido à sua elasticidade [17].

Tais bolas eram feitas com a seiva leitosa e branca da árvore conhecida por "caucho", obtida por um processo que os indígenas chamavam "chorar a árvore". Nesse procedimento o sulco leitoso recolhido em tigelas se separava em duas partes: uma sendo a água e a outra um líquido espesso; a água era jogada fora e o líquido espesso conservado. Nesse líquido

mergulhavam por diversas vezes a extremidade de bastões para confeccionar as bolas, as quais eram secas posteriormente em fogueiras.

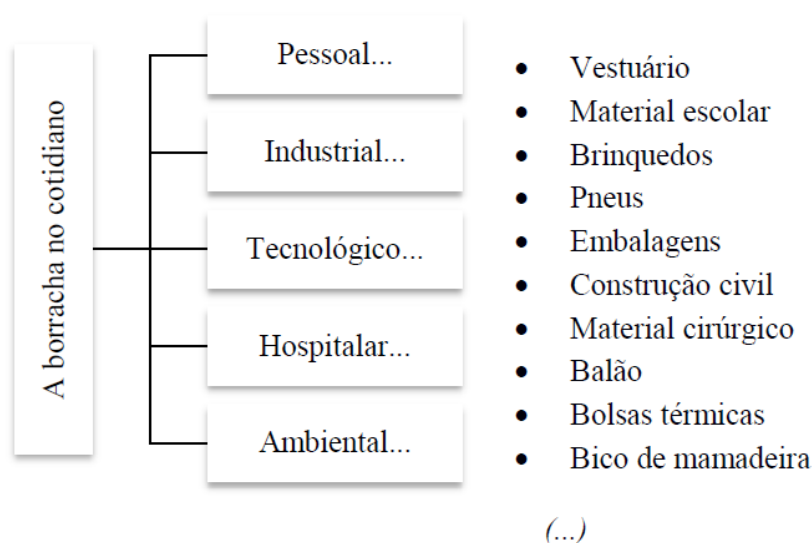
Passados mais de dois séculos, os franceses, incumbidos de medir o arco do meridiano terrestre às margens do rio Amazonas, perceberam que os índios também utilizavam esse material para outros fins (além da diversão), como por exemplo, confecção de chapéus e utensílios como tigelas e vasilhas. Relatos da época afirmam que os indígenas fabricavam sapatos “à prova d’água” a partir da resina extraída da seringueira *Hevea brasiliensis* – que passou a se chamar látex extraído das seringueiras.

A capacidade elástica daquele “produto da floresta”; material que passou a ser chamado de borracha natural – “nome dado por Joseph Priestley, o descobridor do oxigênio e um dos primeiros estudiosos da química da borracha”, impressionou os franceses [18, p. 231]. Em meados do século XVIII, o explorador francês Charles Marie de La Condamine levou para a Europa amostras da borracha endurecida e, no início do século XIX, começaram a aparecer as primeiras técnicas para o seu processamento. A borracha passou então a ser matéria-prima estratégica para a economia mundial.

Em 1839, o norte americano Charles Goodyear observou que a borracha natural, ao ser “acidentalmente” misturada a uma amostra de enxofre (S_8) e aquecida, tornou-se mais firme e mais resistente. Esse processo foi patenteado por Goodyear, ao qual deu o nome de vulcanização, em homenagem ao Deus romano do fogo Vulcano (Hefesto na mitologia grega) [19]. Desde então, esse processo viabilizou significativamente o emprego da borracha no ramo das engenharias e o Brasil, devido à grande procura do mercado internacional por esse produto, passou a produzi-la em larga escala. Pode-se considerar que foi basicamente com o domínio da tecnologia de vulcanização da borracha natural que se deu o início da indústria de polímeros.

A história da produção da borracha natural brasileira mostra que o Brasil foi líder mundial na fabricação e exportação da borracha natural até a década de 1950, quando a demanda pela borracha começou a exigir maior produtividade e eficiência, e o país passou a ser importador desta matéria-prima. Para suprir essa necessidade intensa pela matéria-prima, em diversas aplicações (Figura 4, Atividade 1), o mercado global passou a contar com as plantações planejadas nos países do Sudeste Asiático.

Figura 4 – Exemplos da diversidade de aplicações da borracha no cotidiano dos mais variados setores da nossa sociedade (Atividade 1).



Fonte: Própria, 2019.

5.1.2 Texto-guia 2 – Do látex à borracha: constituição, estrutura, propriedades e aplicações

A borracha natural é obtida por coagulação do látex – extraído de árvores da espécie *Hevea brasiliensis*, conhecidas pelos nomes comuns de seringueiras e árvore-da-borracha, da família das *Euphorbiaceae*, com cerca de 10 a 15 metros de altura, tronco retilíneo, com diâmetro aproximado de 30 centímetros, o qual apresenta propriedades únicas, sendo o látex a principal matéria-prima para a produção da borracha natural. Mas, muitas espécies de vegetais apresentam potencial para a produção de borracha natural, especialmente na família das *Euphorbiaceae* [20].

