

Identificação elementar de (cobre, zinco, ferro, rubídio) nos resíduos das cascas do cupuaçu (*theobrama grandiflorum*) pelo método de fluorescência de raio X

Natan de Azevedo Padilha¹, Tatielle dos Santos Brígido¹, Camila de Freitas Cardozo^{1*},
Luciene Freitas Fernandes¹, Andreia da Silva de Oliveira¹, Julio Cesar Pinho Mattos²

¹Engenheiro Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário Estácio Unimeta, Rio Branco, Acre, Brasil, ²Professor do Centro Universitário Estácio Unimeta Rio Branco, Acre, Brasil,

*camilinhaped@gmail.com

Recebido em: 31/07/2021

Aceito em: 29/11/2021

Publicado em: 30/12/2021

RESUMO

Este trabalho teve como base a investigação dos constituintes químicos presentes nos resíduos da casca do cupuaçu (*Theobrama grandiflorum*). Para o método de caracterização elementar usou-se a técnica de fluorescência de raio-X (EDX) a fim de identificar os possíveis elementos contidos nas cascas do cupuaçu, foram usadas 30 unidades amostrais de 10 frutos do cupuaçu (*Theobrama grandiflorum*), após a análise elementar foram aplicados métodos estatísticos sendo (média, desvio padrão e variância) também usou-se boxplot para a visualização dos resultados e fortalecendo com a aplicação do Teste T de *Student* com ($t < 0,05$) para os elementos identificados. Os resultados obtidos através da técnica de fluorescência de raio-X foram identificados a presença de quatro elementos químicos classificados como metais de transição sendo Ferro (Fe) com o maior percentual 0,77%, já os demais elementos obtiveram valores baixos, o Cobre (Cu) indicou 0,15%, já o Zinco (Zn) teve 0,09% e Rubídio (Rb) sendo o elemento com menor percentual de 0,08%. Com as análises dos resultados e pesquisas feitas em artigos científicos criou-se a hipótese de que os resíduos sólidos da casca do cupuaçu podem ser reutilizados como agregados para a produção de fertilizante para ser aplicado na agricultura, pois, possui propriedades elementares que são classificados como micronutrientes.

Palavras-chave: Cupuaçu (*Theobrama grandiflorum*). Fluorescência de raio-x. Caracterização elementar.

Elementary identification of (copper, zinc, iron, rubidium) in the waste of the cupuaçu shells (*theobrama grandiflorum*) by x-ray fluoridation method

ABSTRACT

This work was based on the investigation of the chemical constituents present in the residues of the cupuaçu bark (*Theobrama grandiflorum*). For the elementary characterization method, the X ray fluorescence technique (EDX) was used in order to identify the possible elements contained in the cupuaçu bark, 30 sampling units of 10 cupuaçu fruits (*Theobrama grandiflorum*) were used, after elemental analysis, statistical methods were applied (mean, standard deviation and variance) boxplot was also used to visualize the results and strengthening with the application of the Student's T Test with ($t > 0.05$) for the identified elements. The results obtained through the X ray fluorescence technique were identified the presence of four chemical elements classified as transition metals being Iron (Fe) With the highest percentage 0.77% while the other elements obtained low values, Copper (Cu) indicated 0.15% Zinc (Zn) had 0.09% and Rubidium (Rb) being the element with the lowest percentage of 0.08%. With the analysis of the results and research made in scientific articles, it was created the hypothesis that solid

residues of the cupuaçu bark can be reused as aggregates for fertilizer production to be applied in agriculture, because it has elementary properties that are classified as micronutrients.

Keywords: Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). X-ray fluorescence. Elemental characterization.

