

## Artigo

## Avaliação da Composição Mineral de Folhas e Chás de Embaúba (*Cecropia palmata* Willd. e *Cecropia obtusa* Trécul.) por Espectrometria de Emissão Ótica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)

Ramos, T. J. N.;\* Lameira, O. A.; Silva, M. S. M.; Müller, R. C. S.; Faial, K. C. F.; Lima, M. O.

Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (6), 2414-2426. Data de publicação na Web: 19 de dezembro de 2017

<http://rvq.sbq.org.br>

### Evaluation of Mineral Composition of Embaúba (*Cecropia palmata* Willd. and *Cecropia obtusa* Trécul) Leaves and Teas by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

**Abstract:** In this study, were evaluated the Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na e Zn concentrations in leaf of teas of *Cecropia* from different seasons. The samples were digested by microwave and analyzed by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. The results showed that there was a reduced metal transfer from the dry matter to the teas, and mineral levels did not exceed the maximum tolerable. Chemometric studies showed that the species *Cecropia obtusa* e *Cecropia palmata* obtained during the rainy season has the highest similarity, in relation to levels of nutrients Ca, Cu and Mn.

**Keywords:** *Cecropia*; tea; mineral composition; seasonal period.

### Resumo

Neste estudo foram avaliadas as concentrações dos metais Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na e Zn em folhas e chás de *Cecropia*, coletadas no horto de plantas medicinais da Embrapa Amazônia Oriental, em diferentes períodos sazonais. As amostras foram digeridas por micro-ondas e analisadas por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado. Os resultados revelaram que ocorreu uma reduzida transferência dos metais da matéria seca para os chás, e que os teores de minerais não excederam os limites máximos toleráveis. Estudos quimiométricos mostraram que as espécies *Cecropia obtusa* e *Cecropia palmata* obtidas no período chuvoso apresentaram maior similaridade, em relação aos teores dos nutrientes Ca, Cu e Mn.

**Palavras-chave:** *Cecropia*; chá; composição mineral; período sazonal.

\* Universidade Federal Rural da Amazônia, Curso de Doutorado, Av. Presidente Tancredo Neves 2501-Montese, CEP 66077-530, Belém-PA, Brasil.

✉ [terezinha.ramos@ufra.edu.br](mailto:terezinha.ramos@ufra.edu.br)

DOI: [10.21577/1984-6835.20170144](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170144)

## **Avaliação da Composição Mineral de Folhas e Chás de Embaúba (*Cecropia palmata* Willd. e *Cecropia obtusa* Trécul.) por Espectrometria de Emissão Ótica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)**

**Terezinha de Jesus N. Ramos,<sup>a,\*</sup> Osmar A. Lameira,<sup>b</sup> Mariana S. M. da  
Silva,<sup>c</sup> Regina Celi S. Müller,<sup>d</sup> Kelson do C. F. Faial,<sup>e</sup> Marcelo de O. Lima<sup>e</sup>**

<sup>a</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia, Curso de Doutorado, Av. Presidente Tancredo  
Neves 2501- Montese, CEP 66077-530, Belém-PA, Brasil.

<sup>b</sup> Embrapa Amazônia Oriental, Laboratório de Biotecnologia, 66095-100 Belém-PA, Brasil

<sup>c</sup> Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade da Amazônia, Av. Alcindo Cacela, 287,  
CEP 66065-219, Belém-PA, Brasil.

<sup>d</sup> Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correa,  
CEP 166075-110, Belém-PA, Brasil.

<sup>e</sup> Instituto Evandro Chagas, Laboratório de Toxicologia “Dr. Edilson Brabo”, Rodovia BR-316 km  
7 s/n - Ananindeua, CEP 67030-000, Belém-PA, Brasil.

\* [terezinha.ramos@ufra.edu.br](mailto:terezinha.ramos@ufra.edu.br)

*Recebido em 24 de maio de 2017. Aceito para publicação em 17 de dezembro de 2017*

### **1. Introdução**

### **2. Materiais e métodos**

- 2.1.** Coleta e identificação do material botânico
- 2.2.** Determinação do peso seco total
- 2.3.** Preparação das infusões (chás)
- 2.4.** Digestão das amostras secas
- 2.5.** Instrumentos e Acessórios
- 2.6.** Reagentes, soluções e material de referência certificado
- 2.7.** Análise e estatística dos dados

### **3. Resultados e discussão**

### **4. Conclusão**

### **1. Introdução**

O uso da flora amazônica atualmente tem

despertado o interesse de pesquisadores em estudos envolvendo áreas multidisciplinares tais como a química, botânica, farmacologia e fitoquímica, que juntas enriquecem os

conhecimentos do uso das plantas para fins alimentícios, medicinais e cosméticos.<sup>1</sup>

Ainda hoje, em algumas cidades brasileiras as plantas medicinais são comercializadas em feiras livres e mercados populares facilitando sua utilização como remédios caseiros. A Organização Mundial da Saúde estima que cerca de 60 a 80% da população que vive nos países em desenvolvimento depende essencialmente das plantas para seus cuidados primários de saúde.<sup>2</sup>

*Cecropia* é um gênero característico da Flora Neotropical formado por cerca de 70 espécies distribuídas por toda América Latina, incluindo o Brasil. São plantas pioneiras na regeneração natural de áreas degradadas, onde fazem parte da vegetação que se estabelece inicialmente nessas áreas em muitas regiões tropicais. Dentre as espécies de *Cecropia* da Flora Amazônica destaca-se a *Cecropia palmata* e *Cecropia obtusa*, sendo conhecidas como embaúba vermelha e embaúba branca, respectivamente.<sup>3</sup>

