



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE QUÍMICA

RÔMULO BATISTA SAMPAIO

AVALIAÇÃO DE UM ESTUDO PARA DETERMINAÇÃO DE MINERAIS NAS
FOLHAS DE *PERESKIA ACULEATA MILLER* (ORA-PRO-NÓBIS)

RIO DE JANEIRO

2025

RÔMULO BATISTA SAMPAIO

**AVALIAÇÃO DE UM ESTUDO PARA DETERMINAÇÃO DE MINERAIS NAS
FOLHAS DE *PERESKIA ACULEATA MILLER* (ORA-PRO-NÓBIS)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Química da Universidade
Federal do Rio de Janeiro como requisito
parcial para obtenção do grau de Bacharel em
Química.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva
Riehl

Coorientador: Prof. Dr. Elcio Cruz de
Oliveira

RIO DE JANEIRO

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

S192a Sampaio, Rômulo Batista
 Avaliação de um estudo para determinação de
 minerais nas folhas de *Pereskia aculeata* Miller (ora-pro-
 nóbis) / Rômulo Batista Sampaio. -- Rio de Janeiro, 2025.
 68 f.

Orientador: Carlos Alberto da Silva Riehl.
Coorientador: Elcio Cruz de Oliveira.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
 Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto
de Química, Bacharel em Química, 2025.

1. *Pereskia aculeata*. 2. Composição mineral.
3. Condições edafoclimáticas. I. Riehl, Carlos Alberto
da Silva , orient. II. Oliveira, Elcio Cruz de,
coorient. III. Título.

RÔMULO BATISTA SAMPAIO

AVALIAÇÃO DE UM ESTUDO PARA DETERMINAÇÃO DE MINERAIS NAS FOLHAS DE *PERESKIA ACULEATA MILLER* (ORA-PRO-NÓBIS)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Química.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Riehl

Coorientador: Prof. Dr. Elcio Cruz de Oliveira

Aprovado em:

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Riehl – IQ – UFRJ

Coorientador: Prof. Dr. Elcio Cruz de Oliveira – PUC – RIO

Prof^ª. Dr^a. Paula Fernandes de Aguiar – IQ – UFRJ

Prof. Dr. Felipe Rebello Lourenço – Faculdade de Ciências – USP

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por ter me proporcionado tamanha alegria de passar para o curso de Bacharelado em Química. Por ter realizado esta conquista, orientando, cuidando de mim em todos os meus passos e estar me privilegiando na conclusão desta grande vitória.

Aos meus pais, Maria da Conceição e Roberto Gomes (in memoriam), pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica.

Ao meu irmão, Marcos Roberto, que esteve me dando conselhos, me ajudando e não me deixou desanimar, acreditando no meu potencial, por toda compreensão e paciência.

A minha madrinha, Marcia Tavares, que me incentivou a correr atrás dos meus sonhos e não desistir.

Ao meu orientador Professor Dr. Carlos Riehl e coorientador Professor Dr. Elcio Cruz, que acreditaram no meu potencial, no projeto apresentado e que tiveram toda atenção, carinho e cuidado comigo.

Ao meu coordenador de curso, Professor Dr. Roberto Salgado Amado, que me apoiou no momento mais difícil da perda do meu pai e acreditou no meu potencial.

A todos os meus Professores do Instituto de Química que foram pessoas fundamentais e que me permitiram chegar até aqui e me ensinaram todo conhecimento do curso por mim adquirido, me preparando e me capacitando para seguir em frente.

Ao Professor Dr. Galdino Paula Filho, autor do estudo de Viçosa – MG, que compartilhou informações necessárias para elaboração deste trabalho e ao Professor Dr. Bernardo Ferreira Braz do Laboratório de Desenvolvimento Analítico da Universidade Federal do Rio de Janeiro em que fez as análises das amostras.

Aos pesquisadores científicos Dr. Maurício Rizzato e Me. Ricardo de Oliveira da EMBRAPA e a funcionária administrativa, Melissa Silva, em ajudar com informações dos solos de Viçosa – MG e do Rio de Janeiro – RJ. Aos Professores João Carlos, José João e Francis Henrique, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – MG, que compartilharam informações sobre o solo da região.

A minha amiga da UFRJ, Simone Nascimento, que me deu todo apoio, incentivo e força para não desanimar neste trabalho. Aos meus amigos, Bruno Pinheiro, Leandro Maia e Carlos Barbosa, que me deram apoio, incentivo, força e acima de tudo me fizeram acreditar que eu poderia terminar este trabalho.

RESUMO

SAMPAIO, Rômulo Batista. **Avaliação de um estudo para determinação de minerais nas folhas de *Pereskia aculeata* Miller (ora-pro-nóbis)**. Rio de Janeiro. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 2025.

A crescente valorização de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) no contexto da segurança alimentar tem impulsionado estudos voltados à caracterização nutricional de espécies como *Pereskia aculeata* Miller, conhecida popularmente como ora-pro-nóbis. Essa planta é reconhecida por seu elevado valor nutricional, especialmente quanto ao teor de minerais essenciais ao metabolismo humano, como cálcio, magnésio, ferro e zinco. Contudo, a composição mineral das folhas pode variar significativamente em função das condições edafoclimáticas do ambiente de cultivo. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo extrair e quantificar os minerais presentes nas folhas de ora-pro-nóbis cultivadas no bairro do Engenho Novo, na cidade do Rio de Janeiro e comparar os resultados com dados previamente obtidos em estudo conduzido por Paula Filho *et al.* (2021), referente a amostras oriundas de Viçosa – Minas Gerais. A proposta investigativa visou verificar a existência de variabilidade mineral entre as regiões e sua relação com a composição do solo local. A metodologia consistiu na coleta manual de folhas da planta em área urbana da zona norte do município do Rio de Janeiro, seguida de secagem natural, trituração, digestão ácida e análise por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP–OES). Os elementos quantificados incluíram Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, P, Se e Zn. Os resultados revelaram elevadas concentrações foliares de cálcio ($2653 \pm 96,91 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e magnésio ($352 \pm 12,38 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) nas amostras do Engenho Novo – RJ, valores que acompanharam a maior disponibilidade desses nutrientes no solo da região. Em contrapartida, o potássio apresentou comportamento divergente; isto é, embora o solo da região de Viçosa – MG apresentasse teores significativamente superiores desse nutriente (3331 mg/dm^3), os teores foliares foram maiores nas amostras de Engenho Novo – RJ ($2093 \pm 9,29 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), sugerindo influência de fatores edafoclimáticos e possíveis diferenças na retenção e absorção desse elemento. Conclui-se que há variabilidade na composição mineral da ora-pro-nóbis entre as duas regiões analisadas, a qual pode ser atribuída às diferenças na composição e dinâmica do solo, bem como às condições climáticas locais. Tais achados reforçam a importância de estudos integrados entre solo e planta, contribuindo para a valorização agronômica e nutricional da ora-pro-nóbis como alimento funcional em políticas de diversificação alimentar.

Palavras-chave: *Pereskia aculeata*; Composição mineral; Condições edafoclimáticas.

ABSTRACT

SAMPAIO, Rômulo Batista. **Evaluation of a study on the determination of minerals in the leaves of *Pereskia aculeata* Miller (ora-pro-nobis).** Rio de Janeiro, 2025. Undergraduate Thesis. Federal University of Rio de Janeiro – UFRJ. 2025.

The increasing recognition of Unconventional Food Plants (UFPs) in the context of food security has driven studies focused on the nutritional characterization of species such as *Pereskia aculeata* Miller, popularly known as ora-pro-nobis. This plant is known for its high nutritional value, particularly regarding its content of essential minerals for human metabolism, such as calcium, magnesium, iron, and zinc. However, the mineral composition of its leaves can vary significantly depending on the edaphoclimatic conditions of the cultivation environment. In this context, the present study aimed to extract and quantify the minerals present in ora-pro-nobis leaves cultivated in the Engenho Novo neighborhood, in the city of Rio de Janeiro and compare the results with data previously obtained in a study conducted by Paula Filho *et al.* (2021), based on samples from Viçosa – Minas Gerais. The investigative approach aimed to verify the existence of mineral variability between regions and its relationship with local soil composition. The methodology consisted of manually collecting leaves from an urban area in the northern zone of Rio de Janeiro, followed by natural drying, grinding, acid digestion, and analysis using inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). The quantified elements included Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, P, Se and Zn. The results revealed high foliar concentrations of calcium ($2653 \pm 96,91 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) and magnesium ($352 \pm 12,38 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) in samples from Engenho Novo – RJ, values that corresponded to the greater availability of these nutrients in the local soil. In contrast, potassium showed divergent behavior: although the soil in Viçosa – MG had significantly higher potassium content (3331 mg/dm^3), foliar levels were higher in samples from Engenho Novo – RJ ($2093 \pm 9,29 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), suggesting the influence of edaphoclimatic factors and possible differences in the retention and absorption of this element. It is concluded that there is variability in the mineral composition of ora-pro-nobis between the two regions analyzed, which can be attributed to differences in soil composition and dynamics, as well as local climatic conditions. These findings reinforce the importance of integrated studies between soil and plant, contributing to the agronomic and nutritional appreciation of ora-pro-nobis as a functional food in policies promoting dietary diversification.

Keywords: *Pereskia aculeata*; Mineral composition; Edaphoclimatic conditions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Folha de ora-pro-nóbis.....	18
Figura 2. Classificação botânica de <i>Pereskia aculeata</i> Miller.....	19
Figura 3. Ora-pro-nóbis. Caule lignificado com espinhos em forma de agulha, folhas, flor e frutos maduros.....	20
Figura 4. Estrutura molecular do ácido cis-3-(3,4-diidroxifenil) propenoico (ácido cis-cafeico)	24
Figura 5. Estrutura molecular do ácido trans-3-(3,4-diidroxifenil) propenoico (ácido trans-cafeico).....	24
Figura 6. Mapa das regiões do estado do Rio de Janeiro	30
Figura 7. Mapa com delimitação das zonas oeste, norte, sul e centro da cidade do Rio de Janeiro	31
Figura 8. Bairro do Engenho Novo (RJ)	32
Figura 9. Planta Ora-pro-nóbis no bairro Engenho Novo (RJ)	33
Figura 10. Preparo e análise da amostra de <i>Pereskia aculeata</i> Miller	33
Figura 11. Folhas de <i>Pereskia aculeata</i> Miller recém-coletadas e dispostas para início do processo de secagem ao ar livre	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Condições operacionais para o ICP-OES utilizadas na determinação de metais em amostras de folhas de ora-pro-nóbis	36
Tabela 1. Concentrações encontradas nas amostras em mg L ⁻¹ no Engenho Novo – RJ	37
Tabela 3. Comparação entre as concentrações de minerais das folhas e seus respectivos desvios-padrão em mg 100g ⁻¹ de matéria seca de Viçosa – MG e Engenho Novo – RJ	43
Tabela 4. Concentrações de minerais no solo do Rio de Janeiro – RJ	45
Tabela 5. Concentrações de minerais no solo de Viçosa – MG	47
Tabela 6. Comparação entre as concentrações médias dos solos de Viçosa – MG e Rio de Janeiro – RJ	49
Tabela 7. Ingestões Dietéticas de Referência para minerais selecionados em adultos (homens e mulheres) (mg/dia)	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABTS – 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