INTRODUÇÃO

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é um fruto originário da região amazônica e é usado na fabricação de doces, geleias, sorvetes etc. Os resíduos orgânicos agroflorestais em especial a casca da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) foi objeto de estudo na pesquisa de Anjos et al., (2017) onde se estudou as propriedades químicas e como seriam aplicadas, após a análise dos resultados chegaram a conclusão que a casca poderia ser usada como um substrato para compor um biofertilizante, essa matéria prima era viável já que apresentavam macronutrientes e micronutrientes fundamentais que fornecem o enriquecimento da terra podendo ser utilizado para o cultivo de hortaliças, o substrato produzido foram utilizados em plântulas da alface (*Lactuca sativa* L.).

A casca da castanha de caju estudada por Lima e Rossignolo (2010) expõe que as suas cinzas possuem propriedades químicas e físicas no qual foram analisadas na pesquisa. A partir do experimento com esse resíduo, foi possível analisar e criar a hipótese de que a castanha de caju pulverizada pode ser substituída parcialmente em materiais cimentícios usados na construção civil. Essa proposta de estudo se torna um meio de empregar a aplicabilidade desses resíduos, tendo em vista que os aspectos das cascas é uma maneira sustentável de serem reutilizados.

Pesquisas envolvendo resíduos das cascas de diferentes frutos da agroindústria evidenciaram-se como uma alternativa viável na utilização e reutilização desses materiais como forma de agregados a outros insumos e componentes (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015; CORREA et al., 2017). As investigações e publicações demonstram a possibilidade para a fabricação de briquetes como fonte energética pois apresentam um alto grau de poder calorífico, agregados na construção civil e confecção de embalagens a partir do resíduo do cupuaçu (COSTA et al., 2004; SANTOS et al., 2004; LIMA; ROSSIGNOLO, 2017).

A pesquisa envolvendo o resíduo sólido da casca do cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*) tem como objetivo analisar, identificar e propor hipóteses através das

análises da caracterização elementar e resultados evidenciados através do método de espectroscopia de fluorescência de raio x e conversão de dados por métodos estatísticos

MATERIAL E MÉTODOS

O equipamento utilizado para a análise das amostras dos resíduos da casca do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) foi o Espectrometro de Fluorescência de Raio x por Energia Dispersiva, EDX 720, Shimadzu Corporation.

A espectroscopia de fluorescência de raio x por energia dispersiva é um método utilizado para identificar os elementos químicos de materiais orgânicos e industriais presentes em uma amostra, permitindo também definir as concentrações de cada elemento químico analisado diferenciando uns dos outros. A energia ou onda eletromagnética gerada pelo ânion e cátodo é dispersada em linha reta onde está submetida a absorção, difração e refração sendo assim capaz de distinguir os elementos químicos dos materiais analisados (TEZOTTO, 2010).

Amostras

Utilizou-se na pesquisa 10 frutos do cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*), onde o mesmo foi cortado ao meio e dividido em partes para assim então ser extraído 3 unidades amostrais de cada fruto, totalizando em 30 unidades amostrais.

As 30 unidades foram envelopadas em sacos plásticos e lacradas adotando a sigla para os intervalos das unidades amostrais A1 a A30 até o dia da análise de caracterização elementar pelo espectrometro de fluorescência de raio x por energia dispersiva, para que não houvesse contaminação/alteração das propriedades analisadas.

Estatística descritiva simples

Como método simples de dispersão aplicou-se (média, desvio padrão e coeficiente de variação) aos resultados obtidos após análise. Para melhor compreensão dispôs-se do uso de gráficos boxplot.

A fim de avaliar as médias amostrais dos elementos químicos encontrados durante o experimento, realizou-se o uso do Teste T *Studente* como método de comparação dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises de fluorescência de raio x foram identificados quatro elementos químicos: Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Rubídio (Rb). Tais materiais são definidos como metais de transição, menos o rubídio que é classificado como metal alcalino.