A ação terapêutica de várias espécies de *Cecropia* é conhecida há muito tempo pela população mais simples e atualmente vem recebendo atenção com pesquisas científicas, confirmando muitas das suas propriedades medicinais no tratamento da tosse, bronquite, pressão alta, inflamação e problemas cardíacos. Entres as espécies mais estudadas encontram-se: *C. glaziovii*,<sup>4</sup> *C. peltata*,<sup>5</sup> e *C. pachystachya*.<sup>6</sup>

Um vegetal é um ser vivo e está sujeito às influências do ambiente que podem afetar de diferentes formas seu metabolismo. É indiscutível a importância do solo transferindo água, sais minerais, nutrientes e, sob determinadas condições, elementos não benéficos como metais pesados.<sup>7</sup>

Estudos mostram que a concentração de minerais em plantas pode estar associada a vários fatores entre eles a espécie, variedade genética, idade, parte do tecido vegetal e o ambiente onde são cultivadas.<sup>8</sup>

A acumulação e absorção de metais

variam de uma espécie de planta para outra.<sup>9</sup> Isso pode resultar em diferenças na capacidade de retenção do elemento absorvido nas raízes, e/ou variação da carga no xilema.<sup>10</sup> Outros fatores, tais como estágio de desenvolvimento da planta, tempo de exposição ao metal e as diferentes espécies químicas dos elementos, podem também interferir nesses aspectos, refletindo nos teores dos metais nas diferentes partes da planta.<sup>11</sup>

Existem vários estudos relacionados à avaliação fitoquímica e farmacológica de espécies de *Cecropia*<sup>12,13,14</sup>, entretanto no que diz respeito à avaliação mineral, existem poucas pesquisas relacionadas. Dentre elas, foi avaliada a acumulação de fósforo em tecidos foliares e cascas de *Cecropia palmata* sendo de grande importância ecológica em paisagens amazônicas com deficiência deste metal (OLIVEIRA E MOTA, 2010; OLIVEIRA E CARVALHO, 2011).<sup>15,16</sup> De acordo com alguns pesquisadores, a embaúba é capaz de acumular, principalmente em suas raízes, metais do solo como alumínio, cálcio, cobre, cromo, ferro, magnésio, manganês, níquel e zinco, apresentando pouca translocação para outros tecidos.<sup>17</sup>

De acordo com este contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição mineral na matéria seca de folhas de *Cecropia palmata* e *Cecropia obtusa* em diferentes sazonalidades e certificar as propriedades nutricionais elementos químicos dos chás produzidos por infusão das folhas dessas duas espécies de *Cecropia*.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Coleta e identificação do material botânico

Foram utilizadas amostras de folhas de embaúba das espécies (*Cecropia palmata* Willd. e *Cecropia obtusa* Trécul.), família Cecropiaceae. Foram realizadas coletas de diferentes galhos de árvore adulta com altura

entre 8 a 10 metros, nos meses de setembro de 2010, período de menor precipitação pluviométrica e fevereiro de 2011 considerado período de maior precipitação pluviométrica, no horário entre 8:30 h e 10:00 h. As folhas de *C. obtusa* foram coletadas no horto de plantas medicinais da Embrapa Amazônia Oriental - Belém PA. (1°26'30" S; 48° 27'0" W), e de *C. palmata* em área denominada Capoeira do Black também na Embrapa (1°26'2"58 S; 48°26'34.39 W). As espécies de *Cecropia obtusa* e *Cecropia palmata* foram identificadas no Laboratório de Botânica da Embrapa Amazônia Oriental Belém PA, sob a responsabilidade da Dra. Silvana T. Rodrigues, e as exsiccatas arquivadas no Herbário IAN deste Laboratório sob os números IAN185555 e IAN185556 respectivamente.

## 2.2. Determinação do peso seco total

A determinação do peso seco das amostras foi realizada no Laboratório de Agroindústria da Embrapa, Belém-PA. As folhas foram separadas por espécie, lavadas em água corrente, cortadas, pesadas, colocadas em bandejas de inox e levadas à estufa de secagem e circulação mecânica (FANEM 320-SE), à temperatura de 45°C por cinco dias. Após esta etapa, as amostras foram pesadas, trituradas e acondicionadas em sacos plásticos identificados e guardados em geladeira à temperatura de 10°C até o uso.

## 2.3. Reagentes, soluções e material de referência certificado

Todos os reagentes foram de alto grau de pureza (Suprapur®) e as soluções foram preparadas utilizando água ultrapura obtida a partir de um sistema de ultrapurificação (Milli-Q, Millipore®). Para a digestão das amostras foram utilizados os reagentes HNO<sub>3</sub> concentrado (Merck) e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (Merck). As

soluções estoques contendo 1000 mg L<sup>-1</sup> Fe, Zn, Cu, Mn, K, Ca, Mg, Na e K em 5,0 % (v/v) de HNO<sub>3</sub> (Merck), foram devidamente diluídas obtendo as soluções de referência. Para a calibração do ICP-OES, as soluções de referência foram preparadas com concentrações na faixa de 0,2 a 5,0 mg L<sup>-1</sup>, para o Zn, Cu e Mn, e 0,1 a 0,8 mg L<sup>-1</sup> para o Fe, Ca, Mg, Na e K, obtidas através da diluição sucessiva da solução estoque de 1000 mg L<sup>-1</sup> (Merck). Como material de referência certificado foi utilizado SRM 1573<sup>a</sup> - *tomato leaves* (NIST,USA). Para o Fe foi utilizado como material de referência GBW 07601 Poplar Leaves Made in China.