AP – Área de Planejamento

APG IV – *Angiosperm Phylogeny Group IV* (Sistema de classificação filogenética de angiospermas, quarta versão)

ATT – Atividade Antioxidante Total

Ca – Cálcio

Cr – Cromo

Cu – Cobre

DPPH – 2,2-difenil-1-picril-hidrazil

DRI – *Dietary Reference Intakes* (Ingestões Dietéticas de Referência)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA – Estados Unidos

Fe – Ferro

FTIR – *Fourier Transform Infrared* (Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICP – OES – *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado)

K – Potássio

LD – Limite de Detecção

LQ – Limite de Quantificação

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

Mg – Magnésio

MG – Minas Gerais

Mn – Manganês

Mo – Molibdênio

Na – Sódio

P – Fósforo

PANCs – Plantas Alimentícias Não Convencionais

pH – Potencial Hidrogeniônico

PS-MS – *Paper Spray Mass Spectrometry* (Espectrometria de Massas com Ionização por Spray de Papel)

RJ – Rio de Janeiro

RS – Rio Grande do Sul

Se – Selênio

TE – *Trolox Equivalente* (Equivalente de Trolox)

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 <i>PERESKIA ACULEATA MILLER</i> (ORA-PRO-NÓBIS)	18
2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS E TAXONÔMICOS DE <i>PERESKIA ACULEATA MILLER</i>	18
2.2 POTENCIAL NUTRICIONAL, FUNCIONAL E FITOQUÍMICO DE <i>PERESKIA ACULEATA MILLER</i>	21
2.2.1 Compostos fenólicos.....	23
2.3 VARIABILIDADE REGIONAL E A IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO CULTIVO DE <i>PERESKIA ACULEATA</i> NO BRASIL	25
3 METODOLOGIA	28
3.1 TIPO DE ESTUDO	28
3.2 ABORDAGEM	28
3.3 NATUREZA	29
3.4 AMOSTRA	29
3.4.1 Região.....	29
3.4.2 Preparo e análise da amostra	32
4 RESULTADOS.....	37
4.1 CÁLCIO	38
4.2 CROMO	38
4.3 COBRE.....	39
4.4 FERRO	39
4.5 POTÁSSIO	40
4.6 MAGNÉSIO	40
4.7 MANGANÊS	41
4.8 MOLIBDÊNIO	41

4.9 SÓDIO	41
4.10 FÓSFORO	42
4.11 SELÊNIO	42
4.12 ZINCO.....	42
4.13 ANÁLISE COMPARATIVA	43
5 DISCUSSÃO	52
5.1 CONCORDÂNCIA ENTRE SOLO E FOLHAS	52
5.2 MICRONUTRIENTES DE BAIXA DISPONIBILIDADE	53
5.3 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS	54
5.4 IMPLICAÇÕES AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE A – MEMÓRIA DE CÁLCULO	62

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem-se observado um crescimento significativo no interesse por espécies vegetais com elevado potencial nutricional, especialmente em contextos de segurança alimentar, sustentabilidade e valorização da biodiversidade local. Nesse cenário, o estudo da composição mineral de plantas comestíveis adquire relevância estratégica, considerando que os minerais desempenham papéis fundamentais no metabolismo humano e estão diretamente relacionados à prevenção de diversas deficiências nutricionais (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

A *Pereskia aculeata* Miller, popularmente conhecida como ora-pro-nóbis, é uma espécie de cacto amplamente distribuída no Brasil e frequentemente utilizada na alimentação de comunidade rural devido ao seu elevado valor nutricional. Além de seu uso culinário, suas folhas são ricas em compostos químicos com propriedades medicinais, incluindo ações cicatrizantes e anti-inflamatórias (DUARTE; HAYASHI, 2005; ROSA; SOUZA, 2003). O interesse científico por essa planta tem crescido significativamente nos últimos anos, especialmente no campo da nutrição e da química, devido à sua composição rica em minerais essenciais, como cálcio, magnésio, manganês, zinco e ferro.

As plantas alimentícias não convencionais (PANCs), categoria na qual a ora-pro-nóbis se insere, têm sido objeto de estudos por sua alta capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e pelo seu potencial nutricional (BRASIL, 2010). No entanto, a concentração de minerais nas folhas pode variar em função de diversos fatores, como condições climáticas, idade das folhas e disponibilidade de nutrientes no solo. Dessa forma, a análise da composição mineral da ora-pro-nóbis em diferentes regiões do Brasil pode fornecer informações relevantes sobre as influências ambientais na qualidade nutricional da planta.

A comparação entre amostras de *Pereskia aculeata* Miller oriundas de distintas localidades permite avaliar a influência de características edáficas e ambientais sobre o perfil mineral da planta. A composição físico-química do solo, incluindo fatores como acidez, teor de matéria orgânica e presença de macro e micronutrientes, afeta diretamente a absorção e o acúmulo de elementos minerais nas folhas (PENG *et al.*, 2022).

A espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) destaca-se como uma técnica analítica de alta sensibilidade e exatidão, amplamente utilizada para quantificar múltiplos elementos minerais em matrizes vegetais com confiabilidade. O estudo conduzido por Peng *et al.* (2022), ao investigar a distribuição de elementos minerais no

solo e em diferentes partes da planta *Camellia sinensis*, demonstra que variações na composição do solo refletem-se significativamente nos teores minerais dos tecidos vegetais, com destaque para elementos como cálcio, ferro, manganês e zinco. Tais achados reforçam a importância de considerar os atributos edáficos na análise da qualidade nutricional de espécies vegetais, oferecendo subsídios para estudos agronômicos e nutricionais voltados à valorização de plantas alimentícias não convencionais.

Estudos prévios indicam que a concentração de minerais essenciais, como cálcio, magnésio, manganês, zinco e ferro, podem sofrer alterações conforme o ambiente (tipo de solo, clima e localização geográfica) em que a planta se desenvolve. Estudos internacionais corroboram essa relação. Por exemplo, o estudo conduzido por Makus e Lester (2002), avaliou o efeito do tipo de solo e da intensidade luminosa sobre os nutrientes foliares em cultivares de mostarda, observando que solos de diferentes texturas e condições de luminosidade impactam diretamente os níveis de minerais essenciais nas folhas.

O estudo realizado por Bevis e Kim (2021) examinou a relação entre a disponibilidade de minerais no solo e a concentração desses elementos em culturas alimentares no Malawi. A pesquisa revelou que solos deficientes em zinco e selênio resultaram em culturas com baixos teores desses minerais, impactando diretamente a ingestão nutricional das populações locais. Bevis e Kim (2021) enfatizam a importância de considerar a variabilidade espacial da composição mineral do solo no planejamento de políticas públicas voltadas à segurança alimentar e à biofortificação de alimentos.

Diante desse cenário, surge a seguinte questão: existem diferenças significativas na composição mineral das folhas de ora-pro-nóbis cultivadas na região do Engenho Novo, na zona norte do município do Rio de Janeiro, quando comparadas às coletadas em Viçosa, Minas Gerais? Além disso, como a composição do solo pode influenciar os teores de minerais presentes nas folhas dessa espécie?

Diante da reconhecida influência das condições edafoclimáticas na absorção e translocação de nutrientes pelas plantas, especialmente em espécies de elevada plasticidade adaptativa como *Pereskia aculeata* Miller, levanta-se a hipótese de que a composição mineral de suas folhas varie em função das características do solo e do ambiente climático em que é cultivada. Tal premissa fundamenta-se na relação direta entre a disponibilidade de elementos no solo, suas formas químicas, e a capacidade da planta em absorvê-los, fatores que podem ser modulados por variáveis como pH, textura, teor de matéria orgânica, temperatura e regime hídrico. Assim, a análise comparativa entre diferentes localidades pode oferecer evidências

sobre a sensibilidade da ora-pro-nóbis a essas variáveis ambientais, contribuindo para compreender sua variabilidade nutricional e orientar práticas agrícolas mais eficientes.

A análise da composição mineral de ora-pro-nóbis em diferentes regiões é fundamental para avaliar sua qualidade nutricional e seu potencial na alimentação humana. Embora existam estudos conduzidos em Viçosa, Minas Gerais, como o de Paula Filho *et al.* (2021), ainda há carência de investigações voltadas às plantas cultivadas, especialmente em áreas urbanas como a região de Engenho Novo, no Rio de Janeiro. Essa lacuna no conhecimento dificulta a compreensão sobre a variabilidade nutricional da espécie em contextos edafoclimáticos distintos. Assim, a comparação entre amostras dessas duas localidades possibilita identificar como as condições do solo e do ambiente urbano influenciam a absorção de nutrientes pelas folhas da planta, fornecendo subsídios para sua valorização como recurso alimentar funcional.

Compreender a variabilidade na composição mineral de ora-pro-nóbis pode contribuir para sua valorização enquanto alimento funcional, promovendo seu uso em políticas de segurança alimentar e incentivando a diversificação da dieta. A identificação de possíveis diferenças nutricionais em função da composição do solo também pode auxiliar na recomendação de práticas agrícolas mais adequadas para o cultivo da espécie.

Além disso, esse estudo disponibiliza informações relevantes sobre os nutrientes encontrados no solo dessa planta, favorecendo a realização de novos trabalhos voltados ao manejo agrônomo e à formulação de adubos específicos que potencializem o desenvolvimento da cultura. Essa possibilidade contribui para avanços científicos relacionados ao monitoramento do estado nutricional das plantas e à identificação de práticas de correção do solo mais adequadas. Do ponto de vista industrial, o conhecimento gerado pode orientar a padronização de matérias-primas destinadas à produção de suplementos alimentares, ingredientes funcionais e formulações farmacêuticas, ampliando as formas de aproveitamento comercial da espécie.

Isto posto, o objetivo desse estudo foi extrair os minerais das folhas de ora-pro-nóbis coletadas na região do bairro do Engenho Novo, Rio de Janeiro e comparar a composição dos minerais encontrados com um estudo anterior (PAULA FILHO *et al.*, 2021) das folhas de ora-pro-nóbis coletada na cidade de Viçosa (Minas Gerais). O foco desse objetivo foi verificar se há variabilidade em função da composição do solo no local de produção.

2 *PERESKIA ACULEATA MILLER* (ORA-PRO-NÓBIS)

2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS E TAXONÔMICOS DE *PERESKIA ACULEATA MILLER*

A *Pereskia aculeata* Miller, popularmente conhecida como ora-pro-nóbis, é uma espécie pertencente à família Cactaceae que apresenta particularidades em relação ao grupo, como a presença de folhas verdes, suculentas e persistentes (Figura 1). Diferentemente de grande parte dos cactos, que se caracterizam por caules suculentos e ausência de folhas, a ora-pro-nóbis mantém estrutura foliar bem desenvolvida. Além de suas peculiaridades morfológicas, estudos apontam seu aproveitamento na alimentação e na medicina popular, em razão do elevado teor de nutrientes e compostos bioativos presentes em suas folhas (GARCIA *et al.*, 2019).

Figura 1. Folha de ora-pro-nóbis



Fonte: Souza *et al.* (2021).

Com o intuito de situar taxonomicamente a espécie em estudo, apresenta-se a seguir a Figura 2, a qual reúne a classificação botânica de *Pereskia aculeata* Miller, conforme os principais níveis hierárquicos do sistema de organização vegetal. Essa estrutura segue as diretrizes do sistema APG IV¹, amplamente reconhecido na taxonomia de angiospermas.