Embora seja grande o número de espécies (mais de 400) que, por uma incisão na casca, exsudam secreção de aspecto semelhante ao látex, somente algumas produzem quantidade e qualidade suficientes para exploração em bases econômicas [21]. No Brasil, nos primeiros anos de implantação, o cultivo da seringueira exigiu um elevado investimento, pois *Hevea brasiliensis* leva um período entre seis a sete anos para que se inicie a extração do látex e, se forem tomados os cuidados necessários para a preservação da saúde da planta, ela poderá ser produtiva por 50 anos. Sendo assim, somente após esse período inicia-se o retorno econômico.

O látex é biossintetizado por emulsão em meio aquoso nos vasos capilares da seringueira (entre a casca e o tronco) e coletado da planta por duas maneiras: processo direto ou por sangria.

No processo direto, o vegetal é “sacrificado” para se extrair o látex através do método de maceração da planta. Já no processo de sangria usa-se uma faca especial para desenhar e remover fatias da casca da superfície com uma profundidade de cerca de 1 mm do cerne [20]: o látex é extraído efetuando-se uma incisão inclinada na casca da árvore, sendo então recolhido em pequenas taças metálicas. Esse extrato inicialmente passa por uma filtração rudimentar, seguindo-se de uma diluição e coagulação com substâncias ácidas no próprio local de extração. O látex pode coagular espontaneamente ou com auxílio de coagulantes como, por exemplo, soluções eletrolíticas, produzindo a borracha coagulada. Posteriormente, o material coagulado é lavado e seco, estando pronto para ser tratado e comercializado nas indústrias. Atualmente, o cultivo, a colheita e a produção do látex em escala industrial são completamente mecanizados.

A borracha natural é um composto orgânico constituído por macromoléculas formadas a partir de uma mesma unidade estrutural (monômero, M) repetida um grande número de vezes e ligadas quimicamente entre si, ou seja, um polímero (nM). A biossíntese da borracha natural ocorre por meio da polimerização por adição sucessiva do seu monômero: o hidrocarboneto 2-metil-1,3-butadieno (isopreno). Com apenas cinco átomos de carbono – $(C_5H_8)_n$, o isopreno é a menor unidade repetitiva entre todos os polímeros naturais, o que faz da borracha o polímero natural mais simples.

No Quadro 2, observam-se as estruturas moleculares químicas 2D e 3D do monômero isopreno (a) e das configurações poliméricas do poliisopreno 1,4-*cis* (b) e 1,4-*trans* (c) (Atividade 2). Note a representação das duas estruturas 2D para o isopreno (a), decorrentes da rotação livre (assim como ocorre em torno de qualquer ligação simples entre dois átomos de carbono).

A borracha natural forma-se quando moléculas de isopreno (a) unem-se umas às outras (polimerização), produzindo ligações duplas *cis* (uma ligação dupla fornece rigidez à molécula, impedindo rotação) (Figura 5, Atividade 3). Pode-se observar que a forma *cis*-1,4 do poliisopreno (b) é altamente regular, característica essa que permite o empacotamento das cadeias poliméricas (dessa forma, as cadeias interagem entre si por forças de dispersão e, por esse motivo, o polímero apresenta propriedades elastoméricas). Em contrapartida, a forma *trans*-1,4 do poliisopreno (c) não favorece o empacotamento das cadeias poliméricas, e por isso enfraquece as propriedades elastoméricas do polímero.

Quadro 2 – Estruturas moleculares bidimensionais e tridimensionais do isopreno (a), poli-isopreno 1,4-*cis* (b) e 1,4-*trans* (c) (Atividade 2).

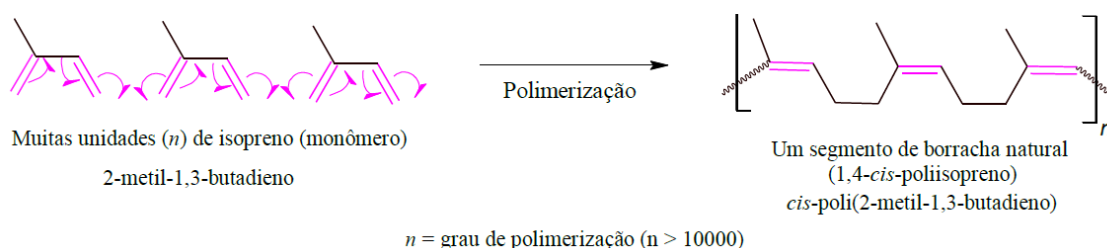
	Estrutura Bidimensional	Estrutura Tridimensional
(a) Isopreno		
(b) 1,4- <i>cis</i> -Poliisopreno		
(c) 1,4- <i>trans</i> -Poliisopreno		

Onde

n = grau de polimerização ($n > 10000$). Fonte: Própria, 2019.

Sendo assim, a borracha natural é constituída por macromoléculas de configurações poliméricas 1,4-*cis*-poliisopreno (Figura 5). Já a forma *trans*-1,4 do isopreno ocorre naturalmente em duas substâncias: a gutta-percha e a balata.

Figura 5 – Representação esquemática da polimerização de unidades isopreno (Atividade 3).