O elemento químico cobre teve percentual máximo 0,465% e mínimo de 0,100% indicando um baixo valor. O elemento químico ferro apresentou valor máximo de 2,86 % e mínimo e 0,294 % demonstrando um valor superior comparado ao (cu). Por sua vez, o elemento zinco estabeleceu resultado com intervalo maior de 0,320 % e mínimo de 0,057 % sendo um valor desprezível comparado ao elemento (Fe). Já o metal de transição rubídio exibiu diante das análises um resultado de 0,176% para o intervalo maior e 0,032% para o menor resultando em um valor inferior comparado aos demais elementos encontrados (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise dos elementos químicos encontrados nas cascas do resíduo do cupuaçu por meio da Fluorescência de raio x.

Nº amostral	Cu (%)	Fe (%)	Zn (%)	Rb (%)
1	-	1,3	0,16	0,12
2	0,12	0,71	0,11	0,077
3	0,1	0,42	0,104	-
4	0,104	0,447	0,057	-
5	0,242	0,649	0,143	0,086
6	0,197	0,712	0,19	0,057
7	-	0,896	0,209	0,115
8	-	0,597	0,089	0,076
9	-	0,749	0,125	0,09
10	0,465	2,86	0,262	0,176
11	0,178	0,772	-	-
12	0,14	0,57	0,078	0,032
13	-	-	0,116	0,075
14	0,285	-	-	0,153
15	0,138	0,741	0,107	-
16	0,188	1,04	-	0,081
17	0,26	1,43	-	0,104
18	0,113	1,25	0,055	0,037
19	0,124	0,749	0,1	0,077
20	0,244	0,391	0,144	0,087
21	0,346	-	-	0,166
22	0,148	0,51	-	0,07
23	0,453	0,924	0,32	0,15
24	0,162	0,772	0,105	0,074
25	0,246	0,885	-	-
26	0,156	1,19	0,099	0,048
27	0,12	1,46	0,059	0,072
28	0,155	0,354	0,135	0,079
29	0,112	0,294	0,109	0,081
30	-	0,52	0,107	-

Cu: Cobre, Fe: Ferro, Zn: Zinco, Rb: Rubídio.

Fora realizado a estatística descritiva dos elementos encontrados, distinguindo o valor de média, desvio padrão e variância, onde estabelecem uma correlação entre o percentual, definindo os padrões de homogeneidade e heterogeneidade dos elementos apontando as diferenças entre os quatro elementos analisados na pesquisa (Tabela 2).

Tabela 2 – Estatística descritiva simples

Estatística	Cu	Fe	Zn	Rb
Média	0,159866667	0,773066667	0,09943333	0,080851852
Desvio Padrão	0,120161761	0,54360224	0,07758595	0,045369025
Variância	0,000144388	0,002955034	6,0196E-05	2,05835E-05

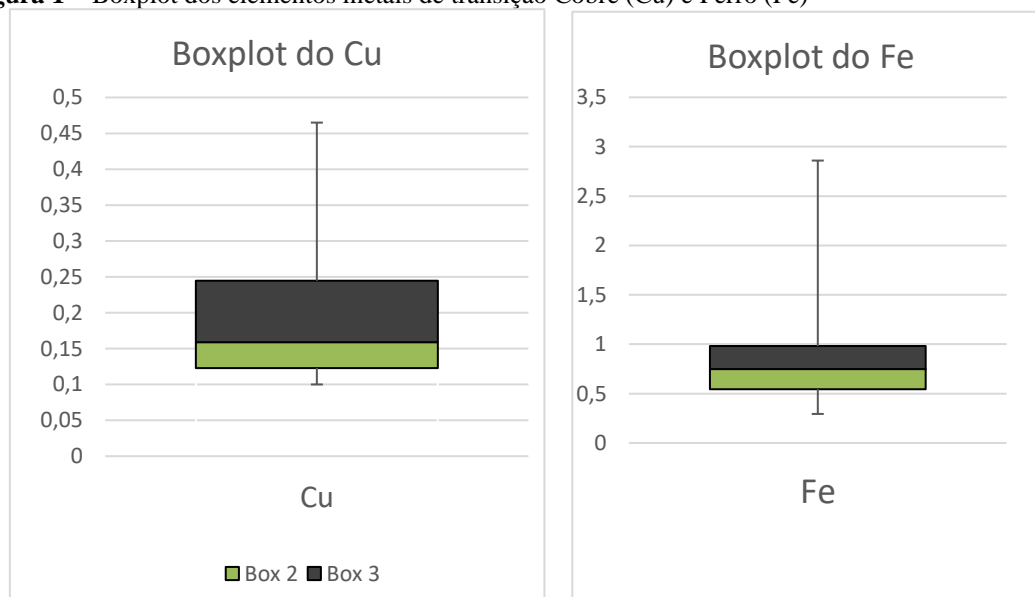
Cu: Cobre, Fe: Ferro, Zn: Zinco, Rb: Rubídio.

