



## **Multi-elemental analysis by FRXDE on pollen produced by the native bee *Scaptotrigona aff. Fake***

**Dalton Nogueira da Silva Giovanni**

Institute of Energy and Nuclear Research, IPEN-CNEN/SP

**Cibele Bugno Zamboni**

Institute of Energy and Nuclear Research, IPEN-CNEN/SP

**Brigitte Roxana Soreanu Pecequilo**

Institute of Energy and Nuclear Research, IPEN-CNEN/SP

**Selene Elifio-Esposito**

Pontifical Catholic University of Paraná – PUCPR/PR

**Daniel Carvalho Pimenta**

Instituto Butantan, IBu/SP

**Simone Michaela Simons**

Instituto Butantan, IBu/SP

### **ABSTRACT**

Brazil is one of the largest suppliers of bee products in the world. It is currently the 5th largest exporter of honey and derivatives and a significant part of its production originates from the south and northeast. Specifically, the species *Scaptotrigona aff. Postica*, from the region of Barra do Corda in the State of Maranhão (MA), produces pollen which is one of the main activities of the local economy (food supplement). However, there are no data on its mineral composition, although there is a history of applications in the nutritional field. In this context, this research aims to generate integrated and interdisciplinary knowledge of the pollen produced by this pollinating species, through multi-element investigation (identification and quantification of chemical elements) using the Energy Dispersive X-ray Fluorescence (XRF) technique. The elemental composition of pollen emphasizes its nutritional relevance (Ca, Cl, Fe, K, Mn and P) and the results of the concentrations showed little seasonal variation, serving as a model for the safe expansion of meliponiculture in the region. In the technological sphere, this analysis is a tool for tracking (provenance), which allows the identification of fraud and/or adulteration, in addition to adding quality control to its commercialization.

**Keywords:** Bee pollen, XRF, Nutrition, Ion dosage, Dietary supplement.

### **1 INTRODUCTION**

According to the Ministry of Agriculture and Food Supply [1], bee pollen is the result of the agglutination of flower pollen, carried out by bees, through nectar and their salivary substances. Pollen is relevant in the nutrition of bees and can also be used as a food supplement for humans, as it is a protein source, but its production and commercialization is still small compared to honey and propolis. However,



in recent years the demand for natural and healthy products has grown significantly and products from meliponiculture have started to be consumed on a larger scale in Brazil [2,3].

Meliponiculture is the breeding of stingless bees (Meliponineos) for the production and commercialization of hives, honey, propolis, pollen and resins, in addition to these bees being the main agents of pollination and conservation of local biodiversity. Among bee products, pollen has gained prominence in the commercial sphere for being a protein source (16 to 40%, containing several amino acids) and rich in carbohydrates, lipids, minerals, fibers, hormones and vitamins in its composition. Specifically, the pollen produced by the species *Scaptotrigona aff. Postica*, (from the Municipality of Barra do Corda, Maranhão - MA) is widely used as a food supplement as well as in the prevention of colds and flu by the local population, in addition to being of interest in sports medicine, as it is considered a nutritional supplement that improves muscle endurance and the immune system of the athlete, in addition to providing elasticity to the tissues.

In recent years, the species *Scaptotrigona aff. Postica* (MA) has been investigated at the Institute for Energy and Nuclear Research (IPEN/SP) in partnership with the Butantan Institute (IBu/SP) and the Pontifical Catholic University of Paraná (PUCPR), and the results of investigations with propolis have shown promise in the area of health [4-9]. In this study we propose to generate integrated and interdisciplinary knowledge of the pollen produced by the species *Scaptotrigona aff. Postica*. The focus is to fill in the gaps on the multi-elemental characterization of the pollen produced by this bee, generating original knowledge of the mechanism of interdependence between essential and non-essential elements, in addition to adding security in the nutritional scope of this input. An important result of these analyses is the identification of toxic elements, such as Arsenic (As), Lead (Pb), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Mercury (Hg) and Nickel (Ni), which even in low concentrations, are very dangerous to health, restricting their nutritional use. For these qualitative-quantitative analyses of the chemical elements (ion dosage) that make up pollen, the analytical technique of Energy Dispersive X-ray Fluorescence (XRF) will be used.