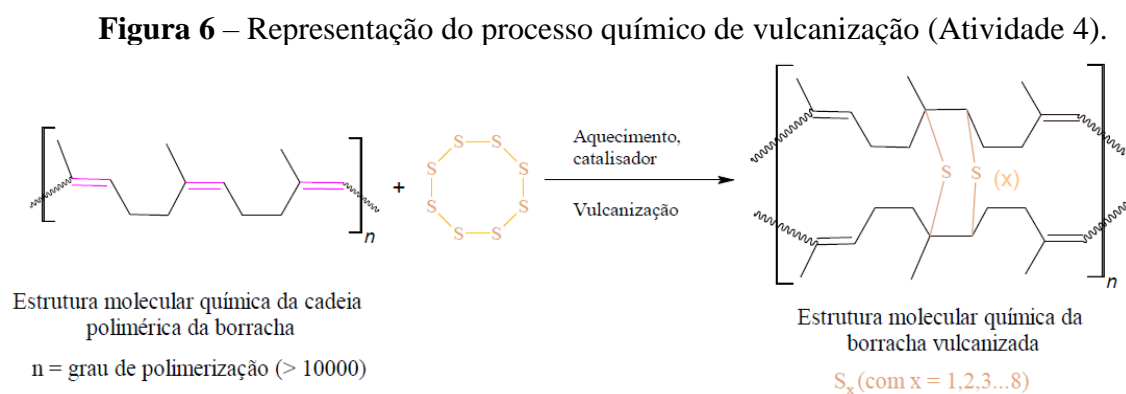


Fonte:

Própria, 2019.

A borracha natural apresenta propriedades que dificultam seu uso, tais como: em dias frios é dura e quebradiça, e em dias quentes torna-se mole e pegajosa. Devido a essas características adversas a borracha natural passa pelo processo de vulcanização (representado na Figura 6, Atividade 4). A vulcanização da borracha é um processo de reticulação pelo qual a estrutura química da borracha natural é alterada. O processo se faz pelo aquecimento com enxofre (S_8) para criar uma rede de ligações químicas covalentes cruzadas (produzindo uma

estrutura polimérica reticulada). Ou seja, a borracha é aquecida com enxofre para criar uma rede de ligações químicas cruzadas produzindo uma estrutura polimérica reticulada e resistente [1].



Própria, 2019.

Portanto, o processo de vulcanização altera significativamente a estrutura molecular polimérica da borracha natural: antes do processo de vulcanização a borracha natural apresenta cadeias lineares e as suas propriedades elastoméricas devem-se às interações de dispersão entre diferentes segmentos de cadeias; após a vulcanização, as cadeias poliméricas da borracha passam a ser ramificadas ou reticuladas, formam-se retículos poliméricos, os quais se caracterizam por ligações covalentes entre segmentos relativamente curtos de cadeias de origens diferentes.

Assim sendo, durante a vulcanização, as cadeias moleculares constituintes da borracha são unidas umas às outras por ligações covalentes oriundas do aquecimento com enxofre na presença de catalisadores, formando rede tridimensional de macromoléculas por meio de ligações cruzadas entre elas, o que reduz a mobilidade e o movimento. Esse processo produz uma borracha mais rígida que a borracha natural, a qual não enrijece com o frio e nem amolece com o calor, sendo elástica a ponto de sofrer pouca deformação. O artefato de borracha adquire, então, uma forma fixa, não mais moldável, porém, ainda flexível e elástica; o material não amolece em temperaturas elevadas nem congela no frio e torna-se mais resistente quimicamente. O resultado é uma borracha mais dura com elevada resistência à brasão e ao desgaste. E, se for usado muito enxofre, o número de ligações de enxofre aumenta tanto que a borracha fica dura e mais resistente, podendo ser usada para fazer pneus. Ou seja, para concluir: sem a vulcanização as moléculas de *cis*-1,4-poliisopreno podem deslizar umas sobre as outras,

após a vulcanização os átomos de enxofre unem as estruturas lineares iniciais formando as ligações de enxofre que aumentam a resistência e a dureza da borracha. Cabe ainda ressaltar que as propriedades finais de uma borracha dependerão essencialmente da escolha de seu elastômero base, dos aditivos químicos adicionados à composição, do processamento e do formato final do produto.

5.1.3 Texto-guia 3 – Investigando a borracha: do cotidiano ao inusitado, um polímero versátil

As excepcionais propriedades dinâmicas deste versátil polímero – resistência à tração e ao calor, boa elasticidade, flexibilidade em temperaturas baixas – fazem da borracha um importante material que vem sendo utilizado na fabricação de mais de 50 mil produtos, entre eles: na produção de pneus, elementos de suspensão e para-choques e produtos leves com alta resistência como balões, preservativos, material cirúrgico (tubos intravenosos, seringas, luvas descartáveis, estetoscópios, cateteres e esparadrapos), aplicações em revestimentos/impermeabilização de pisos, fios e tecidos, bem como em inovações tecnológicas como aplicações em argamassas para construção civil, indústria aeronáutica e naval, compósitos condutores e materiais de alta precisão como válvulas e retentores, entre outros [21], conforme alguns exemplos ilustrados na Figura 3.