## 2.4. Preparação das infusões (chás)

Para o preparo das infusões (chás) foram utilizadas folhas secas pulverizadas das duas espécies coletadas nos períodos considerados. Os chás foram preparados pesando-se 1 g de amostra em um erlenmeyer de 50 mL. Em seguida adicionou-se 25 mL de água ultrapura (Milli Q, Millipore) em ebulição. O erlenmeyer foi vedado para diminuir as perdas de água por evaporação. Após 10 min, filtrou-se para balão de 50 mL, adicionou-se 0,5 mL de ácido nítrico concentrado, e completou-se o volume para 50 mL com água ultrapura. Para a eliminação de resíduos, as infusões foram transferidas para tubos de polipropileno de fundo cônico sendo centrifugadas em um tempo de 5 min a 2000 rpm (DSC-16, PRESVAC). Após a retirada do sobrenadante as amostras foram transferidas para tubos de polipropileno devidamente identificados, completando-se o volume final para 50 mL com água ultrapura. As infusões foram preparadas em triplicata e analisadas no mesmo dia.

## 2.5. Digestão das amostras secas

Em tubos de Teflon para micro-ondas pesou-se 0,25 ± 0,05 g da matéria seca,

adicionou-se em cada tubo 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, fechou-se os tubos e deixou-se em repouso por 24 h. Após esta etapa, adicionou-se 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30% v/v) e deixou-se em repouso por 1 h. As amostras foram digeridas em forno micro-ondas modelo MARSXpress -CEM, Inc. onde foram utilizadas as seguintes etapas: 1<sup>a</sup> etapa: potência de 800 W por 5 min; 2<sup>a</sup> etapa: potência de 800 W por 2 min; 3<sup>a</sup> etapa: potência de 400 W por 2 min e 4<sup>a</sup> etapa: potência de 1600 W por 3 min. Depois de completada a digestão o material foi filtrado para tubos cônicos e o volume final ajustado para 50 mL com água ultrapura. Para avaliar a exatidão do método proposto foram utilizados dois materiais de referência certificados (MRCs), o SRM 1573a - tomato leaves, fornecido pela *National Institute of Standards & Technology* (NIST, USA) e o GBW 07601 Poplar Leaves Made in China. Os MRCs foram submetidos simultaneamente aos mesmos processos de digestão das amostras de matéria seca e os brancos analíticos foram preparados utilizando o mesmo procedimento sem adição de amostras.

## 2.6. Instrumentos e Acessórios

A determinação dos elementos químicos Ca, Cu, K, Mg, Mn, Na e Zn na matéria seca (folhas) e infusão (chá) de *C. palmata* e *C. obtusa* e material de referência (SRM), foi efetuada utilizando um espectrofotômetro de emissão atômica com plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP-OES) (Vista-MPX, Varian Inc., Mulgrave, Austrália). Para análise do Fe foi utilizado o espectrômetro de Absorção Atômica (Spectr AA 220 Atomic Absorption Spectrometer, modelo Varian AAS, Mulgrave, Austrália) com fluxo de gás acetileno. Os parâmetros operacionais estabelecidos para determinação dos elementos químicos Ca, Cu, K, Mg, Na, Mn e Zn pelo ICP OES estão ilustrados na Tabela 1. Os parâmetros para o Fe pelo AAS foram comprimento de onda de 238,2 nm e chama de gás ar/acetileno. As análises foram realizadas no Laboratório de Toxicologia da Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas, Belém Pará (SAMAM/IEC).

**Tabela 1.** Parâmetros operacionais e comprimentos de onda utilizados no ICP-OES

Condições do equipamento	Elementos	Comprimento de onda (nm)
Potência (kW): 1,00	Ca	496,847
Fluxo do plasma (L min <sup>-1</sup> ): 15,0	Cu	327,395
Fluxo auxiliar (L min <sup>-1</sup> ): 15,0	K	766,491
Fluxo do nebulizador (L min <sup>-1</sup> ): 0,70	Mg	279,553
Tempo de leitura das replicatas (s): 5	Na	588,995
Tempo de Estabilização (s): 20	Mn	257,610
Tempo de captação da amostra (s): 35	Zn	213,857
Velocidade relativa da bomba (rpm): 25		
Lavagem da bomba (s): 10		

## 2.7. Análise estatística dos dados

A concentração total dos elementos químicos na matéria seca e chás foi expressa

como média ± dp (desvio padrão) e os dados obtidos foram submetidos á métodos quimiométricos explanatórios componentes principais (PCA) usando o gráfico biplot que representa no mesmo gráfico as relações

entre as variáveis e amostras, e análise hierárquica de agrupamento (HCA) que agrupa as observações por similaridade, através do método de Ward mostrada por dendograma. Para análises dos dados foi utilizado o programa MINITAB.

### 3. Resultados e discussão

As figuras de mérito utilizadas para a validação do método foram às equações das curvas analíticas pela análise de mínimos quadrados e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), limites de detecção (LD) e quantificação (LQ), calculados a partir de 10 leituras do branco analítico apresentados na Tabela 2. As equações 1 e 2 expressam de que forma os limites de detecção e quantificação foram calculados, respectivamente. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mostraram que as curvas analíticas obtidas apresentaram boa linearidade com valores superiores a 0,9995.

Os limites de detecção e de quantificação permitem a determinação dos analitos na matéria seca e nas infusões com exatidão e precisão.<sup>18</sup>

As recuperações dos elementos Ca, Cu, K, Mg, Mn, Na e Zn no MRC SRM 1573<sup>a</sup> e do elemento Fe no MRC GBW 07601 variaram de 80 a 108%. Os valores de recuperações (%) obtidos foram: Ca 108,3%, Cu 80,4%, K 105,1%, Fe 94,89%, Mg 100,2%, Mn 89,9%, Na 91,14% e Zn 92,2% indicando boa exatidão na metodologia proposta.