O Teste T *Student* com ($t < 0,05$) avaliou os elementos Cobre (cu) e Ferro (fe) a fim de comparar grupos independentes, onde obteve-se o valor de 6,75451E-07 indicando assim uma diferença significativa entre os elementos comparados, mostrando uma heterogeneidade entre os elementos. Na análise dos elementos Zinco (Zn) e Rubídio (Rb) o Test T *Student* com ($t < 0,05$) obteve um resultado de 0,06243791 no qual difere dos elementos químicos anteriormente comparados, o resultando da comparação de Zn e Rb demonstrou que não há uma diferença significativa tendo amostras homogêneas.

Estes resultados são fortalecidos com a análise do boxplot onde se nota uma tendência de variabilidade para as variáveis: Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Rubídio (Rb).

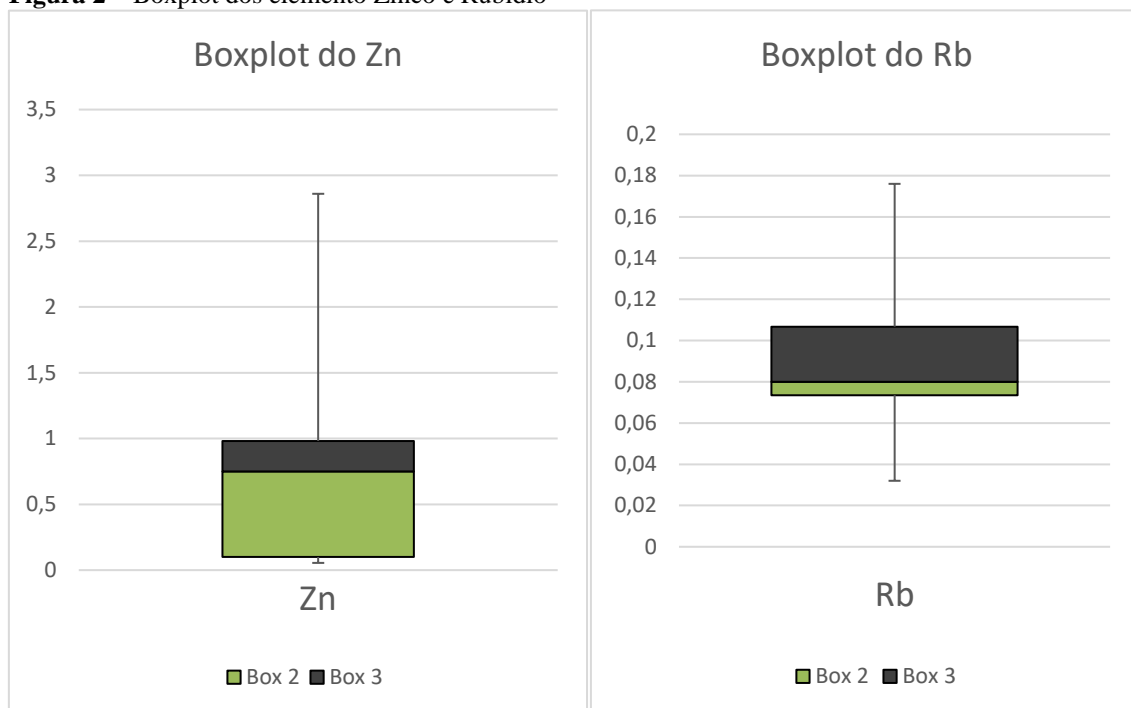
O cobre (cu) representa uma distribuição assimétrica positiva onde o primeiro quartil se encontra próximo da mediana (Figura 1).