A borracha sintética obtida através do petróleo (pela polimerização do isopreno e outros monômeros) possui composição química próxima à da borracha natural, entretanto suas propriedades físicas são inviáveis para a produção de alguns manufaturados, além de essa ser uma fonte não renovável. Sua principal aplicação é na fabricação de pneus, sendo que com a borracha de pneus inservíveis pode-se produzir massa asfáltica para a construção e recuperação de vias públicas.

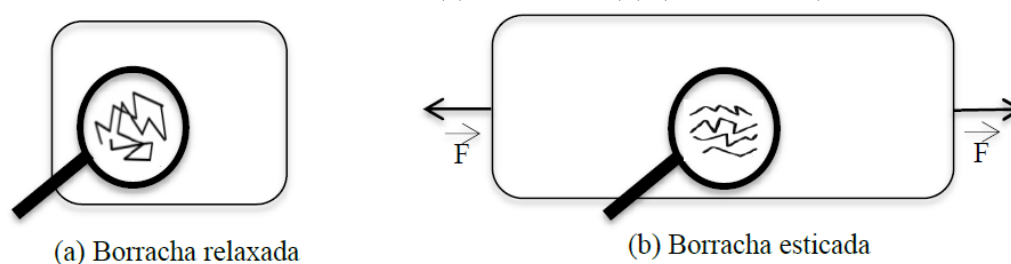
Diante da exploração de todos esses aspectos (constituição, estrutura, propriedades e aplicações), pode-se perceber que borracha é um tipo de polímero especial cuja propriedade mais importante é o fato de ela ser elástica, ou seja, de tender a voltar a sua forma original quando se aplica uma força sobre ela. Fato esse que se relaciona à forma com que a borracha está organizada (*ou, mais apropriadamente, como está desorganizada!*). Ou seja, a partir desse estudo foi possível correlacionar e compreender que as propriedades elásticas da borracha são um resultado direto de sua estrutura molecular química (comportamento físico-químico versus estrutura).

Cadeias aleatoriamente entrelaçadas (enroscadas, retorcidas) do polímero poliisopreno,

ao serem esticadas, endireitam-se e alinham-se na direção do esticamento. Ao cessar a força responsável pelo esticamento as moléculas poliméricas voltam a sua posição original (*a não ser que a força aplicada seja suficiente para romper as cadeias: aí o polímero se rompe!*).

Uma vez que as longas e flexíveis cadeias poliméricas de configuração totalmente *cis* não estão suficientemente próximas para produzir um número significativo de ligações cruzadas eficazes entre si, as moléculas, quando alinhadas, podem facilmente deslizar umas pelas outras quando o material está sob tensão. Já no caso das longas cadeias constituídas por “ziguezagues” resultantes do isômero totalmente *trans*, as macromoléculas podem unir-se muito estreitamente formando muitas ligações cruzadas eficazes que impedem que as cadeias poliméricas deslizem umas pelas outras, não sendo possível o esticamento do material (caso da gutta-percha e a balata). Na Figura 7 (Atividade 5) buscamos uma forma de ilustrar supondo-se que pudéssemos observar as moléculas de uma amostra de borracha quando esta se encontra nas seguintes situações: relaxada (a) e esticada (b).

Figura 7 – Ilustração supondo-se que pudéssemos observar as moléculas de uma amostra de borracha relaxada (a) e esticada (b) (Atividade 5).



Fonte: Própria, 2019.

5.1.4 Texto-guia 4 – A química do permanente de cabelo, da teia de aranha e da borracha vulcanizada: destacando suas semelhanças

A borracha torna-se mais resistente (menos quebradiça no frio e amolece frente ao aquecimento) quando as diversas cadeias poliméricas são ligadas entre si pelo processo de vulcanização (pelo qual o enxofre forma pontes entre as diferentes cadeias poliméricas da borracha, ligando grande parte delas entre si como uma gigantesca molécula). De tal forma que podemos dizer que há uma semelhança entre um permanente de cabelo (muito usado no passado nos salões de beleza), uma teia de aranha e a borracha vulcanizada – os processos químicos envolvidos são muito parecidos.

Tanto as longas cadeias poliméricas da borracha vulcanizada quanto às macromoléculas de queratina (proteína constituinte do cabelo formada pela repetição de

moléculas do aminoácido cisteína) e à estrutura das proteínas das fibras dos fios da teia de aranha são unidas entre si por ligações de enxofre (ligações enxofre-enxofre formadas entre dois aminoácidos cisteína; tais pontes de dissulfetos aumentam a rigidez das proteínas).

Quando o cabelo é produzido pelas células da pele já são criadas ligações dissulfetos que ligam as moléculas de queratina umas às outras (por isso que o cabelo é muito resistente!). No processo de permanente usa(va)-se um produto químico que separa as ligações de enxofre da queratina, e subsequentemente o cabelo é(era) enrolado na forma desejada e aplica(va)-se o produto químico que torna a unir as pontes de enxofre, deixando o cabelo ondulado (o processo inverso, ou seja, o rompimento dessas ligações ocorre quando realiza-se processos de alisamento e relaxamento capilar).

Em um processo semelhante, a formação das proteínas do fio da teia ocorre dentro de glândulas das aranhas e são estocadas como oligômeros (pequenos polímeros) de alta densidade, com uma estrutura micelar – uma micela é uma estrutura esférica supramolecular, ou seja, formada por muitas moléculas anfifílicas: que apresentam uma extremidade hidrofílica (neutra, carregada positiva ou negativamente) chamada “cabeça” e uma extremidade hidrofóbica (sem carga) chamada “cauda”.