Alguns elementos químicos, normalmente estão presentes em alimentos em baixas concentrações como Fe, Cu, Zn, e são avaliados nutricionalmente como micronutrientes essenciais para saúde humana. Estes elementos são necessários em pequenas quantidades em cerca de 15 mg dia<sup>-1</sup> ou menos podendo ser tóxicos em altas concentrações. Outros, como o Na, Ca, Mg e K são macronutrientes, necessários em maiores quantidades em cerca de 100 mg/dia.<sup>19</sup>

**Tabela 2.** Figuras de mérito para a determinação dos elementos químicos em HNO<sub>3</sub> 1% (v/v) utilizando a técnica de ICP-OES

Mineral	Faixa Linear (mg L <sup>-1</sup> )	Equação da curva analítica	R <sup>2</sup>	LD (μg L <sup>-1</sup> )	LQ (μg L <sup>-1</sup> )
Ca	0 – 3,2	Y=364598x + 33560	0,9986	3,005	9,015
Cu	0 – 3,2	Y=3757,2x + 60,07	0,9999	1,045	3,135
K	0 – 3,2	Y=32890x + 814,49	0,9997	0,847	2,541
Fe	0 – 3,2	Y= 0,0167x – 0,0018	0,9994	2,001	6,033
Mg	0 – 3,2	Y=74653x – 1314,6	0,9998	0,854	2,562
Mn	0 – 3,2	Y=34446x – 18,331	0,9999	0,857	2,571
Na	0 – 3,2	Y=203720x +2213,2	0,9987	0,985	2,955
Zn	0 – 3,2	Y=3300,9x + 34,889	0,9999	0,820	2,460

Y= Intensidade; x= concentração do analito; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinação; LD= Limite de Detecção; LQ = Limite de Quantificação.

$$LD = \frac{3RSD}{\alpha} \quad \text{Equação 1}$$

$$LQ = 10LD \quad \text{Equação 2}$$

onde: LD = limite de detecção; RSD = desvio padrão relativo para dez medidas da solução do branco analítico;  $\alpha$  = coeficiente angular da curva analítica; LQ = limite de quantificação.<sup>20</sup>

Os resultados das concentrações dos elementos químicos da matéria seca das folhas e infusões (chás) de *C. palmata* e *C. obtusa* obtidas em períodos seco e chuvoso, estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Teores médios (mg kg<sup>-1</sup>) e desvio padrão da concentração dos elementos químicos da matéria seca (MS) de folhas e chás das duas espécies de *Cecropia* em períodos de menor e maior precipitação pluviométrica

Elementos	Amostra	<i>C. obtusa</i>		<i>C. palmata</i>	
		Menor precipitação	Maior precipitação	Menor precipitação	Maior precipitação
Ca	MS	5428 ± 369	7303 ± 560	4814 ± 275	5751 ± 549
	Chá	7 ± 1	49 ± 12	24 ± 3	26 ± 12
Cu	MS	6 ± 1	8 ± 2	7 ± 1	8 ± 1
	Chá	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,1
Fe	MS	100 ± 2	90 ± 46	97 ± 11	97 ± 16
	Chá	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0
K	MS	9389 ± 613	8385 ± 622	8643 ± 407	5026 ± 440
	Chá	29 ± 4	190 ± 35	172 ± 6	172 ± 51
Mg	MS	1001 ± 9	869 ± 58	1309 ± 84	1064 ± 91
	Chá	2 ± 0,4	17 ± 2	14 ± 0,2	13 ± 5
Na	MS	366 ± 29	243 ± 41	259 ± 26	590 ± 58
	Chá	8 ± 1	13 ± 6	12 ± 4	9 ± 1
Mn	MS	43 ± 0,0	47 ± 1	44 ± 6	100 ± 23
	Chá	0,1 ± 0,0	0,5 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,0
Zn	MS	20 ± 10	23 ± 4	21 ± 7	21 ± 12
	Chá	0,1 ± 0,0	0,4 ± 0,2	0,5 ± 0,0	0,4 ± 0,0

Na determinação dos nutrientes Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, Mn e Zn na matéria seca das duas espécies de *Cecropia* foram observadas concentrações relativamente altas dos macronutrientes Ca, K e Mg, levando-se em consideração que são nutrientes fundamentais para o crescimento de um vegetal e que podem se acumular dependendo da idade da planta. Fatores como características morfológicas e fisiológicas das plantas determinam a pequena ou alta absorção de nutrientes.<sup>21</sup> Estes macronutrientes são considerados

essenciais para a nutrição, em concordância com resultados obtidos em outros trabalhos descritos para determinação de metais em plantas.<sup>22,23,24</sup>

Comparando-se os resultados das concentrações dos elementos químicos da matéria seca de *C. obtusa* e *C. palmata* nos períodos de menor e maior precipitação (Tabela 3), foi observado que em ambas as espécies obtidas no período chuvoso (maior precipitação), às concentrações de Ca, Cu, e Mn, aumentaram significativamente. Além desses elementos, o Zn aumentou em *C.*

*obtusa*, e o Na em *C. palmata* nesse mesmo período.