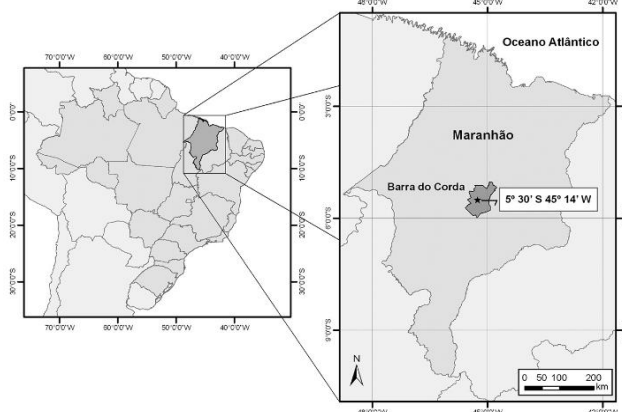
## 2 EXPERIMENTAL

In the analytical process of Energy Dispersive Ray Fluorescence (XRF) [10], the interaction of the X-ray beam (generated by a targeted X-ray tube) excites the chemical elements present in the sample in question (pollen). In the process of deexcitation, there is the emission of characteristic X-rays, related to the chemical elements that compose it, which are identified and quantified by spectral analyses obtained by dedicated *software* [11,12].

The pollen samples were obtained from the municipality of Barra do Corda (MA). The city is located in the geographic center of the State of Maranhão (**Figure 1**) at the confluence of the Corda and Mearim Rivers. Pollen was collected every 3 months for one year, depending on the seasons (summer, autumn and

winter and spring). The samples, prepared in duplicate, were selected from two hives (named C1: hive 1 and C2: hive 2). The hives were renewed, i.e., after each collection they were emptied and renewed for reliable sampling. It is important to note that the soil did not receive any type of fertilizer.

Figure 1. Municipality of Barra do Corda, Maranhão, Brazil *Source: Scielo.br.*



The samples were partitioned, crushed in mortar and compacted into pellets (~200mg). The XRF measurements were performed using an XRF spectrometer (model X-123 SDD Complete X Ray Spectrometer - Amptek®) consisting of an X-ray tube with silver (Ag) target, 25 mm<sup>2</sup> x 500 μm Si Drift (SDD) silicon detector and 12.5 μm beryllium window. The measurements were performed using a current of 5 μA, an operating voltage of 30 KV and an excitation time of 300 s.

### 3 RESULTS

Table 1 shows the pollen results (Mean Value and Standard Deviation) obtained by the XRF technique. Figure 1 was prepared to evaluate the behavior of the concentration of each element as a function of the collections by season of the year, in the period of 1 year. In the elaboration of these curves, the concentrations were normalized according to the first collection.



Table 1. Concentration of the elements in the samples of pollen produced by the species *Scaptotrigona aff. Postica* (MA)

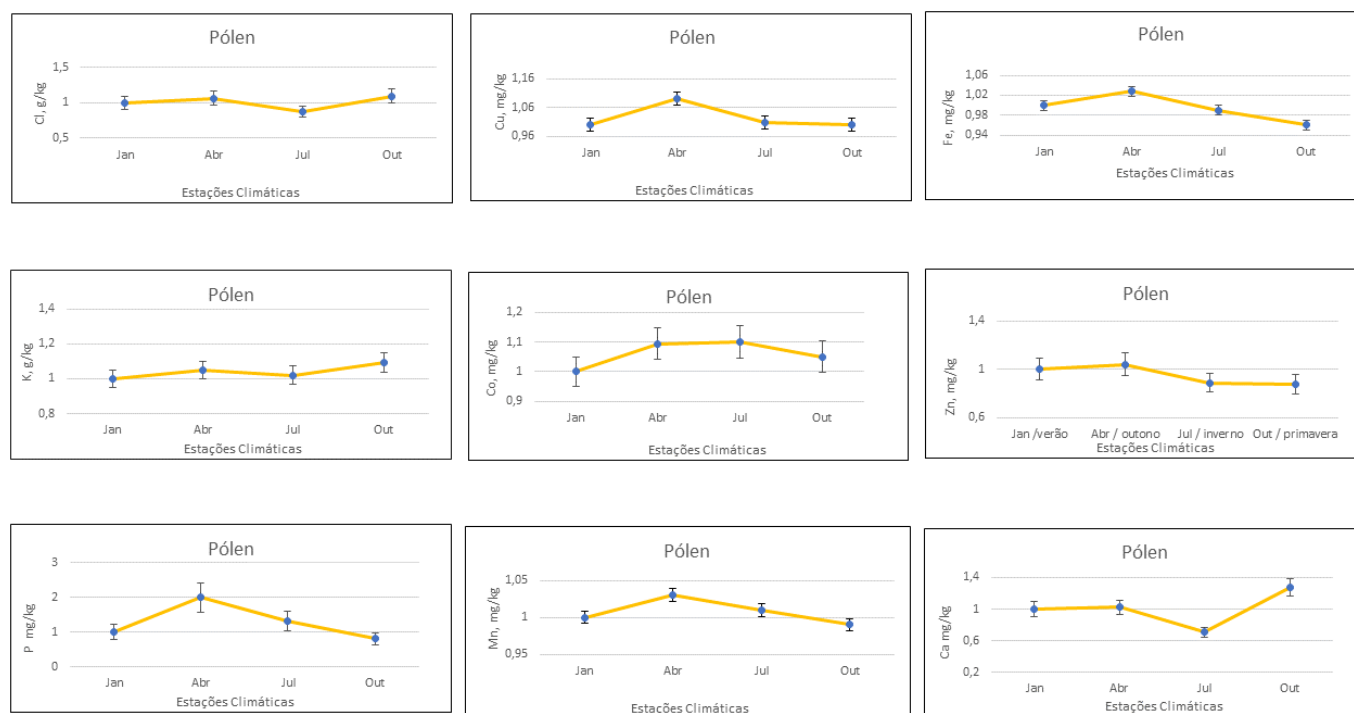
mg/kg	Average Value	$\pm 1$ Standard Deviation	CV, %
<b>Cl</b>	715	67	0,09
<b>K</b>	287	28	0,10
<b>P</b>	13,45	0,13	0,01
<b>Cu</b>	2,65	0,31	0,12
<b>Co</b>	2,01	0,19	0,09
<b>Mn</b>	1,41	0,14	0,04
<b>Zn</b>	1,09	0,03	0,03
<b>Fe</b>	1,08	0,09	0,08
<b>Ca</b>	0,232	0,021	0,09