Uma particularidade inusitada pode ser levantada a partir de um experimento visando a inserção de uma agulha em um balão cheio de ar: *Um balão de festa cheio de ar pode ser furado sem estourar? É possível atravessar esse balão com um instrumento pontiagudo (como uma agulha de tricô ou palitinho de churrasco) e mantê-lo por um tempo sem que ele estoure?* Em geral, a primeira resposta que se pensa é, naturalmente, o fatídico “não”, uma vez que os balões de ar estouram facilmente (*e foi exatamente essa a resposta dada por todos os estudantes questionados no decorrer da execução do projeto!*). Sim, dependendo de como se procede a essa inserção, os balões estouram quando furados por uma agulha, porque quando se insere a agulha no balão surgem várias pequenas fendas ao redor do furo e cada uma dessas fendas sofre a ação de forte tensão que tende a abri-las cada vez mais. Essa tensão funciona como alavanca que causa a abertura das fendas rapidamente, até que a maior fenda rompe completamente o balão, estourando-o e dividindo-o em dois pedaços (e não muitos!). Tudo isso acontece muito rápido e o ar dentro do balão (que estava em uma pressão mais alta) expande-se imediatamente (por isso o barulho decorrente da onda de choque no ambiente atmosférico que chega ao nosso ouvido).

Mas, isso (como dito) depende de como ocorre essa inserção – *tente realizar essa ação e fornecer explicações para o observado* (Figura 8, Atividade 6), pois: se a inserção de uma

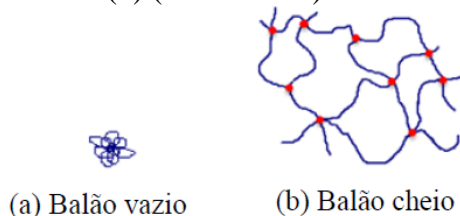
agulha ocorrer na parte da superfície mais esticada de um balão cheio de ar, essa faz com que ele estoure imediatamente (conforme descrito), pois nessa região as cadeias poliméricas não estão relaxadas, de modo que não há espaço para que a agulha penetre entre as cadeias; entretanto, se a inserção da agulha for feita na região próxima à “boca” do balão e na região oposta a ela é possível que a agulha atravesse o material sem que o balão estoure (conforme ilustrado na Figura 2), uma vez que nessas regiões as cadeias poliméricas da borracha estão relaxadas (desorganizadas) – *pense nisso como os espaços existentes entre as linhas que constituem uma blusa de lã* – e, por isso, podem acomodar facilmente a agulha, selando o ar no interior do balão.

Figura 8 – A ação de inserção do palitinho no balão (Atividade 6).



Na Figura 9 (Atividade 7) apresentamos o esboço representativo do que se esperaria se pudéssemos visualizar as cadeias poliméricas da borracha em um balão vazio (a) ou cheio (b).

Figura 9 – Representação genérica das cadeias poliméricas de um balão vazio (a) ou cheio (b) (Atividade 7).



Fonte: Própria, 2019.

5.1.4 Uso do ACD/ChemSketch® em ambiente de estudo: relato dos autores e considerações sobre a experiência vivenciada

O espaço acadêmico configura-se um espaço por excelência privilegiado para fomentar a aquisição e assimilação de conhecimentos acerca da matéria/materiais (constituição,

propriedades e transformações físico-químicas), assim como da identidade entre as diferentes formas de linguagem para descrevê-la/descrevê-los perpassando-se pelos três níveis do conhecimento: teórico, representacional e fenomenológico. Por isso, visamos proporcionar a uma estudante do EM, bolsista PIBIC-EM, uma formação científica diferenciada e qualificada pela sua inserção ativa no ambiente universitário e atuação como agente multiplicadora de conhecimentos junto aos seus pares estudantes no âmbito escolar.