¹ O sistema APG IV (Angiosperm Phylogeny Group IV) corresponde à quarta versão da classificação filogenética das angiospermas, publicada em 2016 pelo grupo internacional *Angiosperm Phylogeny Group*. Esse

Figura 2. Classificação botânica de *Pereskia aculeata* Miller

REINO	Plantae
FILO	Tracheophyta
CLASSE	Magnoliopsida
ORDEM	Caryophyllales
FAMÍLIA	Cactaceae
GÊNERO	Pereskia
ESPÉCIE	<i>Pereskia aculeata</i> Miller
NOME POPULAR	Ora-pro-nóbis

Fonte: Adaptado de Garcia *et al.* (2019); APG IV (2016).

Segundo Cruz *et al.* (2021), a ora-pro-nóbis foi descrita inicialmente por Philip Miller em 1754, um botânico britânico que documentou muitas espécies de plantas e foi uma figura importante na taxonomia botânica do século XVIII. Observa-se que, pertencente ao Reino *Plantae*, a espécie está inserida no filo *Tracheophyta*, grupo que abrange plantas vasculares, e na classe Magnoliopsida, que compreende as dicotiledôneas. Sua ordem, *Caryophyllales*, inclui diversas famílias de plantas com características morfofisiológicas adaptadas a ambientes variados. Dentro da família *Cactaceae*, a ora-pro-nóbis destaca-se por conservar folhas bem desenvolvidas, ao contrário da maioria das cactáceas que evoluíram com cladódios (CRUZ *et al.*, 2021). O gênero *Pereskia* é considerado basal dentro da família, o que significa que mantém características primitivas em relação aos demais cactos.

A Figura 3 apresenta diferentes estruturas morfológicas da planta *Pereskia aculeata* Miller (ora-pro-nóbis), com o objetivo de ilustrar suas principais características botânicas. A imagem reúne registros fotográficos do caule, folhas, flor e fruto maduro da espécie,

sistema baseia-se em dados moleculares e filogenéticos, atualizando periodicamente a organização taxonômica das plantas com flores e substituindo modelos tradicionais essencialmente morfológicos.

contribuindo para a compreensão visual de sua morfologia, que difere significativamente das formas convencionais observadas em outras cactáceas.

Figura 3. Ora-pro-nóbis. Caule lignificado com espinhos em forma de agulha, folhas, flor e frutos maduros



Fonte: Santana *et al.* (2018).

Na porção superior esquerda (Fig. 3A), observa-se o caule lignificado, dotado de espinhos finos e agudos, típicos da espécie. Ao lado, no canto superior direito (Fig. 3B) estão as folhas verdes, espessas e suculentas, que desempenham papel importante na fotossíntese e são a parte comumente utilizada na alimentação. Na parte inferior esquerda (Fig. 3C), destaca-se a flor hermafrodita, de coloração esbranquiçada com estames róseos e amarelos, típica da morfologia floral da planta. Por fim, no canto inferior direito (Fig. 3D), visualiza-se o fruto maduro, de coloração alaranjada, pequeno e comestível, que abriga sementes em seu interior e representa um importante componente reprodutivo da espécie.

Trata-se, portanto, de uma planta bastante adaptável sendo capaz de crescer em solos mais áridos e com pouca irrigação, o que a torna ideal para climas tropicais e semiáridos, onde outras plantas alimentícias podem ter dificuldades para se desenvolver. Ela também pode ser cultivada de maneira orgânica, sem grandes necessidades de agrotóxicos, o que a

torna uma excelente opção para pequenos produtores rurais (SOARES; DE CASTRO; MARTINS, 2022).

2.2 POTENCIAL NUTRICIONAL, FUNCIONAL E FITOQUÍMICO DE *PERESKIA ACULEATA MILLER*

Duarte e Hayashi (2005) evidenciam que as folhas de ora-pro-nóbis também conhecidas como groselha- de-Barbados, apresentam alto teor de mucilagem, um complexo de carboidratos com alta capacidade de absorção de água que tem potencial significativo para uso como hidrocolóide em alimentos processados e indústrias farmacêuticas devido às suas propriedades emolientes. A alta quantidade de proteína nas folhas levou a planta a ser chamada de “carne de pobre”. A produção e o consumo de folhas de ora-pro-nóbis são extremamente importantes devido ao seu potencial como fonte sustentável de nutracêuticos e ingredientes, favorecendo alimentos para melhorar a qualidade nutricional.

Segundo Silva *et al.* (2023), as folhas de ora-pro-nóbis apresentam teor proteico em torno de 23 % da matéria seca, associado ainda à presença de mucilagem rica em arabinogalactana, biopolímero com propriedades tecnofuncionais de interesse para as indústrias alimentícia e farmacêutica. Em outro enfoque, Guimarães *et al.* (2019) avaliaram o desempenho agrônomo da espécie sob diferentes níveis de adubação orgânica com esterco de galinha e observaram que a aplicação de 3,5 kg/m² proporcionou teor de proteína bruta de 12,21 g/100 g de matéria seca. A diferença entre os valores reportados pode estar relacionada à variabilidade genética da planta, às condições edafoclimáticas de cultivo, bem como às metodologias analíticas empregadas em cada estudo. Esses aspectos evidenciam como o manejo agrícola exerce influência direta sobre a composição nutricional da espécie.

Embora os estudos de Silva *et al.* (2023) e Guimarães *et al.* (2019) reforcem o potencial nutricional das folhas de *Pereskia aculeata Miller*, especialmente quanto ao seu elevado teor proteico e à presença de mucilagens com propriedades tecnofuncionais, as informações sobre sua constituição fitoquímica permanecem limitadas. A maior parte das investigações tem se concentrado na análise de aminoácidos, fitoesteróis e na caracterização de seu óleo essencial, havendo lacunas relevantes quanto à identificação e quantificação de outros metabólitos bioativos.

É uma planta trepadeira que pode atingir até 4 metros de altura, com folhas espessas e ovais. Os espinhos, presentes principalmente nos ramos, dão à planta uma aparência

característica, mas não impedem seu uso e consumo. A grande importância da ora-pro-nóbis está no seu alto valor nutritivo. As folhas são ricas em proteínas, fibra dietética, minerais como ferro e cálcio, e vitaminas como a vitamina A, C e algumas do complexo B. Propaga-se por meio de estacas plantadas em solo fértil enriquecido de matéria orgânica. Depois de enraizada, é transplantada para o local definitivo. Em épocas de chuva pode ser plantada diretamente no local definitivo. Seu desenvolvimento, quando propagada por estaquia, é lento nos primeiros meses, mas após formação das raízes, tem o crescimento bastante acelerado (SOARES; DE CASTRO; MARTINS, 2022).

Além das proteínas, a ora-pro-nóbis contém uma série de aminoácidos essenciais, como leucina, lisina, fenilalanina, valina e treonina, que são fundamentais para a síntese de proteínas e o bom funcionamento do organismo, incluindo o crescimento celular e a regeneração dos tecidos. A planta também é uma excelente fonte de fibra alimentar, o que contribui para o bom funcionamento do sistema digestório, ajuda na prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e auxilia na redução do colesterol no sangue. Sua ação de promover a saciedade também a torna benéfica para o controle do peso (GARCIA *et al.*, 2019).

A planta contém também ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico, que é um ácido graxo ômega-6, e ajuda na manutenção da saúde cardiovascular, além de possuir propriedades anti-inflamatórias. Antioxidantes como flavonoides e carotenoides também são encontrados na ora-pro-nóbis. Esses compostos têm a capacidade de combater os radicais livres, protegendo as células contra danos oxidativos, que podem levar ao envelhecimento precoce e ao desenvolvimento de doenças crônicas, como o câncer. Embora em menores quantidades, a ora-pro-nóbis também contém alcaloides, que são compostos com propriedades analgésicas e anti-inflamatórias. Esses compostos têm sido usados na medicina popular para aliviar dores e reduzir inflamações. Além disso, os taninos, presentes nas folhas, conferem propriedades adstringentes e antimicrobianas, sendo utilizados em tratamentos para cicatrização de feridas e no controle de inflamações (GONÇALVES *et al.*, 2019).

O estudo conduzido por Macedo *et al.* (2023) investigou os efeitos de diferentes tempos de extração com ultrassom (10, 20, 30 e 40 minutos) sobre o perfil fitoquímico, a atividade antioxidante e a ação antibacteriana dos extratos etanólicos obtidos de folhas liofilizadas de *Pereskia aculeata* Miller. Os resultados revelaram que o tempo de extração influencia significativamente o conteúdo de compostos fenólicos e os níveis de atividade antioxidante (ATT), sendo os melhores desempenhos obtidos nas extrações de 30 e 40

minutos. Especificamente, os valores de ATT medidos por DPPH atingiram até 70,20 μM de TE g^{-1} de extrato, enquanto as análises por ABTS e ferro também demonstraram variações positivas conforme o tempo de extração. Além disso, todos os extratos inibiram o crescimento de *Staphylococcus aureus*, sendo o extrato obtido com 20 minutos o mais eficaz na menor concentração testada (1,56 mg mL^{-1}).

A análise química por cromatografia líquida identificou o ácido clorogênico como composto majoritário em todos os extratos, enquanto a espectrometria por ionização com spray de papel (PS-MS) detectou 53 substâncias diferentes, incluindo ácidos orgânicos, fenólicos, flavonoides, terpenos e fitoesteróis (MACEDO *et al.*, 2023). Esses dados demonstram a complexidade do perfil fitoquímico da planta, bem como seu elevado potencial bioativo. Técnicas complementares, como microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), confirmaram a preservação da estrutura morfológica das folhas liofilizadas e a presença de grupos carboxílicos e proteínas, os quais favorecem a formação de géis. Esses achados reforçam o potencial da *P. aculeata* como fonte de ingredientes funcionais e aditivos naturais para aplicações nas indústrias alimentícia e farmacêutica.

2.2.1 Compostos fenólicos

Diversos compostos fenólicos já foram identificados nas folhas de *Pereskia aculeata* Miller, incluindo hordenina, di-terc-butilfenol, petunidina, quercetina, rutina, isoramnetina, kaempferol e derivados glicosilados, além dos isômeros cis- e trans-ácido cafeico (GARCIA *et al.*, 2019). Todos esses metabólitos apresentam características bioativas de interesse, destacando-se pelas funções antioxidantes, anti-inflamatórias e pela potencial aplicação nas indústrias alimentícia e farmacêutica.

Neste estudo, optou-se por detalhar especificamente os ácidos cis- e trans-cafeico, em razão de sua relevância entre os compostos derivados do ácido cinâmico, da frequência com que são reportados em diferentes tecidos vegetais e de suas propriedades físico-químicas distintas em função da isomeria geométrica. Essa abordagem permite ilustrar, de forma comparativa, como pequenas variações estruturais influenciam as atividades biológicas desses fenólicos, reforçando a importância da classe na composição bioativa da ora-pro-nóbis.

A Figura 4 apresenta a estrutura molecular do ácido cis-cafeico, um composto fenólico derivado do ácido cinâmico.