The behavior of the concentrations of the investigated elements in pollen, as a function of the collections by climatic seasons, expressed by the Coefficient of Variation (CV), emphasizes that throughout the year the contents of the elements vary little (1% for P to 10% for K). Considering that the climate in this region is tropical with an average temperature of 26.9 °C and with little variation throughout the year (less than 6 °C),<sup>1</sup> together with the conservation of the vegetation, they guarantee a balanced system, that is, subject to few changes. In addition, it is important to note that no type of pesticide is used at the collection site.

---

<sup>1</sup> According to data from the National Institute of Meteorology (INMET), in the period from 1961 to 2019 the lowest temperature recorded was 10.2 C (on August 4, 1966) and the highest reached 40.9 C (September 23, 1962).

Figure 2. Behaviour of the concentration of the elements Cl [A], K [B], P [C], Cu [D], Co [E], Mn [F], Fe [G], Zn [H] and Ca [I] in pollen samples. Normalized data based on the first collection.



Regarding mineral content, the most abundant element found was Cl ( $715 \pm 67$  mg/kg), followed by K ( $287 \pm 27$  mg/kg) and P ( $13.45 \pm 0.13$  mg/kg) and, in lower concentrations, Cu ( $2.65 \pm 0.31$  mg/kg), Co ( $2.01 \pm 0.19$  mg/kg), Mn ( $1.41 \pm 0.14$  mg/kg), Zn ( $1.09 \pm 0.03$  mg/kg), Fe ( $1.08 \pm 0.09$  mg/kg) and Ca ( $0.232 \pm 0.021$  mg/kg). Figures 3 and 4 show the quantification of pollen as a function of the major elements (Figure 3) and traces (Figure 4) in percentage terms. The pollen produced by the species *Scaptotrigona aff. Postica* (MA) is mainly rich in potassium and has a low calcium content. The high concentration of Cl is due to the compounds formed with the major elements (K and P) and the other trace elements (Ca, Co, Cu, Fe, Mn and Zn).

Figure 3. Illustrative scheme of the multi-elemental composition of pollen as a function of the majority elements

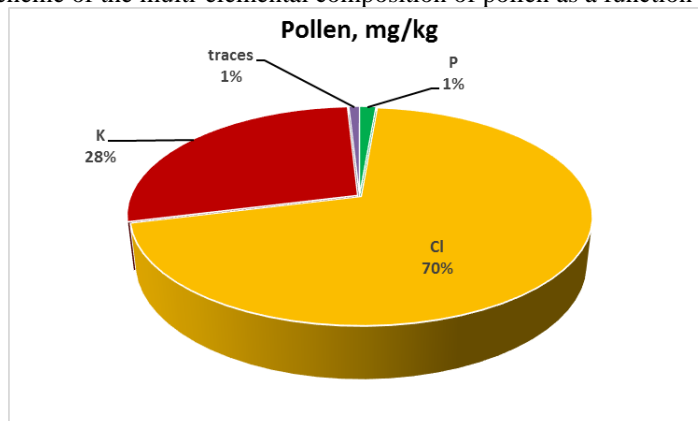
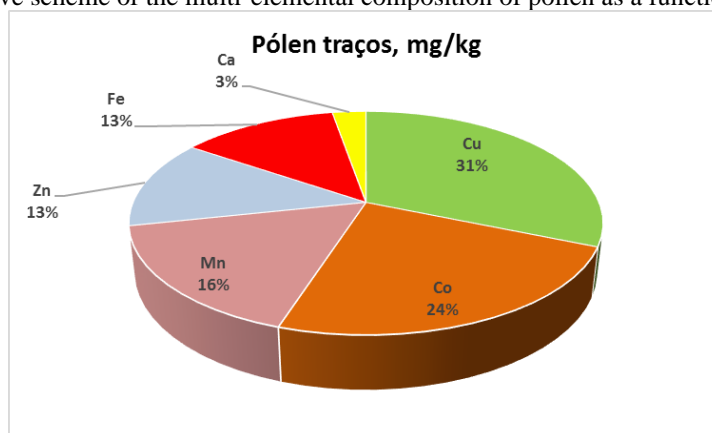