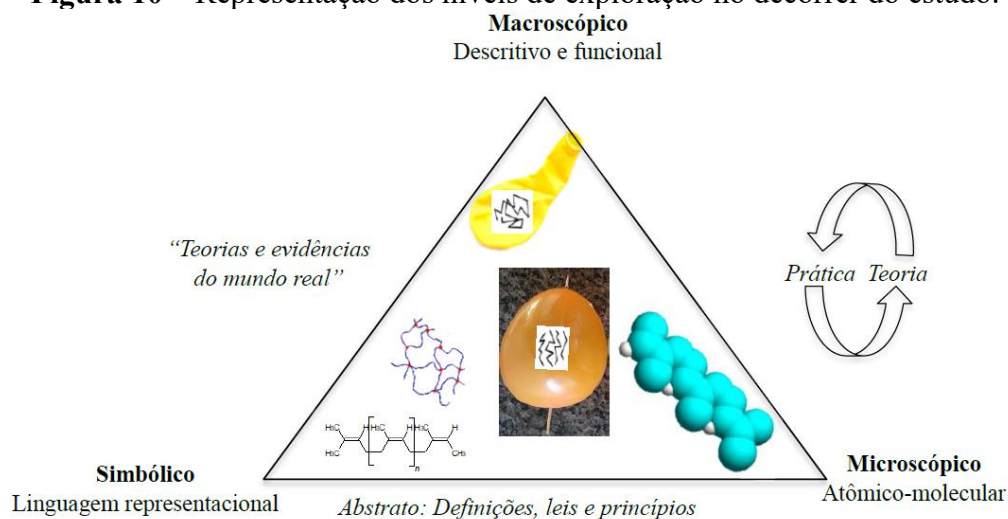
Para tal, inicialmente projetamos e viabilizamos a construção de um processo didático de ensino-aprendizagem e pesquisa investigativa, executado pela bolsista PIBIC-EM no decorrer de seis meses, com orientações semanais, pelo qual foram explorados aspectos relacionados a conceitos e métodos químicos, tendo-se promovido a articulação entre literatura e experimentação científicas mediada pela exploração do software ACD/ChemSketch®. As ações permearam um ambiente fértil de incentivo ao reconhecimento da importância de se ter o conhecimento preciso da dinâmica química de polímeros (constituição, características e propriedades físico-químicas). Fomentou-se, constantemente, levantamentos diversos envolvendo as possíveis implicações científicas e diversas QHTAES (questões históricas, tecnológicas, ambientais, econômicas e sociais) decorrentes do (re)uso de materiais poliméricos. A evolução das ações culminou na realização de uma oficina didática, que contou com a participação ativa de dez estudantes do EM, por um período de quatro satisfatórias horas, no contra turno das atividades letivas regulares.

Por meio das atividades desenvolvidas (conforme Quadro 2), foram promovidas observações de fenômenos macroscópicos que podem ser reproduzidos e evidenciados em qualquer ambiente de estudo, não apenas em laboratórios especializados (seja químico ou de informática), de modo que nossas atividades conduziram a interpretações em escalas moleculares dos eventos que ocorrem nos fenômenos observáveis, considerando a dimensão microscópica da natureza e a exploração da linguagem química utilizada para expressar e explicar esses fenômenos (símbolos, equações e fórmulas químicas). Por suscitar e sugerir ideias para a implementação de estratégias didáticas motivadoras, o estudo que ora estamos relatando é relevante ao possibilitar, de forma acessível, o transitar entre o nível macroscópico (relativo às propriedades e modificações perceptíveis através dos sentidos humanos) e o nível microscópico (do ponto de vista atômico-molecular no que se referem às entidades elementares e moleculares, suas estruturas e comportamentos) – *o que foi extremamente facilitado pelos desenhos das estruturas moleculares químicas na interface do software ACD/ChemSketch® em*

associação com a ação de manipulação da representação física a partir do kit modelo molecular, para além dos desenhos à mão livre.

Sendo assim, as atividades empreendidas com a mediação do software ACD/ChemSketch® permitiram explorar conexões entre os níveis microscópico e macroscópico por meio de equações químicas (que são expressões simbólicas para as relações quantitativas a nível macroscópico e microscópico), promovendo-se compreensões acerca da representação dos eventos (físicos ou químicos) de forma: descritiva e funcional (macroscópico); simbólica (linguagem representacional); explicativa (microscópico) (Figura 10).

Figura 10 – Representação dos níveis de exploração no decorrer do estudo.



Fonte: Própria, 2019.

Cabe ressaltar que observamos uma receptividade positiva frente às atividades por parte dos participantes (os quais se mostraram envolvidos e comprometidos com os desafios lançados), o que possibilitou que essas atividades (pelas ações participativas efetivas) fossem gatilhos facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, na medida em que se tornaram um meio fértil para traduzir o abstrato para uma linguagem visual, atrativa e instigante, diante da fatídica abstração (a qual enfrentamos no estudo da química como um todo), (re)criando e transformando concepções. Dessa maneira, pela interface do software ACD/ChemSketch®, tornamos possível uma via de acesso ao que poderíamos designar como uma projeção para uma possibilidade de “visualização do abstrato” de uma forma precisa, além de fomentar novos conhecimentos teóricos e mecanístico das reações de polimerização, mediando e facilitando a (re)construção e consolidação dos conhecimentos por parte dos estudantes do EM.

Diante da diversidade e particularidades de formas e estilos de aprendizagem, destacamos ainda que, naturalmente, para alguns participantes o “Guia Prático de Utilização do ACD/ChemSketch[®]”, indicado como material de apoio, não se mostrou como sendo uma linguagem acessível de fácil e rápido entendimento, assim como a manipulação inicial do software tão pouco apresentou-se de maneira intuitiva a esses. E, por isso, o trabalho orientado e em grupo, pelo qual os estudantes estiveram envolvidos de modo participativo, interativo e cooperativo para a resolução de desafios coletivos, mostrou-se ser de suma relevância. O fato do desenvolvimento dessas atividades ter propiciado o conhecimento desse recurso tecnológico (ACD/ChemSketch[®]) por parte dos estudantes envolvidos (direta e indiretamente) na execução do projeto científico-pedagógico possibilitou a eles o emprego das funcionalidades desse recurso para a elaboração dos seus próprios trabalhos escolares dinamizando e qualificando suas apresentações, de forma que os participantes (protagonistas dessas ações) constituem-se de fato em potenciais agentes multiplicadores do conhecimento científico.