Figura 4. Estrutura molecular do ácido cis-3-(3,4-diidroxifenil) propenoico (ácido cis-cafeico)



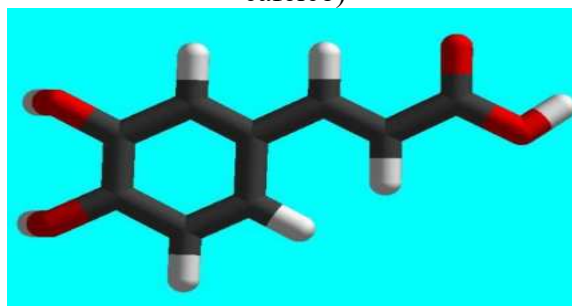
Nota: O modelo em bastão indica os átomos: em preto, o elemento carbono; em vermelho, o oxigênio; e em branco, o hidrogênio.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Observa-se que sua fórmula molecular é $C_9H_8O_4$ e sua estrutura é caracterizada por um anel aromático (benzênico) com dois grupos hidroxila ($-OH$) nas posições orto (3,4-diidroxifenil), ligados a uma cadeia lateral insaturada com uma configuração cis (ou *Z*) em torno da dupla ligação entre os carbonos da cadeia lateral. Essa conformação geométrica influencia suas propriedades físico-químicas e biológicas, como solubilidade e capacidade antioxidante. O ácido cafeico é amplamente distribuído em tecidos vegetais e está associado a funções antioxidantes, anti-inflamatórias e protetoras contra o estresse oxidativo, o que justifica sua presença entre os compostos bioativos relevantes nas folhas de *Pereskia aculeata* Miller.

A Figura 5 apresenta a estrutura molecular do ácido trans-cafeico, um isômero geométrico do ácido cafeico, também pertencente à classe dos compostos fenólicos derivados do ácido cinâmico.

Figura 5. Estrutura molecular do ácido trans-3-(3,4-diidroxifenil) propenoico (ácido trans-cafeico)



Nota: O modelo em bastão indica os átomos: em preto, o elemento carbono; em vermelho, o oxigênio; e em branco, o hidrogênio.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Sua fórmula molecular é igualmente $C_9H_8O_4$, porém a disposição espacial dos átomos ao redor da dupla ligação da cadeia lateral está na configuração *trans* (ou *E*), em que os grupos funcionais se encontram em lados opostos do plano da ligação. Assim como a forma *cis*, o ácido *trans*-cafeico possui um anel aromático com dois grupos hidroxila nas posições 3 e 4 (3,4-diidroxifenil), o que confere elevada capacidade antioxidante. A conformação *trans* é mais comum na natureza e tende a ser mais estável, sendo frequentemente identificada em extratos vegetais com potencial bioativo, como nas folhas de *Pereskia aculeata* Miller. Este composto está associado a propriedades anti-inflamatórias, hepatoprotetoras e antimicrobianas.

2.3 VARIABILIDADE REGIONAL E A IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO CULTIVO DE *PERESKIA ACULEATA* NO BRASIL

Em relação às variações, a ora-pro-nóbis pode ser encontrada em diferentes formas, que variam de acordo com a região onde é cultivada. Algumas variedades podem ter folhas mais largas, enquanto outras possuem folhas menores e mais espessas. Além disso, a coloração das folhas pode variar de verde-claro a verde-escuro, dependendo do ambiente de cultivo. Em algumas regiões, há variedades que apresentam maior resistência ao ataque de pragas e doenças, o que torna a planta ainda mais valiosa do ponto de vista agrícola (CRUZ *et al.*, 2021).

No Brasil, especialmente no Nordeste, a ora-pro-nóbis é cultivada como parte da dieta local e tem ganhado destaque nas feiras de alimentos naturais. No entanto, sua popularização ainda enfrenta desafios em termos de distribuição e cultivo em larga escala, embora haja iniciativas que busquem expandir seu cultivo e utilização comercial. Ela também tem ganho atenção por sua capacidade de combater a insegurança alimentar, especialmente em regiões afetadas pela pobreza e escassez de alimentos (GONÇALVES *et al.*, 2019).

Pereskia aculeata é uma planta nativa da América do Sul, amplamente distribuída no território brasileiro. Sua adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas resulta em variações morfológicas, fenológicas e fitoquímicas, influenciadas pelo ambiente de cultivo. Essas variações regionais impactam diretamente na qualidade nutricional da planta e em seu potencial de uso na alimentação e na medicina popular. Além disso, o cultivo da ora-pro-nóbis apresenta relevância socioeconômica, especialmente para a agricultura familiar, devido à sua rusticidade e ao seu valor nutricional.

No sul do Brasil, especificamente em Pelotas (RS), um estudo conduzido por Silva *et al.* (2018) avaliou as características fenológicas e físico-químicas da *Pereskia aculeata* cultivada sob clima temperado e úmido. Observou-se que a planta entrou em estado de quiescência durante o inverno, não produzindo folhas nesse período. A floração iniciou-se em março, seguida pela frutificação em abril. As análises físico-químicas revelaram variações nos teores de umidade, área foliar, altura, proteína, cor, fenóis totais e atividade antioxidante ao longo do cultivo, indicando que o ambiente influencia significativamente na composição da planta.

Em Minas Gerais, a *Pereskia aculeata* apresenta notável variabilidade regional, tanto em termos agrônômicos quanto nutricionais. O estudo publicado na década de 1970, conduzido por Almeida Filho e Cambraia (1974) revelaram teores de proteína bruta variando entre 17,4 g/100 g de matéria seca em Guiricema e 25,4 g/100 g em Viçosa, indicando influência significativa das condições edafoclimáticas locais na composição nutricional da planta. Além disso, os teores de lisina, aminoácido essencial, foram superiores aos encontrados em outras hortaliças, como couve e repolho, destacando o potencial da ora-pro-nóbis como fonte proteica de alta qualidade (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974).

Na região Sudeste, um levantamento realizado por Pereira *et al.* (2007) identificou a presença de três fungos fitopatogênicos associados à *Pereskia aculeata*, ressaltando a influência das condições ambientais na diversidade de patógenos que afetam a planta. Esses achados sugerem que fatores regionais podem impactar na saúde e no manejo do cultivo da ora-pro-nóbis.

Na culinária, a ora-pro-nóbis é amplamente utilizada em refogados, saladas, sopas, e até como substituta de folhas verdes, como o espinafre. Sua versatilidade na cozinha e sua riqueza nutricional a tornam uma alternativa especialmente importante em dietas vegetarianas e veganas. Além disso, ela é muito utilizada na medicina popular, sendo indicada para tratamentos de anemia, inflamação, distúrbios digestivos e até como auxiliar no controle de diabetes. As propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes das folhas de ora-pro-nóbis também são amplamente reconhecidas em remédios caseiros (GARCIA *et al.*, 2019).

Extratos bioativos naturais com atividades antioxidantes podem ser empregados como substitutos de aditivos artificiais, prevenindo também o desenvolvimento de doenças associadas ao estresse oxidativo, por exemplo, câncer, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus. Da mesma forma, os efeitos antimicrobianos de alguns fitoquímicos podem retardar ou inibir o crescimento de microrganismos patogênicos e produtores de toxinas em alimentos,

evitando doenças transmitidas por alimentos e deterioração de alimentos. Portanto, extratos naturais e/ou compostos naturais isolados podem acumular o papel de ingredientes conservantes e funcionalizantes, aumentando simultaneamente a estabilidade e o valor nutricional dos produtos alimentícios (GONÇALVES *et al.*, 2019).

Portanto, a variabilidade regional observada na *Pereskia aculeata* Miller não apenas evidencia sua plasticidade adaptativa diante das distintas condições edafoclimáticas brasileiras, mas também reforça seu potencial como recurso estratégico para a promoção da segurança alimentar e o fortalecimento da agricultura familiar. Por sua rusticidade, valor nutricional elevado e múltiplas aplicações alimentares e medicinais, a ora-pro-nóbis representa uma alternativa sustentável para comunidades em situação de vulnerabilidade socioeconômica.

3 METODOLOGIA

Esse capítulo apresenta a metodologia dessa pesquisa. Para isso e melhor organização das informações relacionadas, essa etapa foi dividida em subseções, para apresentar o tipo de estudo, abordagem, natureza e amostra. Além, da região e procedimentos para preparo e análise da amostra.

3.1 TIPO DE ESTUDO

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, modalidade de investigação empírica que busca analisar, com profundidade e em seu contexto real, um fenômeno delimitado no tempo e no espaço. Conforme explica Yin (2015), o estudo de caso não se limita à descrição superficial de um objeto, mas visa à compreensão holística de suas múltiplas dimensões, integrando dados qualitativos e quantitativos sempre que necessário. Essa estratégia metodológica é especialmente indicada quando o objetivo é investigar as particularidades de um caso específico, como ocorre nesta pesquisa ao analisar a composição mineral de folhas de *Pereskia aculeata* Miller cultivadas no Estado do Rio de Janeiro, em comparação com dados obtidos em outra localidade (Minas Gerais).

Ainda segundo Yin (2015), o estudo de caso pode ser exploratório, descritivo ou explanatório, a depender dos objetivos estabelecidos pelo pesquisador. No presente trabalho, o delineamento assume caráter predominantemente descritivo-comparativo, uma vez que se busca identificar e caracterizar padrões de variação na composição mineral da planta em função das diferenças edafoclimáticas entre as regiões analisadas. Essa escolha metodológica justifica-se pelo interesse em compreender como fatores ambientais interferem nos atributos nutricionais da *P. aculeata*, conferindo à investigação um caráter aplicado e de utilidade prática, especialmente no contexto da segurança alimentar e da valorização de espécies alimentícias não convencionais.

3.2 ABORDAGEM

Esta pesquisa adota a abordagem quantitativa, por meio da qual se busca mensurar, com confiabilidade, as variáveis envolvidas na composição mineral das folhas de *Pereskia aculeata* Miller. Segundo Gunther (2006), a abordagem quantitativa caracteriza-se pela

utilização de procedimentos sistemáticos e estruturados, baseando-se em dados mensuráveis e passíveis de análise estatística. Seu objetivo é quantificar fenômenos e estabelecer relações objetivas entre variáveis, garantindo a reprodutibilidade e a generalização dos resultados dentro de limites determinados.

A adoção dessa abordagem justifica-se pelo propósito central da pesquisa, que consiste em comparar os teores de minerais presentes nas folhas da espécie coletadas em diferentes regiões, utilizando métodos analíticos reconhecidamente confiáveis, como a espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

3.3 NATUREZA

Essa pesquisa é de natureza básica. Segundo Severino (2023), essa pesquisa busca a expansão do conhecimento científico, buscando a formulação de verdades, ainda que provisórias e contextuais, de aplicação universal. Ela se concentra na geração de conhecimento em si, sem a necessidade de aplicação prática imediata, como no estudo das propriedades de um mineral. Na pesquisa básica existem duas modalidades: a avaliação e diagnóstico. A pesquisa de avaliação atribui valor a um fenômeno, utilizando parâmetros de comparação bem definidos, podendo focar nos procedimentos ou nos resultados, que é a proposta desse estudo.

3.4 AMOSTRA

Folhas de ora-pro-nóbis coletadas na região do Engenho Novo, zona norte do município do Rio de Janeiro (RJ), no período de setembro de 2022.