Figure 4. Illustrative scheme of the multi-elemental composition of pollen as a function of trace elements



These data constitute the first quantitative estimate of pollen produced by colonies of *Scaptotrigona aff bees*. and generate knowledge that ensures its nutritional use. In addition, considering that the demand for natural products has increased (Brazil stands out as a world exporter of honey and derivatives [3]), these data also contribute to the verification of food quality and safety, with regard to adulteration and storage conditions.

#### 4 CONCLUSION

The knowledge acquired in the investigation of pollen produced by colonies of *Scaptotrigona aff. Postica* (MA) adds improvements in the local market, which will allow to expand the commercial interest of this nutritional input, in addition to serving as a model for the safe expansion of meliponiculture in the region.



## REFERENCES

1. Catálogo de abelhas moure. Disponível em <http://moure.cria.org.br/index> (acesso em 20 de jun, 2023).
2. ABEMAL. Disponível em <https://brazilletsbee.com.br/>
3. <https://abiad.org.br/pesquisa-de-mercado-suplementos-alimentares/>
4. MAIA FILHO, E. M.; MAIA, C. D. C. R.; BASTOS, A. C. S. C.; NOVAIS, T. M. G. Efeito antimicrobiano in vitro de diferentes medicações endodôntica e própolis sobre *Enterococcus faecalis*. Rev Gaúcha Odonto, v. 56, n.1, p. 21-25, 2009.
5. GUILHERME RABELO COELHO. Caracterização química e avaliação da atividade antiviral da fase aquosa do extrato da própolis de *Scaptotrigona postica*. *Dissertação*, Instituto Butantan, 2014
6. LEAL, L. G. M.; ZAMBONI, C. B.; GIOVANNI, D. N. S.; NASCIMENTO RM; SIMONS, S. M. Elemental Characterization of the Extract of Propolis Produced by *Scaptotrigona Aff. postica* Bee from Brazil Using EDXRF and INAA Techniques. In: EXRS 2018, 2018, Ljubljana. Book of Abstract EXRS 2018. Ljubljana, 2018. v. 1. p. 296
7. COELHO GR, MENDONÇA RZ, VILLAR K de S, FIGUEIREDO CA, BADARI JC, TANIWAKI N, NAMIYAMA G, de Oliveira MI, Curti SP, Evelyn Silva P, Negri G. Antiviral Action of Hydromethanolic Extract of Geopropolis from *Scaptotrigona Postica* against Antihpes Simplex Virus (HSV-1). Evid Based Complement Alternat Med. 2015; 2015:296086.
8. LEAL, L. G. M.; ZAMBONI, C.B.; NASCIMENTO RM; R. Z. MENDONÇA; SIMONS, M.S. Characterization of the *Scaptotrigona aff. Postica* bee from Brazil using analytical techniques. In: Proceedings of INAC, 2019
9. ZAMBONI, C. B.; GIOVANNI, D. N. S.; B R S PECEQUILO; ESPOSITO S.E.; PIMENTA, D. C.; SIMONS, S. M. Traceability of the Propolis Produced by *Scaptotrigona aff Postica* Bee from Brazil using NAA Technique. In: XLV RTFNB-XLIIENFPC, 2022, Natal. Anais XLV RTFNB, 2022
10. POTTS PJ, ELLIS AT, KREGSAMER P, *et al*. Atomic Spectrometry update: X-ray fluorescence spectrometry
11. WinQXAS Quantitative X-ray Analysis System for MS operating system, version 1.40, *International Atomic Energy Agency*, 2002.
12. AMPTEK Materials Analysis Division. *AMPTEK, DPPMCA Display & Acquisition Software*. Disponível em: <<https://www.amptek.com/software/dpp-mca-display-acquisition-software>> Acesso em: 13 ago. 2023.