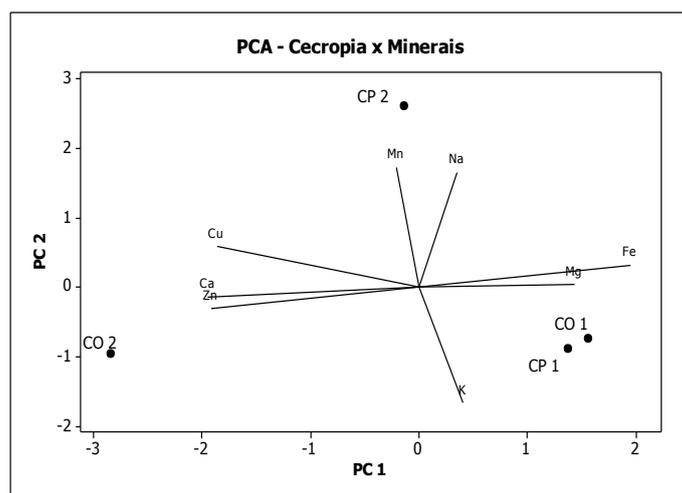
Para as plantas obtidas no período menos chuvoso (menor precipitação) foi observado o aumento das concentrações de Fe, K e Mg para as ambas espécies de *Cecropia*, de Na e Fe para a *C. obtusa*, enquanto que o Zn aumentou em *C. obtusa*, e praticamente não variou com a sazonalidade para a espécie *C. palmata*. Assim as diferenças encontradas nos resultados podem estar relacionadas não só com a sazonalidade, mas também com as características inerentes à própria espécie de planta estudada.

A variação sazonal pode ser uma das maiores fontes de variação de metais nas plantas. Estudos mostram que no período de estiagem, a incidência da radiação solar favorece uma maior evaporação nos corpos d'água e, dessa forma, contribui para aumento da concentração desses elementos no solo, enquanto no período chuvoso a ação da lixiviação diminui a concentração destes elementos.<sup>24</sup> A variação sazonal na concentração dos elementos químicos em folhas está fortemente relacionada aos

mecanismos de absorção e de retranslocação.<sup>25</sup>

O ciclo de nutrientes na Amazônia em resposta às mudanças ambientais e climáticas indicam que as concentrações dos elementos químicos nas folhas, podem estar relacionadas às condições geoclimáticas, e que as chuvas (deposição úmida) e os aerossóis (deposição seca) representam entradas importantes de alguns dos nutrientes essenciais para as plantas da Amazônia, e a importância relativa dessas fontes pode variar de um nutriente para outro.<sup>26</sup> Vários estudos sobre nutrientes minerais indicam que a dinâmica de nutrientes nas plantas varia em função de vários fatores, entre eles a espécie, idade foliológica, condições edafoclimáticas, práticas de manejo adotadas e conteúdo de nutrientes na solução do solo.<sup>27,28</sup>

Para descrever a similaridade e as correlações entre variáveis (elementos químicos), entre as observações (amostras) e entre variáveis e observações, os dados das análises químicas de *C. obtusa* e *C. palmata* em diferentes sazonalidades foram submetidas ao PCA e HCA.



**Figura 1.** Relação entre variáveis (elementos químicos) e espécies de *Cecropia* obtidas em período seco (CO<sub>1</sub>, CP<sub>1</sub>) e chuvoso (CO<sub>2</sub>, CP<sub>2</sub>)

A Figura 1 mostra a representação gráfica (biplot), das componentes principais (PCA),

cuja característica principal é o comportamento dos elementos químicos nas

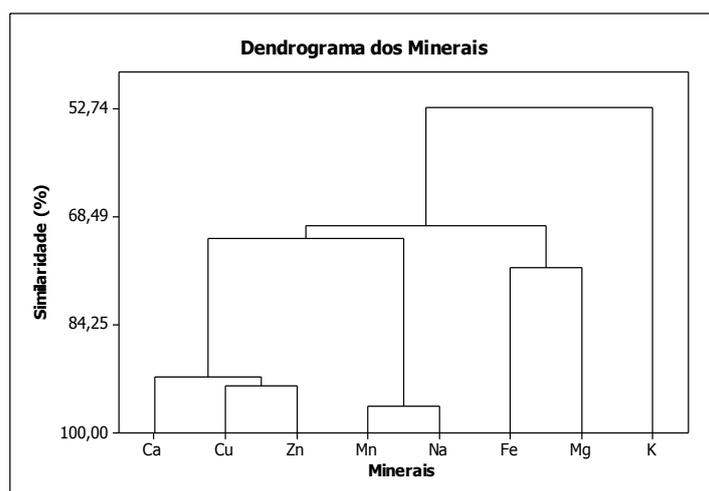
diferentes espécies de *Cecropia* de acordo com a sazonalidade. A PCA dividiu os dados em quadrantes I, II, III e IV para as duas componentes ( $PC_1$  e  $PC_2$ ). A primeira componente principal ( $PC_1$ ) que é a combinação linear de máxima variância, detém mais informações estatísticas que a componente secundária ( $PC_2$ ).<sup>29</sup>

No gráfico, foi observada uma mudança na distribuição entre os quadrantes para as variáveis Ca, Cu, Zn, Mn, Na, K, Mg e Fe, em amostras de *C. obtusa* e *C. palmata* obtidas nos períodos seco e chuvoso (CO1, CO2 e CP1,CP2).

No quadrante I da PCA, encontram-se o Mg, Fe e Na com correlações positivas às componentes  $PC_1$  e  $PC_2$ . No quadrante II

encontram-se a *C. obtusa* obtida no período chuvoso ( $CP_2$ ), e as variáveis relacionadas às concentrações de Mn, Cu e Ca, com correlações negativas com a  $PC_1$  e positivas com a  $PC_2$ . No quadrante III, a *C. obtusa* obtida no período chuvoso (CO<sub>2</sub>) onde o Zn têm correlação negativa com a  $PC_1$  e  $PC_2$ . No quadrante IV, a *C. palmata* e *C. obtusa*, obtidas no período seco (CO<sub>1</sub> e CP<sub>1</sub>) e o K com correlações positiva com  $PC_1$  e negativa com a  $PC_2$ .