3.4.1 Região

O Estado do Rio de Janeiro fica localizado na região Sudeste do Brasil. Com uma população de aproximadamente de 17 milhões de habitantes (IBGE, 2022), o clima do Rio de Janeiro apresenta a sua topografia acidentada, vegetação variada e proximidade com o Oceano Atlântico. Conforme a classificação de Köppen adaptada para o Brasil, o Estado possui cinco tipos climáticos distintos: tropical com inverno seco, tropical de altitude, subtropical úmido,

tropical úmido e tropical monçônico, influenciando diretamente a formação e evolução dos solos (FIALHO; MACHADO, 2024).

A Figura 6 apresenta a divisão territorial do Estado do Rio de Janeiro em diferentes regiões turísticas, destacando áreas como Costa Verde, Baixada Fluminense, Região Serrana, Vale do Café, entre outras.

Figura 6. Mapa das regiões do estado do Rio de Janeiro



Fonte: TurisRio (2025).

O mapa evidencia a organização espacial do estado e a interligação entre os municípios por meio das rodovias federais e estaduais, permitindo visualizar a diversidade geográfica e a distribuição das principais áreas de interesse econômico, social e ambiental. Esse recorte cartográfico auxilia na contextualização territorial da pesquisa, situando o local de coleta das amostras dentro de uma perspectiva regional mais ampla.

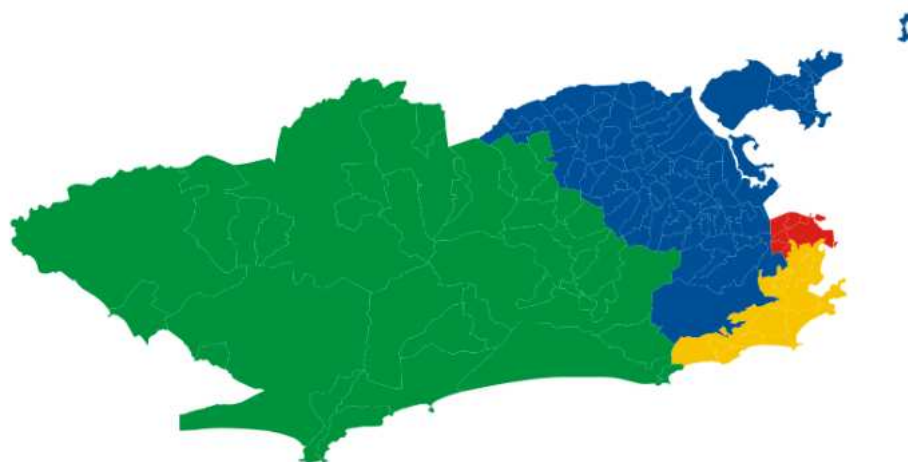
A chuva ocorre sazonalmente, com maior volume entre outubro e março. Entre abril e setembro, estações secas, os volumes de água reduzem (DELGADO; PEREIRA, 2023). A temperatura do ar altera conforme a localização geográfica, sendo mais elevada no Norte e Noroeste Fluminense, podendo ultrapassar 24 °C, enquanto a Região Serrana apresenta médias em torno de 15 °C (SILVA; DERECHYNSKI, 2014). A umidade relativa do ar acompanha essas variações, sendo a maior no sul e na área metropolitana do Estado, reduzindo durante a estação seca. Além disso, a evapotranspiração é aumentada nos meses

mais quentes e chuvosos, quando comparada com a estação seca, influenciando na retenção de água no solo (XAVIER; KING; SCANLON, 2016).

A velocidade dos ventos é mais intensa no Norte Fluminense, contribuindo para o transporte de partículas, fato que afeta os processos erosivos e a distribuição dos sedimentos (KAMPF; CURI, 2012). Os solos do Rio de Janeiro refletem a influência direta dessas condições climáticas. As regiões mais quentes e secas, como o Noroeste Fluminense, precisam lidar com a lixiviação² de nutrientes e menor armazenamento de água (BRADY; WEIL, 2013), impactando na plantação.

O município do Rio de Janeiro possui área territorial de 1.200,330 km² e população de 6.211.223 habitantes conforme o Censo de 2022, alcançando aproximadamente de 6 milhões e 700 mil pessoas em 2025. A densidade demográfica registrada em 2022 foi de 5.174,60 hab/km², evidenciando o caráter metropolitano da cidade (IBGE, 2022). A Figura 7 apresenta a divisão administrativa do município do Rio de Janeiro em suas principais zonas: Oeste, Norte, Sul e Centro.

Figura 7. Mapa com delimitação das zonas oeste, norte, sul e centro da cidade do Rio de Janeiro



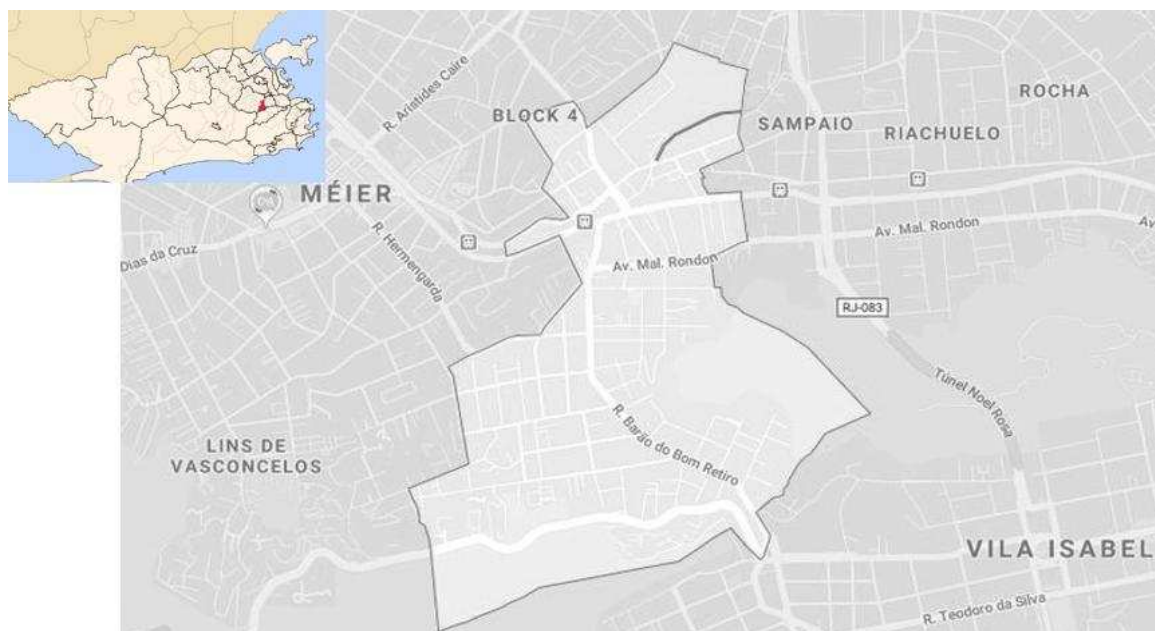
Fonte: DataRio (2024).

O bairro do Engenho Novo (22°54'23.1"S e 43°15'54.8"W) (Figura 8), localiza-se na Zona Norte do município do Rio de Janeiro e integra a Área de Planejamento 3 (AP-3), caracterizada por elevada densidade populacional e predominância de uso residencial.

²Lixiviação é o processo de remoção ou deslocamento de íons e partículas solúveis do solo, principalmente nutrientes, provocada pela infiltração da água da chuva ou da irrigação. Em regiões quentes e com altos índices pluviométricos, esse fenômeno pode comprometer a fertilidade do solo, afetando diretamente a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Para aprofundamento sobre o tema, ver: MEURER, E. J. **Química de solos**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 109–125.

Historicamente, a região se consolidou a partir do século XIX com o avanço da malha ferroviária, que impulsionou a urbanização e a ocupação dos subúrbios cariocas (FOTO RIO, 2023).

Figura 8. Bairro do Engenho Novo (RJ)



Fonte: CGJ, RJ, 2025.

Atualmente, o Engenho Novo apresenta perfil urbano consolidado, com presença significativa de comércio local, serviços e instituições educacionais, além de estar inserido em um contexto de intensa mobilidade, dada sua proximidade com importantes vias de acesso e estações ferroviárias da SuperVia (SANCHES; LIMA, 2020). Esses elementos tornam o bairro representativo das dinâmicas sociais e urbanas da Zona Norte carioca, influenciando diretamente a qualidade ambiental e as características do território onde foram realizadas as coletas.

3.4.2 Preparo e análise da amostra

A amostra compreendeu folhas da planta ora-pro-nóbis, retiradas de uma residência localizada na região de Engenho Novo (RJ) (Figura 9). A planta fica localizada “ao ar livre” na residência.

A escolha do bairro Engenho Novo (RJ) como local de coleta das amostras, deve-se fundamentalmente à acessibilidade proporcionada ao pesquisador. A presença da planta em uma residência particular possibilitou o acompanhamento direto do material em condições

naturais de cultivo, sem necessidade de deslocamentos extensos ou de autorizações institucionais específicas. Essa proximidade garantiu praticidade logística, favoreceu a obtenção de amostras frescas e reduziu riscos de variação decorrentes de longos intervalos entre coleta e processamento.

Figura 9. Planta Ora-pro-nóbis no bairro Engenho Novo (RJ)



Fonte: O autor (2022).

Para melhor visualização dos procedimentos adotados no preparo da amostra, apresenta-se a seguir a Figura 10, que sintetiza as etapas metodológicas aplicadas.

Figura 10. Preparo e análise da amostra de *Pereskia aculeata* Miller



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A coleta das folhas foi realizada manualmente, por destacamento direto dos folíolos a partir dos ramos da planta matriz. Após a coleta, o material vegetal foi submetido a secagem

ao ar livre, por um período contínuo de 14 dias, em ambiente sombreado, ventilado e protegido de intempéries, conforme ilustrado na Figura 11. Esse método de secagem natural permitiu a gradual redução do teor de umidade e favorecendo a preservação das propriedades estruturais do material vegetal, essenciais para a etapa posterior de trituração e mineralização.

Figura 11. Folhas de *Pereskia aculeata* Miller recém-coletadas e dispostas para início do processo de secagem ao ar livre



Fonte: O autor (2022).

Finalizada a secagem, as folhas foram trituradas mecanicamente em liquidificador, até obtenção de um pó fino e homogêneo, apropriado para os procedimentos de digestão ácida.

Para a mineralização da amostra, foi tomada aproximadamente 1,0000 g de material seco em balança analítica, em triplicata, e transferidas para erlenmeyers de 125 mL. A seguir, adicionaram-se 5,0 mL de ácido nítrico concentrado (HNO_3) diretamente sobre a amostra, procedendo-se ao aquecimento em chapa com controle de temperatura, sob capela de exaustão, até alcançar fervura branda (aproximadamente 80°C), sem agitação. Após redução parcial da matéria orgânica, adicionaram-se gotas de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , 30% p/p), promovendo a completa oxidação do resíduo e formação de uma solução límpida. As amostras foram então deixadas em repouso por 24 horas para resfriamento completo.