## **Análise multielementar por FRXDE em pólen produzido pela abelha nativa *Scaptotrigona aff. Postica***

**Dalton Nogueira da Silva Giovanni**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP

**Cibele Bugno Zamboni**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP

**Brigitte Roxana Soreanu Pecequilo**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP

**Selene Elifio-Esposito**

Pontifícia Universitária Católica do Paraná – PUCPR/PR

**Daniel Carvalho Pimenta**

Instituto Butantan, IBu/SP

**Simone Michaela Simons**

Instituto Butantan, IBu/SP

### **RESUMO**

O Brasil é um dos maiores fornecedores de produtos apícolas no mundo. Atualmente é o 5º maior exportador de mel e derivados e parte significativa de sua produção é originária do sul e nordeste. Especificamente a espécie *Scaptotrigona aff. Postica*, oriunda da região de Barra do Corda no Estado do Maranhão (MA), produz pólen que é uma das principais atividades da economia local (suplemento alimentar). Entretanto, não existem dados de sua composição mineral embora exista um histórico de aplicações no âmbito nutricional. Nesse contexto, esta investigação tem por objetivo gerar conhecimento integrado e interdisciplinar do pólen produzido por esta espécie polinizadora, por meio de investigação de caráter multielementar (identificação e quantificação de elementos químicos) utilizando a técnica de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia (FRXDE). A composição elementar do pólen enfatiza sua relevância nutricional (Ca, Cl, Fe, K, Mn e P) e os resultados das concentrações mostraram pouca variação sazonal, servindo de modelo para a expansão segura da meliponicultura na região. No âmbito tecnológico esta análise constitui ferramenta para rastreamento (procedência), o que permite identificar fraude e/ou adulteração, além de agregar controle de qualidade em sua comercialização.

**Palavras-chave:** Pólen apícola, FRX, Nutrição, Dosagem de íons, Suplemento alimentar.

### **1 INTRODUÇÃO**

De acordo com o Ministério da Agricultura e do Abastecimento [1], denomina-se pólen apícola o resultado da aglutinação do pólen das flores, efetuada pelas abelhas, mediante néctar e suas substâncias salivares. O pólen é de relevância na nutrição das abelhas e pode ser utilizado também como complemento alimentar para seres humanos, por ser uma fonte proteica, mas sua produção e comercialização ainda é pequena comparativamente ao mel e a própolis. Entretanto, nos últimos anos a procura por produtos naturais



e saudáveis cresceu significativamente e produtos oriundos da meliponicultura passaram a ser consumidos em maior escala no Brasil [2,3].

A meliponicultura é a criação abelhas sem ferrão (Meliponíneos) para a produção e comercialização de colmeias, mel, própolis, pólen e resinas, além dessas abelhas serem os principais agentes da polinização e da conservação da biodiversidade local. Dentre os produtos apícolas, o pólen tem adquirido destaque no âmbito comercial por ser uma fonte proteica (16 a 40 %, contendo vários aminoácidos) e rica em carboidratos, lipídeos, minerais, fibras, hormônios e vitaminas em sua composição. Especificamente o pólen produzido pela espécie *Scaptotrigona aff. Postica*, (procedente do Município de Barra do Corda, Maranhão - MA) é muito utilizado como suplemento alimentar bem como na prevenção de gripes e resfriados pela população local, além de ser de interesse na medicina esportiva, pois é considerando um suplemento nutricional que melhora a resistência muscular e o sistema imunológico do atleta, além de prover elasticidade aos tecidos.

Nos últimos anos, a espécie *Scaptotrigona aff. Postica* (MA) tem sido investigada no Instituto e Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/SP) em parceria com o Instituto Butantan (IBu/SP) e a Pontifícia Universitária Católica do Paraná (PUCPR), e os resultados das investigações com a própolis mostraram promissores na área da saúde [4-9]. Neste estudo propomos gerar conhecimento integrado e interdisciplinar do pólen produzido pela espécie *Scaptotrigona aff. Postica*. O foco é preencher as lacunas sobre a caracterização multielementar do pólen produzida por esta abelha gerando conhecimento original do mecanismo da interdependência entre elementos essenciais e não essenciais além de agregar segurança no âmbito nutricional desse insumo. Uma decorrência importante dessas análises é a identificação de elementos tóxicos, tais como Arsênio (As), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Mercúrio (Hg) e Níquel (Ni), que mesmo em baixas concentrações, são muito perigosos para a saúde restringindo seu uso nutricional. Para estas análises qualitativas-quantitativas dos elementos químicos (dosagem de íons) componentes do pólen, será empregada a técnica analítica de Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia (FRXDE).

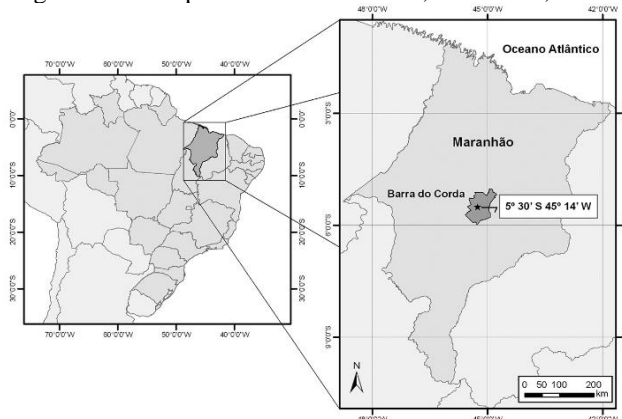
## 2 EXPERIMENTAL

No processo analítico de Fluorescência de Raios por Dispersão de Energia (FRXDE) [10] a interação do feixe de raios X (gerado por um tubo de raio X com alvo específico) excita os elementos químicos presentes na amostra em questão (pólen). No processo de desexcitação ocorre a emissão de raios X característicos, relacionados aos elementos químicos que a compõe, que são identificados e quantificados por análises espectrais obtidas por *softwares* dedicados [11,12].