Figura 1 – Boxplot dos elementos metais de transição Cobre (Cu) e Ferro (Fe)



Por outro lado, o elemento Zinco (Zn) possui uma distribuição assimétrica negativa, pois o primeiro quartil encontra-se distante da mediana, já o elemento Rubídio (Rb) apresenta uma distribuição assimétrica positiva devido ao primeiro quartil estar próximo da medida de tendência central (Figura 2).

Figura 2 – Boxplot dos elemento Zinco e Rubidio



Comparado aos elementos analisados o Ferro (Fe) apresentou menor variabilidade distinguindo-se dos demais no qual o torna o elemento químico com maior estabilidade (Figura 1). Analisando os elementos identificados nas unidades amostrais outros autores utilizaram técnicas distintas para a análise de outros materiais orgânicos (SANTOS, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os elementos químicos encontrados no resíduo da casca do cupuaçu foram Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Rubídio (Rb) classificados em metais e ao mesmo tempo nutrientes. De acordo com Kirkby; Römheld (2007) os constituintes químicos (Cu, Fe, Zn) são micronutrientes importantes para as funções fisiológicas das plantas e para a constituição das paredes celulares integrando o ciclo de vida.

O (Rb) não é um micronutriente, mas pode ser usado como traçador no qual já foi empregado em estudo nutricional (MIGLIAVACCA, 2015). Partindo do pré suposto dos elementos identificados pela fluorescência de raio-X e diante das análises dos resultados, cria-se a hipótese de que os resíduos da casca do cupuaçu podem ser empregados, reutilizados e agregados com outros insumos para a constituição de fertilizantes para ser usado na agricultura, pois, fundamenta-se que os elementos (Cu, Fe, Zn) são de extremo valor para a nutrição vegetal.

De fato, ainda é necessária uma pesquisa mais ampla voltada aos resíduos da casca do cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*), até o momento foi proposta a hipótese de que os resíduos podem ser utilizados como agregados em substratos para serem aplicados na agricultura baseando-se na pesquisa feita e em comparação com outros estudos realizados por outros autores devido a semelhança das propriedades químicas identificadas.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, D. B./RIBEIRO, C. F.; NUNES, T. A.; SILVA, J. Potencial da casca da castanha do Brasil como biofertilizante no cultivo de *Lactuca sativa* L. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 4, n. 1, p. 193-199, 2017.
- ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. da C. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçu, com e sem sementes, na região da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 320-325, 2004.
- KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: Micronutrientes na fisiologia de plantas. **Informações Agronômica**, n. 118, 2007. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/%24FILE/Encarte-118.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- LIMA, S. A.; ROSSIGNOLO, J. A. Estudo das características químicas e físicas da cinza da casca de castanha de caju para uso em materiais cimentícios. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 4, p. 383-389, 2010.
- MIGLIAVACCA, R. A. **Caracterização do uso do rubídio como marcador de potássio no milho (*Zea mays* L.)**. 2015. 76 f. Dissertação (Mestre em Ciências - Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.
- SILVA, D. C.; LIMA, M. F.; VELEZ, H. E. V.; SANTANA, A. A. Estudo da modelagem de cinética de secagem da polpa de cupuaçu na produção de biopolímeros. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 4, n. 3, p. 49-57, 2017.
- TEZOTTO, T.. **Metabolismo e qualidade da bebida em cafeeiro expostos ao cádmio, níquel e zinco**. 2010. 124 f. Dissertação (Mestre em Ciências – Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.