Após esse período, o conteúdo foi filtrado em papel quantitativo e transferido para balões volumétricos de 25,00 mL, completando-se o volume com água destilada deionizada. O protocolo empregado seguiu, com adaptações, a metodologia proposta por Gomes e Oliveira (2011), reconhecida para digestão de matrizes vegetais visando à quantificação de

elementos minerais por técnicas espectrométricas. A principal modificação consistiu na utilização de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) durante o processo de digestão, recurso não contemplado no método original, mas que contribuiu para maior eficiência na oxidação da matéria orgânica presente nas amostras.

Para a análise, o instrumento utilizado foi o espectrômetro de emissão ótica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), sequencial, com visão radial, marca Horiba Jobin Yvon, modelo Ultima 2 (Longjumeau, França), equipado com câmara de nebulização ciclônica, nebulizador do tipo MiraMist (Mira Mist CE, Burgener Research Inc., Ontario, Canadá) e amostrador automático modelo AS 421. Para a obtenção dos dados, foi utilizado o software operacional Analyst 5.4.

Para a determinação das concentrações dos elementos de Cálcio (Ca), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Potássio (K), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Sódio (Na), Fósforo (P), Selênio (Se) e Zinco (Zn), nas amostras $A_{1,1}$, $A_{1,2}$, $A_{2,1}$, $A_{2,2}$, $A_{3,1}$ e $A_{3,2}$, elas foram previamente diluídas e o extrato foi levado para a análise no espectrômetro. A quantificação foi realizada por interpolação utilizando curva de calibração analítica com quatro soluções-padrão para a calibração.

As soluções de calibração foram preparadas a partir da diluição de solução-padrão estoque SpecSol de concentração 1.000 ou 10.000 mg L⁻¹ (Quimlab Química & Metrologia®, Jardim Califórnia, Jacareí, São Paulo, Brasil) até a obtenção das concentrações desejadas, utilizando assemelhamento de matriz e água ultrapura obtida de um sistema Milli-Q®, modelo Direct 8 (Merck Millipore, Billerica, Massachusetts, EUA). As condições operacionais do instrumento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições operacionais para o ICP-OES utilizadas na determinação de metais em amostras de folhas de ora-pro-nóbis

Parâmetro	Valor
Potência Incidente (W)	1250
Vazão de gás do plasma (L min ⁻¹)	12
Vazão de gás de revestimento (L min ⁻¹)	0,2
Vazão de gás de nebulização (L min ⁻¹)	0,02
Pressão do nebulizador (bar)	2,0
Vazão de introdução de amostra (mL min ⁻¹)	1,0
Tempo de integração (s)	1
Resolução	Alta

Fonte: Laboratório de Desenvolvimento Analítico da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2024).

Por fim, os dados foram tratados na etapa de interpretação comparativa, com vistas à identificação de possíveis variações nos perfis minerais entre as amostras do Estado do Rio de Janeiro e aquelas descritas no estudo de referência realizado em Viçosa, Minas Gerais (PAULA FILHO *et al.*, 2021).

4 RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta as concentrações médias dos minerais analisados nas amostras de folhas de ora-pro-nóbis coletadas no Engenho Novo – RJ, expressas em mg L⁻¹. Observa-se que o cálcio (Ca) apresentou valores elevados, variando entre 965 e 1105 mg L⁻¹, evidenciando a sua predominância em relação aos demais minerais. Os valores de potássio (K) também se destacaram, variando entre 755 e 920 mg L⁻¹, enquanto o magnésio (Mg) oscilou de 134 a 147 mg L⁻¹, indicando boa disponibilidade deste nutriente nas amostras. Para os demais minerais, as concentrações apresentaram valores mais baixos, como o fósforo (P), que variou de 44 a 57 mg L⁻¹ e o ferro (Fe), de 4,2 a 4,6 mg L⁻¹. Os elementos como cromo (Cr), manganês (Mn), molibdênio (Mo), selênio (Se) e zinco (Zn) apresentaram concentrações bastante reduzidas, muitas vezes próximas aos limites de quantificação e detecção, evidenciando a baixa concentração desses minerais nas amostras analisadas. Além disso, elementos como cobre (Cu) e sódio (Na) apresentaram suas concentrações abaixo dos limites de quantificação e detecção.

Tabela 2 - Concentrações encontradas nas amostras em mg L⁻¹ no Engenho Novo – RJ

	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	P	Se	Zn
A1.1	1092	0,90	< 0,52	4,6	920	143	1,1	1,8	< 0,85	52	0,80	1,7
A1.2	1105	0,90	< 0,52	4,5	844	143	1,2	1,8	< 0,85	57	0,60	1,7
A2.1	965	0,80	< 0,52	4,2	805	134	1,2	1,8	< 0,85	52	0,60	1,6
A2.2	1077	0,90	1,0	4,2	835	137	1,2	1,6	< 0,85	44	0,70	1,7
A3.1	1059	0,90	< 0,52	4,2	867	143	1,1	1,9	< 0,85	46	0,60	1,9
A3.2	1073	0,80	< 0,52	4,2	755	147	1,0	1,9	< 0,85	45	0,80	1,8
LD	15	0,20	0,16	0,40	0,20	1,4	0,20	0,16	5,1	7,9	0,12	0,020
LQ	48	0,65	0,52	1,3	0,65	4,6	0,65	0,52	17	26	0,39	0,065

Nota: A_{1.1} tem representação da primeira amostra no primeiro frasco, A_{2.1} da segunda amostra no primeiro frasco e A_{3.1} da terceira amostra no primeiro frasco, e assim por diante. LD é limite de detecção e LQ é limite de quantificação.

Fonte: Resultados originais da pesquisa (2023).

A memória de cálculo apresentada para cada mineral descreve o procedimento utilizado para converter os valores médios obtidos em mg L⁻¹ nas amostras de folhas de ora-pro-nóbis para a unidade mg 100 g⁻¹ de matéria seca. A metodologia consistiu em somar as leituras

obtidas nos frascos de cada amostra, dividindo o resultado por dois para obter a média em mg L^{-1} . Em seguida, aplicou-se a fórmula de conversão, multiplicando a média obtida pelo volume do balão volumétrico (25,00 mL) e dividindo pela massa da amostra (1,0009 g, 1,0006 g ou 1,0008 g, conforme cada caso), dividindo o resultado por 10 para expressar a concentração em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Por fim, foi calculada a média das três amostras para cada mineral, permitindo uma visão comparativa das concentrações de Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Mo, P, Se e Zn (Ver Apêndice A).

4.1 CÁLCIO

Com base nos cálculos apresentados para o mineral Cálcio (Ca), observa-se que as concentrações nas três amostras analisadas apresentam valores elevados, que destaca a abundância desse elemento em folhas de *Pereskia aculeata* Miller. A aplicação da fórmula de conversão – considerando o volume da solução (25,00 mL), a massa da amostra utilizada em cada digestão ($\sim 1,0000 \text{ g}$) e a média das concentrações obtidas por ICP-OES – permitiu expressar os resultados em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de matéria seca, unidade frequentemente utilizada em estudos nutricionais de vegetais.

A Amostra 1 apresentou uma concentração final de $2744 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, enquanto a Amostra 2 apresentou $2551 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, e a Amostra 3 apresentou $2663 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. A média final entre as três amostras foi de $2653 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, o que confirma a expressiva presença de cálcio nas folhas da ora-pro-nóbis cultivada no Estado do Rio de Janeiro. Esse resultado reforça o potencial da espécie como fonte vegetal alternativa de cálcio, especialmente relevante em estratégias nutricionais voltadas à segurança alimentar e à prevenção de deficiências minerais na dieta humana.

4.2 CROMO

Os cálculos realizados para o cromo (Cr) demonstram concentrações relativamente baixas nas amostras analisadas, porém consistentes entre si. Após a conversão dos dados obtidos por ICP-OES (em mg L^{-1}) para a unidade $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de matéria seca, utilizando o volume da solução mineralizada (25,00 mL) e a massa de cada amostra ($\sim 1,0000 \text{ g}$), observou-se uma concentração média de $2,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$.

A Amostra 1 apresentou concentração de $2,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, enquanto as Amostras 2 e 3 registraram $2,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ cada. A baixa variação entre esses valores evidencia a

homogeneidade específica das amostras quanto ao teor de cromo, sugerindo consistência analítica para este elemento em particular. Ressalta-se, contudo, que esse comportamento não se repetiu para todos os minerais avaliados, uma vez que alguns apresentaram variações expressivas em suas concentrações.

4.3 COBRE

A análise do cobre (Cu) apresentou limitações significativas, uma vez que apenas uma das três amostras registrou concentração mensurável acima do limite de quantificação do método. Nessa condição, não é possível estabelecer uma média representativa nem discutir a variação entre as amostras, já que os valores ausentes inviabilizam a construção de parâmetros estatísticos confiáveis. Assim, para o cobre, os dados obtidos devem ser interpretados com cautela, indicando apenas a ocorrência pontual do elemento na espécie. Apesar dessa restrição, ressalta-se a importância do Cu como micronutriente essencial em funções fisiológicas, especialmente na composição de enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase, justificando sua inclusão no perfil mineral investigado.

4.4 FERRO

Os resultados referentes ao ferro (Fe) nas amostras analisadas revelaram teores consistentes e superiores aos limites mínimos de detecção, demonstrando a presença significativa desse mineral nas folhas da planta. A média geral obtida após os cálculos foi de 10 mg 100 g⁻¹ de matéria seca, com leve variação entre as amostras.

A Amostra 1 apresentou o maior teor (11,4 mg 100 g⁻¹), enquanto as Amostras 2 e 3 mantiveram um valor estável (10 mg 100 g⁻¹). Esses resultados reforçam o papel da ora-pro-nóbis como uma fonte vegetal relevante de ferro, especialmente em contextos de dietas com restrição de produtos de origem animal. Considerando que o ferro é essencial para processos fisiológicos como a formação da hemoglobina e o transporte de oxigênio, sua presença em níveis expressivos confirma o potencial nutricional da planta e sua aplicabilidade em estratégias alimentares voltadas à prevenção de deficiências minerais.

4.5 POTÁSSIO

A quantificação do potássio (K) nas folhas de *Pereskia aculeata* Miller revelou uma concentração média de 2093 mg 100 g⁻¹ de matéria seca, com variações modestas entre as três amostras analisadas. A Amostra 1 apresentou o maior teor (2203 mg 100 g⁻¹), enquanto as Amostras 2 e 3 exibiram valores de 2049 e 2026 mg 100 g⁻¹, respectivamente.

O potássio é um macronutriente essencial para o metabolismo vegetal e humano, atuando na regulação osmótica, na ativação de enzimas e no equilíbrio ácido-base. Sua presença em níveis elevados nas folhas de ora-pro-nóbis reforça a aplicabilidade da planta como fonte alternativa deste nutriente em dietas voltadas ao controle da hipertensão e ao funcionamento muscular adequado. Além disso, a estabilidade dos valores entre as amostras demonstra homogeneidade na composição mineral do vegetal, mesmo sob variações ambientais controladas.

4.6 MAGNÉSIO

A análise das concentrações de magnésio (Mg) nas amostras revelou uma média de 352 mg 100 g⁻¹ de matéria seca, demonstrando relativa estabilidade entre os três conjuntos amostrais. A Amostra 3 apresentou a maior concentração (362 mg 100 g⁻¹), seguida pela Amostra 1 (357 mg 100 g⁻¹) e pela Amostra 2 (338,5 mg 100 g⁻¹), com variações consideradas técnicas, dentro de uma faixa compatível para plantas cultivadas em condições ambientais similares.