Ao final deste estudo, ao instigar os estudantes a pensarem na dinâmica de polímeros, desde aplicações no cotidiano (seja do ramo industrial, das engenharias, hospitalar ou doméstico...) ao inusitado (como a semelhança entre os processos de vulcanização da borracha, o permanente de cabelo e a teia de aranha; ou ao fato de um balão que não estoura com a inserção de uma agulha), com a mediação do software ACD/ChemSketch[®], fomentou-se a construção e consolidação de novos conhecimentos – *abrindo novos caminhos para o percurso educacional no nível médio*, como pode ser notado pelos relatos sintetizados: – “*Ter participado do projeto de iniciação científica foi de grande importância para mim, pois, assim, pude aprender mais sobre Química e, especificamente, sobre polímeros. Participar destas ações foi muito importante para mim, pois trouxe novos desafios e uma nova maneira de estudar. A forma como foi desenvolvido o trabalho proporcionou-me uma melhora em relação ao meu desempenho na apresentação de trabalhos, pois, durante este processo, tive a oportunidade de ensinar para meus colegas sobre o software ACD/ChemSketch[®], e todos gostaram da oportunidade. Ter aprendido a manipular esse software foi uma satisfação para todos, pois permitiu que pudéssemos explorar esses novos conhecimentos, aplicando-os no desenvolvimento e apresentação de trabalhos escolares de uma forma inovadora. Poder também apresentar sobre o projeto para os estudantes da universidade aumentou minha experiência na forma como me relaciono com diferentes pessoas*” (PI/EM); – “*Ter o conhecimento das funcionalidades operacionais deste recurso tecnológico tão versátil, o software ACD/ChemSketch[®], será extremamente útil para mim, como futura professora, e para*

todos aqueles em busca de uma atuação profissional comprometida frente ao processo de ensino-aprendizagem” (PI/ES).

A partir desta vivência, salientamos que o emprego adequado do software ACD/ChemSketch® como subsídio tecnológico no processo didático-pedagógico para mediar a construção bi- e tridimensional das macromoléculas (2D e 3D) em ambientes de estudo foi de estimável valor; servindo de maneira satisfatória como um subsídio didático-pedagógico para a investigação da dinâmica de materiais poliméricos. Ressaltamos, portanto, a temática em torno da dinâmica de polímeros como potencial conceito estruturante para ser desenvolvido no EM (seja na sala de aula ou em atividades no contra turno regular) de forma articulada com conteúdos de química do currículo escolar na perspectiva CTS/CTSA. De tal forma que se pode contribuir para a formação do sujeito estudante, não somente do ponto de vista de conceitos químicos, mas também para a formação do sujeito cidadão crítico e reflexivo, já que diversos assuntos atuais (como: versatilidade dos materiais, toxicidade das matérias-primas e destino final dos produtos, custo e problemas socioambientais) podem ser explorados e vinculados a essa temática [23].

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que vivemos uma época em que se privilegia a imagem, simula-se o real com formas hiper-reais, com rápida divulgação de um volume significativo de informações e imagens pela mídia audiovisual e a internet, não há como deixar de reconhecer o impacto da imagem e a importância da manipulação de recursos das TIC no processo de ensino-aprendizagem em ambientes de estudo. Portanto, embora o livro didático continue constituindo-se um dos pilares da escolarização, as instituições de ensino precisam inovar e mobilizar recursos (humano, financeiro e de espaço-tempo) para oportunizar condições para que os estudantes e professores utilizem de forma consciente e eficiente os recursos disponíveis no âmbito das TIC como auxílio para uma aprendizagem de fato significativa e que possa ser prazerosa e sintonizada com o nosso tempo.

Nesse contexto, os diferentes espaços educacionais (formal e não formal) são propícios à construção e consolidação de um processo de ensino-aprendizagem de forma contextualizada e vinculada à educação científica, tecnológica, social e ambiental. Além disso, esses (espaços educacionais) dispõem de um público que pode atuar como multiplicador de ideias e ações ecologicamente corretas, constituindo-se, portanto, valiosos espaços por excelência para se vivenciar essa prática.

Especificamente ao contexto deste trabalho, em linhas gerais, as ações empreendidas de forma conjunta entre PPs e PIs (ES e EM) caracterizaram-se pela promoção contínua do intercâmbio de experiências formativas entre os PPs (em formação continuada), os PIs/ES (servindo como instrumento qualificador para a formação inicial) e os PIs/EM (para iniciação a uma educação científica), tendo-se observado que essa aproximação entre sujeitos desperta e sensibiliza um maior interesse em Química e pelo fazer docente por parte dos PIs.

E, de forma mais específica, com a participação constante dos PIs foi possível efetivar aproximações entre o EQ e TIC, articuladas pelo conceito integrador “polímeros” com ênfase nas inter-relações entre Química Orgânica, Físico-Química, métodos e técnicas científicas e tecnológicas. E, com o entendimento dos conceitos que envolvem os polímeros em dimensão tridimensional e reacional, foi possível problematizar importantes questões em perspectiva CTS/CTSA.