A formação de grupos de similaridade entre os elementos químicos de acordo com a sazonalidade e as espécies de plantas estudadas, pode ser melhor visualizada no dendograma (Figura 2).



**Figura 2.** Dendrograma de dados relativos às variáveis (elementos químicos) de *Cecropia* obtidas em diferentes sazonalidades

Os resultados da análise hierárquica de grupamentos (HCA) revelam mais detalhadamente a similaridade entre os elementos químicos nas espécies de *C. obtusa* e *C. palmata* obtidas nos períodos menos e mais chuvoso (Figura 2). Quanto menor a distância entre os pontos, maior a similaridade entre as variáveis.

No dendograma (Figura 2) os grupos formados pela similaridade foram: Grupo 1, com 91 e 92% de similaridade, formado pelos elementos Ca, Cu e Zn com maiores concentrações no período chuvoso para as

duas espécies: *C. palmata* ( $CP_2$ ) e *C. obtusa* (CO<sub>2</sub>); Grupo 2, com 96% de similaridade, formado pelos elementos Na e Mn com maiores concentrações no período chuvoso para *C. palmata* ( $CP_2$ ); Grupo 3, com similaridade de 69 e 81%, formado pelos metais Fe, Mg, pelas maiores concentrações no período menos chuvoso para as duas espécies (CO<sub>1</sub> e CP<sub>1</sub>). O mineral K apesar de no gráfico apresentar um comportamento distinto dos demais, possui similaridade de 52,74%, quando comparado com os demais elementos estudados. Foi observado também, que as concentrações de K

aumentaram no período menos chuvoso nas duas espécies de *Cecropia* estudadas (Tabela 3 e Figura 2).

Esses resultados mostram que a interação entre época do ano (sazonalidade) e a espécie vegetal de escolha interferem na concentração da maioria dos elementos determinados. De acordo com a literatura, nem sempre se consegue encontrar um padrão sazonal claro na concentração de nutrientes minerais em folhas de plantas, demonstrando a complexidade na interação de dados em uma região onde fatores

ambientais interagem de forma sinérgica e antagonista.<sup>30,31</sup>

Na Tabela 3 foi observado que através do processo de infusão das folhas das duas espécies de *Cecropia*, as concentrações dos elementos da matéria seca em relação às dos chás, ocorreu com reduzida transferência. Essa diminuição faz com que a ingestão dessa forma farmacêutica tradicionalmente utilizada pela população, não seja tóxica em relação à concentração dos elementos estudados. Não foi detectada a presença de Fe nos chás da espécie *C. palmata* nos dois períodos analisados.

**Tabela 4.** Concentrações de elementos químicos ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) calculadas para uma xícara de chá padrão (200 mL) de duas espécies de *Cecropia* e a comparação com os valores de referência

Meta I	Forma	<i>C. palmata</i>		<i>C. obtusa</i>		WHO* mg/DDI	RDA** mg/DDI	UL*** mg/DDI
		Sem Chuva	Com Chuva	Sem Chuva	Com Chuva			
Ca	Chá	28 ± 6	195 ± 49	97 ± 12	12 ± 47	500	1200	3000
Cu	Chá	0,2 ± 0,1	0,57 ± 0,07	0,26 ± 0,04	0,04 ± 0,18	2	2	10
Fe	Chá	0,20 ± 0,04	0,14 ± 0,06	ND	ND	20	15	45
K	Chá	115 ± 17	758 ± 140	687 ± 26	26 ± 205		2000	
Mg	Chá	7 ± 2	70 ± 6	56 ± 1	0,75 ± 20,50	300	350	1200
Na	Chá	31 ± 3	52 ± 25	48 ± 14	14 ± 4		500	
Mn	Chá	0,23 ± 0,08	1,9 ± 0,7	1,0 ± 0,2	0,2 ± 0,4	3	5	11
Zn	Chá	0,56 ± 0,06	2,0 ± 0,7	1,8 ± 0,4	0,4 ± 0,6	15	15	45

\*World Health Organization \*\*Recommended Dietary Allowances \*\*\*Tolerable Upper Intake Level. ND (Não detectado).

Esses resultados foram avaliados de acordo com os limites considerados seguros para o consumo humano. Para isso foram calculadas as concentrações desses elementos químicos contidas em uma xícara de chá padrão de 200 mL consumida por dia

(Tabela 4). Levando-se em consideração que nas análises utilizadas no preparo do chá de cada espécie de *Cecropia*, 1 g de massa seca de folhas foi utilizada para um volume final de 50 mL de água, pode-se estimar que para

uma xícara de chá padrão foram ingeridas por dia 4g de folhas.

Os valores dos teores médios calculados para o Ca, Cu, K, Na, Fe, Zn, Mg para uma xícara de chá padrão (200mL) foram comparados com os de referência: (WHO-World Health Organization, 1996)<sup>32</sup> necessidade diária recomendadas pela Organização Mundial de Saúde, (RDA - Recommended Dietary Allowance, 2006)<sup>33</sup> definida como a quantidade de um nutriente necessária para atender as necessidades de quase toda a população saudável (97 a 98%) de indivíduos para quais ela foi desenvolvida e (UL- Tolerable Upper Intake Level, 2006)<sup>33</sup> definido como o limite máximo de ingestão diária de um nutriente com pouca probabilidade de causar quaisquer efeitos adversos nos membros mais sensíveis de uma população saudável.