As amostras de pólen foram procedentes do município de Barra do Corda (MA). A cidade está localizada no centro geográfico do Estado do Maranhão (**Figura 1**) na confluência dos Rio Corda e Rio Mearim. O pólen foi coletado a cada 3 meses por um ano, em função das estações (verão, outono e inverno

e primavera). As amostras, preparadas em duplicata, foram selecionadas de duas colmeias (denominadas por C1: colmeia 1 e C2: colmeia 2). As colmeias foram renovadas, isto é, após cada coleta foram esvaziadas e renovadas para uma amostragem fidedigna. É importante ressaltar que o solo não recebeu nenhum tipo adubo.

Figura1. Município de Barra do Corda, Maranhão, Brasil



Fonte: Scielo.br.

As amostras foram particionadas, trituradas em almofariz e compactadas em forma de forma de pastilhas (~200mg). As medias de FRXDE foram realizadas utilizando espectrômetro de FRX (modelo X-123 SDD Complete X Ray Spectrometer - Amptek®) constituído de um tubo de Raio X com alvo de prata (Ag), detector de Silício do tipo “Si Drift” (SDD) com 25 mm<sup>2</sup> x 500 µm e janela de Berílio de 12,5 µm. As medidas foram realizadas utilizando corrente de 5 µA, tensão de operação de 30 KV e tempo de excitação de 300 s.

### 3 RESULTADOS

Na **Tabela 1** são apresentados os resultados para o pólen (Valor Medio e Desvio Padrão) obtidos pela técnica de FRXDE. Para avaliar o comportamento da concentração de cada elemento em função das coletas por estação do ano, no período de 1 ano, foi elaborada a **Figura 2**. Na elaboração destas curvas as concentrações foram normalizadas em função da primeira coleta.

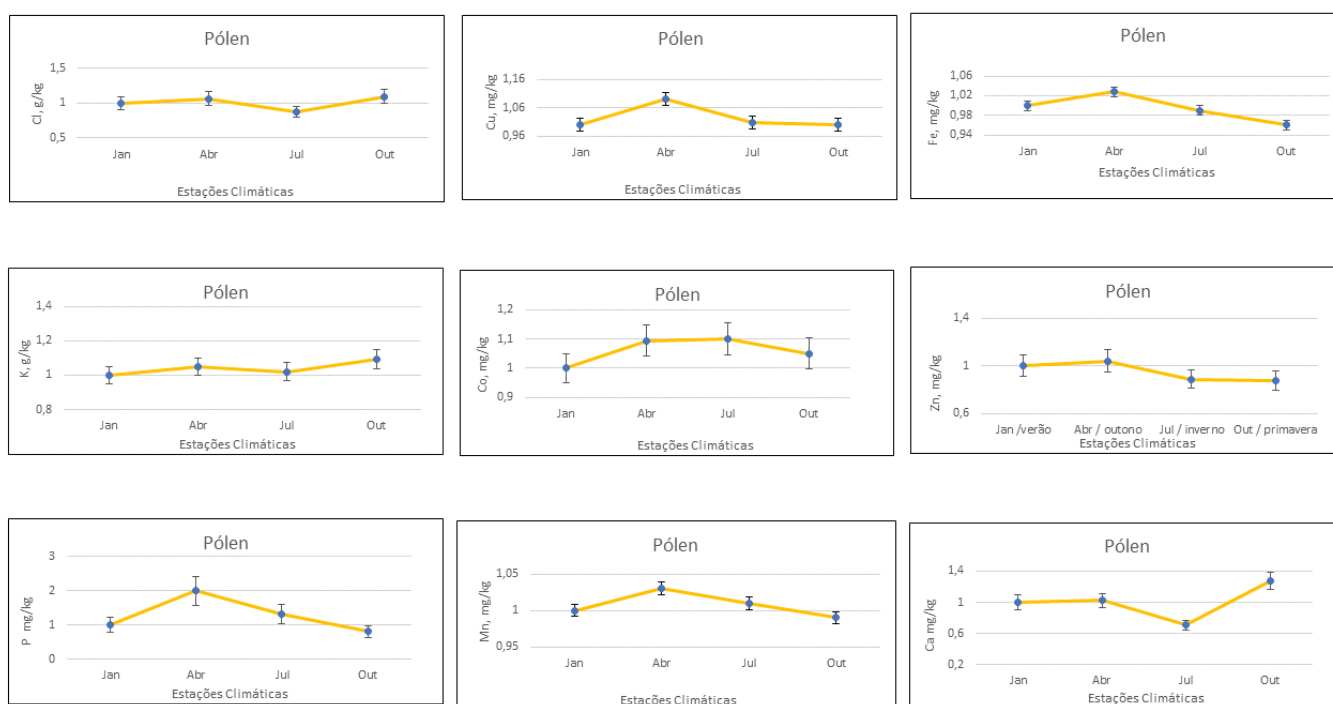
Tabela 1. Concentração dos elementos nas amostras de pólen produzido pela especie *Scaptotrigona aff. Postica* (MA)