O magnésio é um mineral essencial, com funções fundamentais na estrutura da clorofila, na fotossíntese e como cofator enzimático em diversas reações bioquímicas. Do ponto de vista nutricional, os valores observados reforçam o potencial da ora-pro-nóbis como fonte significativa de magnésio, especialmente em dietas voltadas à prevenção de distúrbios metabólicos, cardiovasculares e osteomusculares. A presença consistente desse mineral nas amostras analisadas destaca a espécie como candidata promissora na formulação de alimentos funcionais.

4.7 MANGANÊS

A concentração de manganês (Mn) nas folhas analisadas apresentou uma média de 2,8 mg 100 g⁻¹ de matéria seca, com ligeiras variações entre as três amostras. A Amostra 2 apresentou o maior valor (3,0 mg 100 g⁻¹), seguida pela Amostra 1 (2,87 mg 100 g⁻¹) e pela Amostra 3 (2,62 mg 100 g⁻¹).

O manganês atua como cofator de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase, e participando de processos metabólicos importantes, como a síntese de ácidos graxos e o metabolismo de carboidratos. Os dados obtidos indicam que a ora-pro-nóbis pode contribuir para a ingestão diária recomendada de manganês, reforçando seu valor funcional como alimento de origem vegetal com propriedades nutricionais relevantes.

4.8 MOLIBDÊNIO

A concentração de molibdênio (Mo) nas amostras de folhas de ora-pro-nóbis foi determinada com uma média geral de 4,5 mg 100 g⁻¹ de matéria seca. As variações observadas entre as amostras foram discretas: Amostra 3 apresentou o maior valor (4,7 mg 100 g⁻¹), seguida da Amostra 1 (4,5 mg 100 g⁻¹) e Amostra 2 (4,2 mg 100 g⁻¹). Esses resultados indicam uma estabilidade na presença de Mo no ponto de coleta, sugerindo uma distribuição relativamente homogênea do elemento na planta analisada.

O molibdênio está envolvido na ativação de enzimas redox, como a nitrato redutase, desempenhando papel fundamental no metabolismo do nitrogênio. Embora requerido em pequenas quantidades, sua presença é crítica para o funcionamento fisiológico tanto das plantas quanto dos seres humanos.

4.9 SÓDIO

A análise do sódio (Na) apresentou limitações significativas, uma vez que todas as três amostras registraram concentrações abaixo do limite de quantificação do método. Nessa condição, não é possível estabelecer uma média representativa nem discutir a variação entre as amostras, já que os valores ausentes inviabilizam a construção de parâmetros estatísticos confiáveis.

4.10 FÓSFORO

A concentração de fósforo (P) nas amostras de folhas de ora-pro-nóbis apresentou variação considerável entre os grupos analisados, refletindo possível influência de fatores ambientais, como disponibilidade de nutrientes no solo ou práticas de cultivo. A primeira amostra apresentou a maior concentração, com 136 mg 100 g⁻¹, enquanto a segunda revelou um valor intermediário (120 mg 100 g⁻¹), e a terceira situou-se em um valor mais baixo (114 mg 100 g⁻¹). A média final entre as três amostras foi de 123 mg 100 g⁻¹ de matéria seca.

As diferenças observadas nas concentrações podem estar associadas à heterogeneidade edáfica da região amostrada, bem como à absorção diferencial pela planta. A presença expressiva desse mineral em duas das três amostras reforça o potencial nutricional da ora-pro-nóbis, sobretudo no que tange à sua contribuição para a saúde óssea e processos celulares energéticos.

4.11 SELÊNIO

A quantificação do selênio (Se) nas amostras de folhas de *Pereskia aculeata* Miller revelou uma concentração média de 1,7 mg 100 g⁻¹ de matéria seca, com variações mínimas entre as três amostras analisadas. A Amostra 1 e a Amostra 3 apresentaram valores idênticos de 1,7 mg 100 g⁻¹, enquanto a Amostra 2 apresentou uma ligeira redução, com 1,6 mg 100 g⁻¹.

4.12 ZINCO

A análise do zinco (Zn) nas amostras de folhas de ora-pro-nóbis indicou uma concentração média de 4,3 mg 100 g⁻¹ de matéria seca. A Amostra 1 apresentou valor de 4,2 mg 100 g⁻¹, a Amostra 2 atingiu 4,12 mg 100 g⁻¹ e a Amostra 3 alcançou 4,62 mg 100 g⁻¹, sugerindo uma variação moderada entre os dados obtidos, ainda dentro de uma faixa nutricional consistente.

O zinco é um micronutriente fundamental ao metabolismo celular, à atividade enzimática e à função imune. Seu teor observado nas amostras reforça o potencial da ora-pro-nóbis como fonte complementar de minerais essenciais na alimentação, especialmente em contextos de insegurança nutricional, nos quais a deficiência de zinco pode comprometer o

crescimento e a resposta imunológica da população. A presença estável desse mineral na planta estudada corrobora seu uso promissor como alimento funcional.

4.13 ANÁLISE COMPARATIVA

A Tabela 3 apresenta a comparação entre as concentrações médias de minerais e seus respectivos desvios-padrão, expressas em mg 100 g⁻¹ de matéria seca, obtidas em folhas de ora-pro-nóbis coletadas nas regiões de Viçosa – MG e Engenho Novo – RJ.

Tabela 3 – Comparação entre as concentrações de minerais das folhas e seus respectivos desvios-padrão em mg 100 g⁻¹ de matéria seca de Viçosa – MG e Engenho Novo – RJ

Mineral	Viçosa – MG (1)	Engenho Novo – RJ (2)
Ca	427,08 ± 9,9	2653 ± 96,91
Cr	n.d.	2,1 ± 0,06
Cu	0,12 ± 0,03	n.d.
Fe	13,89 ± 3,34	10 ± 0,81
K	689,41 ± 18,53	2093 ± 9,29
Mg	88,84 ± 19,62	352 ± 12,38
Mn	3,46 ± 0,02	2,8 ± 0,19
Mo	n.d.	4,5 ± 0,25
Na	1,19 ± 0,66	n.d.
P	n.i.	123 ± 11,37
Se	0,13 ± 0,01	1,7 ± 0,06
Zn	0,05 ± 0,02	4,3 ± 0,27

Nota: n.i.: valor não informado e n.d.: valor não detectável.

Fonte: (1) Paula Filho *et al.* (2021).

(2) Dados de pesquisa (2023).

Na Tabela 3, observa-se que, para o bairro Engenho Novo (RJ), não foram obtidos os valores de desvio-padrão para os elementos cobre (Cu) e sódio (Na). Isso se deve ao fato de que as concentrações desses minerais ficaram abaixo do limite de quantificação do método analítico, impossibilitando a obtenção de replicatas confiáveis. Nessas condições, não há variabilidade estatisticamente mensurável, o que inviabiliza tanto o cálculo do desvio-padrão quanto a construção de intervalos de confiança.

Adicionalmente, cabe ressaltar que não foi possível realizar testes de hipóteses para nenhum dos elementos analisados, uma vez que o conjunto de dados era composto por apenas três amostras por elemento químico. Esse número reduzido de observações compromete a robustez estatística das análises, impedindo a verificação de pressupostos como normalidade e homogeneidade de variâncias, além de inviabilizar a aplicação de testes inferenciais com confiabilidade. Dessa forma, a interpretação dos resultados limitou-se à análise descritiva das médias e desvios-padrão, sem possibilidade de generalização estatística para a população, embora se consiga observar uma sobreposição parcial de resultados entre os dois sítios para o elemento Fe.

Os resultados revelam variações significativas entre as localidades, com destaque para o cálcio (Ca), cujos valores foram consideravelmente mais elevados nas amostras do Engenho Novo – RJ ($2653 \pm 96,91 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) em comparação com Viçosa – MG ($427,08 \pm 9,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Outros minerais, como o potássio (K) e o magnésio (Mg), também apresentaram diferenças expressivas, sendo superiores nas amostras do Engenho Novo – RJ ($2093 \pm 9,29 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ e $352 \pm 12,38 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente) em relação aos valores observados em Viçosa – MG. Por outro lado, para o ferro (Fe), os valores médios foram ligeiramente superiores em Viçosa – MG ($13,89 \pm 3,34 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) em comparação com Engenho Novo - RJ ($10 \pm 0,81 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). A tabela evidencia ainda valor não detectável (n.d.) para alguns minerais em Viçosa – MG, como o cromo (Cr) e o molibdênio (Mo), o que indicam que seus níveis foliares são inferiores ao limite de quantificação (tipicamente da ordem de $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ em análises foliares), não necessariamente que esses elementos estejam completamente ausentes nas plantas.

A Tabela 4 apresenta as concentrações médias de minerais no solo do Rio de Janeiro – RJ, expressas em mg/dm^3 , obtidas a partir de dados de pesquisas anteriores.

Tabela 4 - Concentrações de minerais no solo do Rio de Janeiro – RJ

Mineral	Concentração (1)	Concentração (2)	Média	Concentração média (mg/dm ³)
Ca	2,80 cmol _c /dm ³	2,03 cmol _c /dm ³	2,42 cmol _c /dm ³	485
Cr	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Cu	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Fe	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
K	47,00 mg/dm ³	69,86 mg/dm ³	58,43 mg/dm ³	58,43
Mg	1,30 cmol _c /dm ³	1,41 cmol _c /dm ³	1,36 cmol _c /dm ³	165
Mn	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Mo	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Na	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
P	4,00 mg/dm ³	4,29 mg/dm ³	4,14 mg/dm ³	4,14
Se	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Zn	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

Nota: n.i.: valor não informado.

Fonte: (1) Oliveira (2007).

(2) Balieiro *et al.* (2008).

Conversão de unidade de cmol_c/dm³ para mg/dm³:

$$C(mg/dm^3) = \frac{M(g/mol) \times C(cmol_c/dm^3)}{c} \times 10$$

Sendo C = concentração, M = massa molar e c = carga iônica

Para o cálcio (Ca):

$$C(mg/dm^3) = \frac{40,078 \times 2,43}{2} \times 10 \cong 485 \text{ mg/dm}^3$$

Para o magnésio (Mg):

$$C(mg/dm^3) = \frac{24,305 \times 1,36}{2} \times 10 \cong 165 \text{ mg/dm}^3$$

Observa-se que o cálcio (Ca) apresentou valores médios consistentes entre as duas fontes (2,80 e 2,03 cmol_c/dm³), resultando aproximado em uma média aritmética de 2,42 cmol_c/dm³ (485 mg/dm³), o que evidencia uma disponibilidade satisfatória deste nutriente no

solo da região. O potássio (K) apresentou valores notavelmente elevados (47,00 e 69,86 mg/dm³), resultando em 58,43 mg/dm³, indicando alta fertilidade potássica. Já o magnésio (Mg) mostrou valores médios de 1,30 e 1,41 cmol_c/dm³, resultando em 1,36 cmol_c/dm³ (165 mg/dm³), refletindo a presença significativa deste mineral no solo.

Em relação ao fósforo (P), os valores médios foram próximos entre as duas fontes (4,00 e 4,29 mg/dm³), resultando em 4,14 mg/dm³, indicando uma boa disponibilidade no solo. Para os demais minerais, como cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), sódio (Na), selênio (Se) e zinco (Zn), não foram encontrados dados disponíveis, sinalizando a necessidade de investigações adicionais.