Os resultados encontrados em uma xícara de chá para as duas espécies de *Cecropia* mostraram que apesar da matéria seca das folhas conterem níveis considerados altos para a maioria dos elementos químicos, pelo processo de infusão ocorreu uma grande redução das concentrações desses elementos para os chás sugerindo que o uso de uma xícara de chá por dia das plantas avaliadas conforme metodologia empregada, possa ser utilizada como uma possível fonte de minerais, sem risco de toxidez, visto que os teores encontrados na infusão não ultrapassam o limite máximo tolerável (UL). A composição química elementar de um alimento é uma indicação significativa de seu valor nutritivo, contudo, as concentrações ingeridas não são totalmente absorvidas, ou seja, existe uma biodisponibilidade, que depende da forma como o elemento está disponível para ser absorvido.<sup>34</sup>

A maioria dos elementos encontrados nos chás das duas espécies de *Cecropia* foram detectados também em outras espécies medicinais da Amazônia tais como: *Montrichardia linifera*<sup>24</sup> e *Mikania linjdleyan*.<sup>22</sup> No entanto, estudos futuros são necessários para que se obtenham informações do potencial terapêutico das espécies *C. palmata* e *C. obtusa* além do valor

nutricional, contribuindo assim para o uso tradicional destas espécies com eficácia e segurança para a saúde da população.

## 4. Conclusão

Os métodos de PCA e HCA foram úteis para mostrar a similaridade entre variáveis nas espécies de *Cecropia* nos diferentes períodos de coleta, com a formação de grupos em relação a suas concentrações. No período chuvoso ocorreu maior similaridade de Ca, Cu e Mn para duas espécies. Independente do período chuvoso, alguns elementos tiveram suas concentrações aumentadas nas diferentes espécies de *Cecropia* estudadas.

Dentre os limites considerados seguros para o consumo humano, o uso de uma xícara de chá/dia das espécies de *Cecropia*, poderá ser utilizada como uma possível fonte de elementos sem risco de toxidez no que se refere à concentração de Ca, Cu, K, Na, Fe, Zn e Mg, visto que os teores encontrados não ultrapassaram o limite máximo tolerável (UL) estabelecido pela Organização Mundial de Saúde.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural da Amazônia, Embrapa Amazônia Oriental, Universidade Federal do Pará e ao Instituto Evandro Chagas pela grande contribuição na execução deste trabalho.

## Referências Bibliográficas

- 1 Maciel, M. A. M.; Pinto, A. C. e Junior, V. F. V.; Grynberg, N. F.; Echevarria, A. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. *Química Nova* **2002**, *25*, 429. [CrossRef]

- <sup>2</sup> Carvalho, A.C.B. et al Avaliação legal da propaganda e publicidade de medicamentos fitoterápicos anunciados na Paraíba (Brasil). *Acta Farmacêutica Bonaerense* **2004**, *23*, 413. [\[Link\]](#)
- <sup>3</sup> Berg, C. C.; Rosselli, F. P. 2005. Cecropia. In: Lok, A. F. S. L.; Tan, K-X., Chong, K. Y.; Nghiem, T. P. L.; Tan, H. T. W. The distribution and ecology of cecropia species (urticaceae) in Singapore. *Nature in Singapore* **2010**, *3*, 199. [\[Link\]](#)
- <sup>4</sup> Tanae, M. M.; Lima-Landman, M. T. R.; De Lima, T. C. M., Souccar, C.; Lapa, A. J. Chemical standardization of the aqueous extract of *Cecropia glasiovii* Sheth end wed with antihypertensive, bronchodilator, antiacid secretion and antidepressant-like activities. *Phytomedicine* **2007**, *14*, 309. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>5</sup> Rojas, J. J.; Ochoa, V. J.; Ocampo, S. A.; Muñoz, J. F. Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: A possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections. *BMC Complementary and Alternative Medicine* **2006**, *6*. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>6</sup> Distasi, L. C.; Oliveira, G. P., Carvalhaes, Queiroz-Junior, M. A.; M., Tien, O. S.; Kakinami, S. H.; Reis, M. S. Medicinal plants popularly used in the Brazilian Tropical Atlantic Florest. *Fitoterapia* **2002**, *73*, 69. [\[Link\]](#)
- <sup>7</sup> Freire, M. F. I. Metais pesados e plantas medicinais. *Revista científica eletrônica de Agronomia* **2005**, *8*, 1. [\[Link\]](#)
- <sup>8</sup> Ernest, E. Toxic heavy metals and undeclared drugs in Asian herbal medicines. *Trends Pharmacological Sciences* **2002**, *23*, 136. [\[Link\]](#)
- <sup>9</sup> Arao, T.; Ishikawa, S. Genotypic differences in cadmium concentration and distribution of soybean and rice. *Japan Agricultural Research Quarterly* **2006**, *40*, 21. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>10</sup> Shaw, A. J. Heavy metal tolerance in plants: Evolutionary aspects. New York, CRC Press, 1989, 355. [\[Link\]](#)
- <sup>11</sup> Alloway, B. J. Heavy metals in soils. New York: John Wiley, 1993, 339. [\[Link\]](#)
- <sup>12</sup> Gobo, L. A.; Viana, C.; Lameira, O. A.; Carvalho, L. M. de. A liquid chromatography-atmospheric pressure photoionization tandem mass spectrometric (LC-APPI-MS/MS) method for the determination of triterpenoids in medicinal plant extracts. *Journal of Mass Spectrometry* **2016**, *51*, 558. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- <sup>13</sup> Macedo, M.; Ferreira, A. R. Plantas hipoglicemiantes utilizadas por comunidades tradicionais na Bacia do Alto Paraguai e Vale do Guaporé, Mato Grosso-Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **2004**, *14*, 45. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>14</sup> Silva, E. M.; Souza, J. N. S.; Rogez, H.; Rees, J. F.; Larondelle, Y. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. *Food Chemistry* **2007**, *101*, 1012. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>15</sup> Oliveira, P. C. de; Mota, L. Preservando cecropiais nativos em paisagens amazônicas: uma estratégia ecológica para solos deficientes por fósforo. *Holos* **2010**, *2*, 52. [\[Link\]](#)
- <sup>16</sup> Oliveira, P. C. de; Carvalho, C. J. R. de. Estratégias de sobrevivência de espécies arbóreas em ambientes deficientes por fósforo na Amazônia. *Holos* **2011**, *2*, 2. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>17</sup> Irie, C. N.; Kavamura, V. N.; Esposito, E. Avaliação do potencial da embaúba (*Cecropia* cf. *pachystachya* Trécul) para recuperação de solos contaminados com metais pesados. IN.: Congresso de Iniciação Científica, Mogi das Cruzes, 2008, 11. [\[Link\]](#)
- <sup>18</sup> DOQ-CGCRE-016. Orientação para a seleção e uso de materiais de referência. 2010, Revisão 02. [\[Link\]](#)
- <sup>19</sup> Mahan, L. K.; Escott-Stump, S.; Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia, 2005, 11a. ed., 1112. [\[Link\]](#)
- <sup>20</sup> González, A. G.; Herrador, M. Á. A practical guide to analytical method validation, including measurement uncertainty and accuracy profiles. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **2007**, *26*, 227. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>21</sup> Horn, D.; Ernani, P. R.; Sangoi, L.; Schweitzer, C.; Cassol, P. C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. *Revista*