mg/kg	Valor Médio	Valor ±1 Desvio Padrão	%	CV,
<b>Cl</b>	715	67		0,09
<b>K</b>	287	28		0,10
<b>P</b>	13,45	0,13		0,01
<b>Cu</b>	2,65	0,31		0,12
<b>Co</b>	2,01	0,19		

			0,09
<b>Mn</b>	1,41	0,14	0,04
<b>Zn</b>	1,09	0,03	0,03
<b>Fe</b>	1,08	0,09	0,08
<b>Ca</b>	0,232	0,021	0,09

O comportamento das concentrações dos elementos investigados em pólen, em função das coletas por estações climáticas, expresso pelo Coeficiente de Variação (CV), enfatiza que durante todo ano os teores dos elementos variam pouco (1% para P até 10% para K). Considerando-se que o clima nesta região é tropical com temperatura média de 26,9 °C e com pouca variação ao longo do ano (menos de 6 °C)<sup>1</sup>, juntamente com a conservação da vegetação, garantem um sistema equilibrado, isto é, sujeito a poucas mudanças. Além disso, é importante ressaltar que no local de coleta não é utilizado nenhum tipo de pesticida.

Figura 2. Comportamento da concentração dos elementos Cl [A], K [B], P [C], Cu [D], Co [E], Mn [F], Fe [G], Zn [H] e Ca [I] nas amostras de pólen. Dados normalizados em função da primeira coleta.



Quanto ao conteúdo mineral, o elemento mais abundante encontrado foi Cl ( $715 \pm 67$  mg/kg), seguido de K ( $287 \pm 27$  mg/kg) e P ( $13,45 \pm 0,13$  mg/kg) e, em menor concentrações, Cu ( $2,65 \pm 0,31$

<sup>1</sup> De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de 1961 a 2019 a menor temperatura registrada foi de 10,2 C (em 4 de agosto de 1966) e a maior atingiu 40,9 C (23 de setembro de 1962).

mg/kg), Co ( $2,01 \pm 0,19$  mg/kg), Mn ( $1,41 \pm 0,14$  mg/kg), Zn ( $1,09 \pm 0,03$  mg/kg), Fe ( $1,08 \pm 0,09$  mg/kg) e Ca ( $0,232 \pm 0,021$  mg/kg). Nas **Figuras 3 e 4** estão representados, em termos percentuais, a quantificação do pólen em função dos elementos majoritários (**Figura 3**) e traços (**Figura 4**). O pólen produzido pela espécie *Scaptotrigona aff. Postica* (MA) é rico principalmente em potássio e possui baixo teor de cálcio. A alta concentração de Cl deve-se aos compostos formados com os elementos majoritários (K e P) e os demais elementos traços (Ca, Co, Cu, Fe, Mn e Zn).

Figura 3. Esquema ilustrativo da composição multielementar do pólen em função dos elementos majoritários

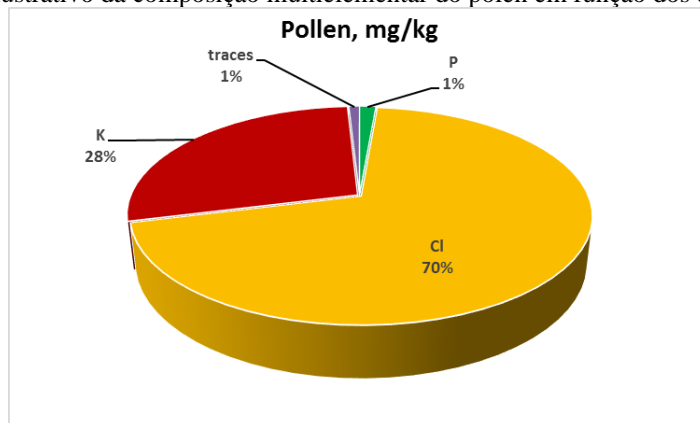
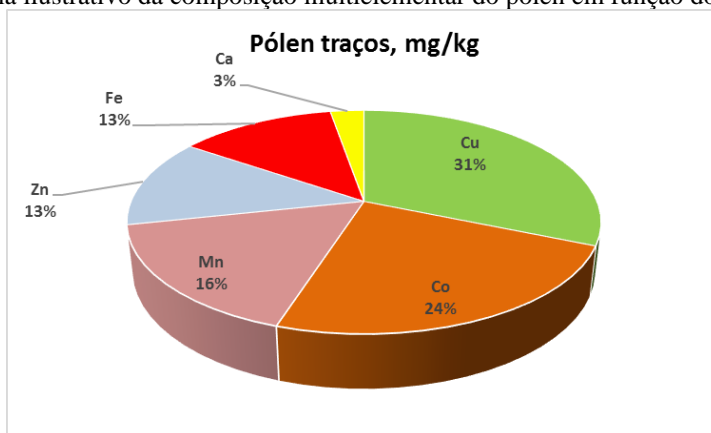