Neste caminho trilhado, o software ACD/ChemSketch® foi um importante subsídio tecnológico, tendo servido de forma eficiente para a construção de estruturas moleculares e conduzido a compreensões no que diz respeito ao abstrato relativo a estruturas químicas e isomeria *cis-trans*. De tal maneira que auxiliou no fomento à evolução das discussões que perpassaram desde a estrutura a nível microscópico e seus reflexos nas propriedades físico-química até suas implicações científicas e de QHTAES.

Nesse sentido, o uso das TIC em propostas de ensino desta natureza com ênfase nas relações CTS/CTSA mostrou-se uma maneira eficiente para modernizar a práxis docente, tornando a educação sintonizada com nosso tempo e contribuindo para a expansão de novas formas de expressão. Assim, propostas que envolvam os estudantes do EM no desenvolvimento de projetos educacionais, em que se promovem a articulação dos conteúdos específicos com o emprego das TIC, mostra-se de grande valor educacional para a alteração de concepções e estratégias nas IES, nas escolas da Educação Básica e junto à sociedade.

Notas

¹ Software ACD/ChemSketch® versão 12.1 da empresa ACD/Labs, 2017. Disponível em <http://www.acdlabs.com/resources/freeware>. Acessada no ano de 2019.

² Guia Prático de utilização do ChemSketch. URL do produto: <http://goo.gl/tYvavJ>. Acessada no ano de 2019.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à agência de fomento pela concessão da bolsa e possibilidade de inserção/imersão de estudantes do Ensino Médio, pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PRO-ICT/UFFS) para o EM e PIBIC-EM/CNPq/2018-2019, em projetos de iniciação científica no ambiente universitário, o que é extremamente relevante aos envolvidos (orientador e estudante) e contribui profundamente para a disseminação e a multiplicação de conhecimentos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1999.
- [2] MORAWETZ, H. **Polymers: The Origins and Growth of a Science**. Editora Dover Pubs, 1995.
- [3] OSBORNE, J.; HENNESSY, S. **Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions**, Bristol: United Kingdom, 2003.
- [4] BALANSKAT, A.; BLAMIRE, R.; KEFALA, S. **The ICT impact report: A review of studies of ICT impact on schools in Europe**, 2006.
- [5] FRANCISCO, W.; DE MORAIS, M. A.; MANOCCHIO, C. A.; FRANCISCO JR., W. E.; RUIZ, M. Implementação e avaliação de um curso introdutório ao software ACDLabs ChemSketch a graduandos em Química. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química – XIV ENEQ**. UFPR, 21 a 24 de julho de 2008, Curitiba, PR.
- [6] RAUPP, D.; SERRANO, A.; MARTINS, T. L. C.; SOUZA, B. C. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de medição cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 18-34, 2010.
- [7] PAULETTI, F.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 7, n. 3, p. 121-134, set./dez. 2014.
- [8] SILVA, C. S.; JÚNIOR, E. V. S.; PIRES, D. A. T. O uso de software de representação molecular em 3D como material didático interdisciplinar para o Ensino de Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 66-79, 2017.
- [9] PAULETTI, F.; CATELLI, F. Um estudo de caso: programas computacionais mediando o ensino de isomeria geométrica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 250-269, jan./abr. 2018.
- [10] MORAES, R. de A.; DIAS, A. C.; FIORENTINI, L. M. R. **As Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação: as perspectivas de Freire e Bakhtin**. UNIREVISTA, v. 1, n. 3, p. 1 – 9, julho 2006.
- [11] MACHADO, A. S. Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 2, p. 104-111, 2016.
- [12] PPC. **Projeto Político Pedagógico**. Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, 2018.
- [13] BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.
- [14] WENZEL, J. S.; MALDANER, O. A prática da escrita e reescrita em aulas de química como potencializadora do aprender química. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, p. 314-320, 2014.

- [15] ANDRIGHETTO, R; CARDOSO, C. R.; LUCHESE, T. C. A Vivência Formativa de uma Estudante do Ensino Médio no Ambiente Universitário: Olhares para a Química e a Pesquisa Científica. **Química Nova na Escola**, v. 41, p. 286-299, 2019.
- [16] DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1991.
- [17] ROCHA, C. A.; SILVA, E. F.; de SOUZA, R. C. C. Polímero de entretenimento: uma macromolécula biodegradável. 2013. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química). Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UNISALESIANO, Lins-SP, 2013.
- [18] MCMURRY, J. **Química orgânica**, v. 1. São Paulo: Cengage Learnign, 2011.
- [19] BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4º ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- [20] FONSECA, C. **A economia da borracha**. Comissão Executiva de Defesa da Borracha, Rio de Janeiro, 1950.
- [21] NOGUEIRA, R. F. CORDEIRO, S. A.; LEITE, A. M. P.; BINOTI, M. L. M. S. Mercado de borracha natural e viabilidade econômica do cultivo da seringueira no Brasil. **Nativa**, v. 03, n. 02, p. 143-149, abr./jun. 2015.
- [22] ANDRIGHETTO, R; MENIN, M. M. Polímeros na Perspectiva da Educação Ambiental: Atenções Voltadas ao ENEM (1998-2018). **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 5, p. 5-25, 2019.