- Brasileira de Ciência do Solo* **2006**, *30*, 77. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>22</sup> Martins, A. S.; Alves, C. N.; Lameira, O. A.; Santos, A. S.; Müller, R. C. S. Avaliação de minerais em plantas medicinais amazônicas. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **2009**, *19*, 621. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>23</sup> Saidelles, A. P. F.; Kirchner, R. M.; Santos, N. R. Z. dos; Flores, É. M. de M.; Bartz, F. R. Análise de metais em amostras de erva-mate do sul do Brasil. *Alimento e Nutrição Araraquara* **2010**, *21*, 259. [\[Link\]](#)
- <sup>24</sup> Amarantes, C. B.; Silva, J. C. F.; Muller, R. C. S. Avaliação da composição mineral do chá da folha senescente de *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Aracaceae) por espectrometria de absorção atômica com chama (FASS). *Química Nova* **2011**, *34*, 419. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>25</sup> Morais, D. L. Impacto da nutrição mineral no crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, **2010**, 54. [\[Link\]](#)
- <sup>26</sup> Luizão, F. J. Ciclo de nutrientes na Amazônia: respostas as mudanças ambientais e climáticas. *Ciência e Cultura*, 2007, 59. [\[Link\]](#)
- <sup>27</sup> Lima, R. L. S. Siqueira, D. L. de; Ferreira, G. B.; Weber, O. B.; Cazetta, J. O.; Lopes, F. F. de M. Variação sazonal de micronutrientes em folhas de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.). *Ciência e Agrotecnologia, Lavras* **2008**, *32*, 869. [\[CrossRef\]](#)
- <sup>28</sup> Mendes, A. D. R.; Oliveira, L. E. M. de; Nascimento, M. N. do; Reis, K. L.; Bonome, L. T. S. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. *Acta Amazônica* **2012**, *42*, 525. [\[Link\]](#)
- <sup>29</sup> Teófilo, R. F.; Ferreira, M. M. C. 2006. Quimiometria II: planilhas eletrônicas para cálculos de planejamentos experimentais, um tutorial. In: Nicolli, K. P. Estudo dos componentes voláteis de vinhos espumantes Moscatéis através do emprego de microextração em fase sólida e cromatografia gasosa. Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, 2013, 17. [\[Link\]](#)
- <sup>30</sup> Bernini, E.; Silva, M. A. B. da; Carmo, T. M. S. do; Cuzzuol, G. R. F. Spatial and temporal variation of the nutrients in sediment and leaves of two Brazilian mangrove species and their role in the retention of environmental heavy metals. *Brazilian Journal of Plant Physiology* **2010**, *22*, 177. [\[Link\]](#)
- <sup>31</sup> Cuzzuol, G. R. F.; Rocha, C. A. Interação do regime hídrico com as relações nutricionais em ecossistema manguezal. *Acta Botanica Brasilica* **2012**, *24*, 227. [\[Link\]](#)
- <sup>32</sup> WHO - World Health Organization. Trace elements in human nutrition and health. Geneva, **1996**. [\[Link\]](#)
- <sup>33</sup> DRI - Dietary Reference Intakes. Application of tables in nutritional studies. *Revista Nutrição* **2006**, *19*, 741. [\[Link\]](#)
- <sup>34</sup> Maiga, A.; Diallo, D.; Bye, R.; Paulsen, B. S. 2005. Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali. In: Franco, M. J.; Caetano, I. C. S.; Caetano J.; Dragunski, D. C. Determinação de metais em plantas medicinais comercializadas na região de Umuarama-PR. *Arquivos de Ciência da Saúde da UNIPAR* **2011**, *15*, 121. [\[Link\]](#)