Figura 4. Esquema ilustrativo da composição multielementar do pólen em função dos elementos traços



Esses dados constituem a primeira estimativa quantitativa do pólen produzido por colônias de abelhas *Scaptotrigona aff. Postica* e geram conhecimento que asseguram seu uso nutricional. Além disso, considerando que a demanda por produtos naturais tem aumentado (o Brasil se destaca como exportador mundial de mel e derivados [3]) esses dados contribuem também para a verificação da qualidade e segurança alimentar, no que diz respeito a adulteração e condições de armazenamento.



#### 4 CONCLUSÃO

O conhecimento adquirido na investigação do pólen produzido por colônias de abelhas *Scaptotrigona aff. Postica* (MA) agrega melhorias no mercado local, que permitirão ampliar o interesse comercial desse insumo nutricional, além de servir de modelo para a expansão segura da meliponicultura na região.



## REFERÊNCIAS

1. Catálogo de abelhas moure. Disponível em <http://moure.cria.org.br/index> (acesso em 20 de jun, 2023).
2. ABEMAL. Disponível em <https://brazilletsbee.com.br/>
3. <https://abiad.org.br/pesquisa-de-mercado-suplementos-alimentares/>
4. MAIA FILHO, E. M.; MAIA, C. D. C. R.; BASTOS, A. C. S. C.; NOVAIS, T. M. G. Efeito antimicrobiano in vitro de diferentes medicações endodôntica e própolis sobre *Enterococcus faecalis*. *Rev Gaúcha Odonto*, v. 56, n.1, p. 21-25, 2009.
5. GUILHERME RABELO COELHO. Caracterização química e avaliação da atividade antiviral da fase aquosa do extrato da própolis de *Scaptotrigona postica*. *Dissertação*, Instituto Butantan, 2014
6. LEAL, L. G. M.; ZAMBONI, C. B.; GIOVANNI, D. N. S.; NASCIMENTO RM; SIMONS, S. M. Elemental Characterization of the Extract of Propolis Produced by *Scaptotrigona Aff. postica* Bee from Brazil Using EDXRF and INAA Techniques. In: EXRS 2018, 2018, Ljubljana. Book of Abstract EXRS 2018. Ljubljana, 2018. v. 1. p. 296
7. COELHO GR, MENDONÇA RZ, VILLAR K de S, FIGUEIREDO CA, BADARI JC, TANIWAKI N, NAMIYAMA G, de Oliveira MI, Curti SP, Evelyn Silva P, Negri G. Antiviral Action of Hydromethanolic Extract of Geopropolis from *Scaptotrigona Postica* against Antih herpes Simplex Virus (HSV-1). *Evid Based Complement Alternat Med*. 2015; 2015:296086.
8. LEAL, L. G. M.; ZAMBONI, C.B.; NASCIMENTO RM; R. Z. MENDONÇA; SIMONS, M.S. Characterization of the *Scaptotrigona aff. Postica* bee from Brazil using analytical techniques. In: Proceedings of INAC, 2019
9. ZAMBONI, C. B.; GIOVANNI, D. N. S.; B R S PECEQUILO; ESPOSITO S.E.; PIMENTA, D. C.; SIMONS, S. M. Traceability of the Propolis Produced by *Scaptotrigona aff Postica* Bee from Brazil using NAA Technique. In: XLV RTFNB-XLIIENFPC, 2022, Natal. Anais XLV RTFNB, 2022
10. POTTS PJ, ELLIS AT, KREGSAMER P, *et al*. Atomic Spectrometry update: X-ray fluorescence spectrometry
11. WinQXAS Quantitative X-ray Analysis System for MS operating system, version 1.40, *International Atomic Energy Agency*, 2002.
12. AMPTEK Materials Analysis Division. *AMPTEK, DPPMCA Display & Acquisition Software*. Disponível em: <<https://www.amptek.com/software/dpp-mca-display-acquisition-software>> Acesso em: 13 ago. 2023.