A Tabela 5 apresenta as médias das concentrações de minerais no solo de Viçosa – MG, expressas em mg/dm³, consolidando dados obtidos em diferentes estudos.

Tabela 5 - Concentrações de minerais no solo de Viçosa – MG

Mineral	Concentração (1)	Concentração (2)	Concentração (3)	Concentração (4)	Média	Concentração média (mg/dm ³)
Ca	-	0,02 cmol _c /dm ³	0,94 cmol _c /dm ³	0,1 cmol _c /dm ³	0,4 cmol _c /dm ³	80
Cr	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Cu	n.i.	n.i.	1,77 mg/dm ³	n.i.	1,77 mg/dm ³	1,77
Fe	n.i.	n.i.	62,6 mg/dm ³	n.i.	62,6 mg/dm ³	62,6
K	13,00 mg/dm ³	0,021 cmol _c /dm ³ (8,2 mg/dm ³)	34 cmol _c /dm ³ (13293 mg/dm ³)	0,03 cmol _c /dm ³ (11,7 mg/dm ³)	3331 mg/dm ³	3331
Mg	0,05 cmol _c /dm ³	0,08 cmol _c /dm ³	0,41 cmol _c /dm ³	0,1 cmol _c /dm ³	0,2 cmol _c /dm ³	24
Mn	1,83 mg/dm ³	n.i.	7,4 mg/dm ³	n.i.	4,6 mg/dm ³	4,6
Mo	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Na	n.i.	0,005 cmol _c /dm ³	n.i.	0,01 cmol _c /dm ³	0,008 cmol _c /dm ³	2
P	0,60 mg/dm ³	n.i.	1,1 mg/dm ³	n.i.	0,85 mg/dm ³	0,85
Se	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Zn	n.i.	n.i.	1 mg/dm ³	n.i.	1 mg/dm ³	1

Nota: n.i.: valor não informado.

Fonte: (1) Pereira (2006).

(2) Freitas (2011).

(3) Ferreira Júnior (2005).

(4) Silva (2016).

Conversão de unidade de $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para mg/dm^3 :

$$C(\text{mg}/\text{dm}^3) = \frac{M(\text{g}/\text{mol}) \times C(\text{cmol}_c/\text{dm}^3)}{c} \times 10$$

Para o cálcio (Ca):

$$C(\text{mg}/\text{dm}^3) = \frac{40,078 \times 0,4}{2} \times 10 \cong 80 \text{ mg}/\text{dm}^3$$

Para o potássio (K) na concentração 2:

$$C(\text{mg}/\text{dm}^3) = \frac{39,098 \times 0,021}{1} \times 10 \cong 8,2 \text{ mg}/\text{dm}^3$$

Para o potássio (K) na concentração 3:

$$C(\text{mg}/\text{dm}^3) = \frac{39,098 \times 34}{1} \times 10 \cong 13293 \text{ mg}/\text{dm}^3$$

Para o potássio (K) na concentração 4:

$$C(\text{mg}/\text{dm}^3) = \frac{39,098 \times 0,03}{1} \times 10 \cong 11,7 \text{ mg}/\text{dm}^3$$

Para o magnésio (Mg):

$$C(\text{mg}/\text{dm}^3) = \frac{24,305 \times 0,2}{2} \times 10 \cong 24 \text{ mg}/\text{dm}^3$$

Para o sódio (Na):

$$C(\text{mg}/\text{dm}^3) = \frac{22,990 \times 0,008}{1} \times 10 \cong 2 \text{ mg}/\text{dm}^3$$

Observa-se que o cálcio (Ca) apresentou uma média aritmética de $0,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ($80 \text{ mg}/\text{dm}^3$), evidenciando uma disponibilidade satisfatória deste nutriente essencial para o crescimento das plantas entre as quatro fontes analisadas. Outros minerais como magnésio (Mg) e potássio (K) apresentaram valores médios de $0,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ($24 \text{ mg}/\text{dm}^3$) e $3331 \text{ mg}/\text{dm}^3$, respectivamente, demonstrando a presença desses nutrientes em concentrações relevantes no solo entre as quatro fontes analisadas.

Para o manganês (Mn), sódio (Na) e fósforo (P) apresentaram valores médios de $4,6 \text{ mg}/\text{dm}^3$, $0,008 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ($2 \text{ mg}/\text{dm}^3$) e $0,85 \text{ mg}/\text{dm}^3$, respectivamente, entre duas fontes

analisadas, indicando menor disponibilidade ou possíveis limitações de absorção. Para o ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn) foi reportado valores médios de 62,6 mg/dm³, 1,77 mg/dm³, 1 mg/dm³, respectivamente, em apenas uma fonte analisada, o que limita a avaliação comparativa destes elementos. Para os demais minerais, como cromo (Cr), molibdênio (Mo) e selênio (Se), não foram encontrados dados disponíveis, sinalizando a necessidade de investigações adicionais.

A Tabela 6 apresenta uma comparação entre as concentrações médias de minerais nos solos das regiões de Viçosa – MG e Rio de Janeiro – RJ, expressas em mg/dm³. Observa-se que o cálcio (Ca) apresentou valores mais elevados no Rio de Janeiro (485 mg/dm³) em relação a Viçosa (80 mg/dm³), sugerindo maior disponibilidade desse nutriente no solo carioca. Para o potássio (K), a diferença é expressiva, com uma concentração média de 3331 mg/dm³ em Viçosa, contrastando com apenas 58,43 mg/dm³ no Rio de Janeiro.

Tabela 6. Comparação entre as concentrações médias dos solos de Viçosa – MG e Rio de Janeiro - RJ

Mineral	Concentração média (mg/dm ³) em	Concentração média (mg/dm ³) no
	Viçosa - MG	Rio de Janeiro - RJ
Ca	80	485
Cr	n.i.	n.i.
Cu	1,77	n.i.
Fe	62,6	n.i.
K	3331	58,43
Mg	24	165
Mn	4,6	n.i.
Mo	n.i.	n.i.
Na	2	n.i.
P	0,85	4,14
Se	n.i.	n.i.
Zn	1	n.i.

Nota: n.i.: valor não informado.

Fonte: Dados de pesquisa (2025).

Os resultados obtidos a partir das análises das amostras de folhas de ora-pro-nóbis e dos solos das regiões de Viçosa – MG e Rio de Janeiro – RJ revelam diferenças importantes nas concentrações dos minerais avaliados. As concentrações de cálcio (Ca) nas folhas foram significativamente superiores no Engenho Novo – RJ ($2653 \pm 96,91 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) em comparação com Viçosa – MG ($427,08 \pm 9,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), corroborando os dados de disponibilidade de cálcio (Ca) no solo das duas regiões, onde o Rio de Janeiro – RJ apresentou valores médios mais elevados (485 mg/dm^3) em relação a Viçosa – MG (80 mg/dm^3).

Observou-se também que o potássio (K) apresentou concentrações foliares superiores no Engenho Novo – RJ ($2093 \pm 9,29 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), apesar de a concentração no solo ser muito mais alta em Viçosa – MG (3331 mg/dm^3), sugerindo possível influência de outros fatores, como práticas agrícolas e condições edafoclimáticas, na absorção deste mineral pelas plantas.

O magnésio (Mg) demonstrou comportamento semelhante, com valores foliares superiores no Engenho Novo – RJ ($352 \pm 12,38 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) em comparação a Viçosa – MG ($88,84 \pm 19,62 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), acompanhando a maior disponibilidade no solo do Rio de Janeiro – RJ (165 mg/dm^3). O mesmo acontece com o fósforo (P), com valores foliares superiores no Engenho Novo – RJ ($123 \pm 11,37 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) em comparação a Viçosa – MG (valor não informado), acompanhando a maior disponibilidade no solo do Rio de Janeiro – RJ ($4,14 \text{ mg/dm}^3$).

O ferro (Fe) apresentou concentrações foliares superiores em Viçosa – MG ($13,89 \pm 3,34 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), acompanhando a maior disponibilidade no solo da região ($62,6 \text{ mg/dm}^3$), porém reforça a necessidade de mais estudos detalhados devido apenas uma fonte analisada. Além disso, a baixa concentração de elementos como cromo (Cr), cobre (Cu), manganês (Mn), molibdênio (Mo), sódio (Na), selênio (Se) e zinco (Zn), em alguns casos abaixo dos limites de quantificação e detecção, evidencia a necessidade de estudos mais detalhados para compreender a variabilidade regional e os fatores que afetam a absorção de micronutrientes pelas plantas.

A seguir, apresenta-se a tabela 7 com a ingestão diária recomendada para os minerais mencionados, conforme referências norte-americanas (US) consolidadas pelo *Dietary Reference Intakes (DRIs)*.

Tabela 7. Ingestões Dietéticas de Referência para minerais selecionados em adultos (homens e mulheres) (mg/dia)

Mineral	IDR/Recomendado (Homens)	IDR/Recomendado (Mulheres)
Ca	1 000 mg	1 000 mg
Cr	35 µg	25 µg
Cu	0,9 mg	0,9 mg
Fe	8 mg	18 mg
K	3 400 mg	2 600 mg
Mg	420 mg	320 mg
Mn	2,3 mg	1,8 mg
Na	1 500 mg	1 500 mg
P	1 250 mg	1 250 mg
Zn	11 mg	8 mg

Fonte: Harvard T.H. Chan School of Public Health (2023).

A análise das Ingestões Dietéticas de Referência (IDR) para adultos evidencia que minerais como cálcio, magnésio, potássio e ferro apresentam recomendações relativamente elevadas, refletindo sua importância nos processos metabólicos e fisiológicos humanos. Quando confrontados com os teores obtidos nas folhas de ora-pro-nóbis, observa-se que a espécie pode atuar como fonte complementar de determinados elementos. Por exemplo, considerando o cálcio, as amostras analisadas no Engenho Novo (RJ) apresentaram valores em torno de $2653 \pm 96,91$ mg/100 g de matéria seca, quantidade que, em termos absolutos, supera a IDR diária (1 000 mg para homens e mulheres). Embora a ingestão direta de 100 g de matéria seca seja pouco usual na dieta cotidiana, a comparação ilustra o potencial significativo da planta como fonte desse nutriente. Situação semelhante se observa para o magnésio, cujo teor médio alcançou $352 \pm 12,38$ mg/100 g de matéria seca, valor muito próximo da necessidade diária recomendada para mulheres (320 mg) e expressivo também para homens (420 mg).

Por outro lado, elementos como ferro e zinco, embora presentes, aparecem em concentrações mais modestas quando comparados às necessidades diárias. Nas folhas de ora-pro-nóbis analisadas, o ferro variou em torno de $10 \pm 0,81$ mg/100 g de matéria seca, o que corresponde a pouco mais da recomendação para homens (8 mg), mas ainda aquém da

exigência para mulheres (18 mg). Já o zinco, com valores próximos de $4,3 \pm 0,27$ mg/100 g, contribui parcialmente para a ingestão diária (11 mg para homens e 8 mg para mulheres).

5 DISCUSSÃO

5.1 CONCORDÂNCIA ENTRE SOLO E FOLHAS

As folhas de *P. aculeata* Miller são reconhecidas por seu elevado conteúdo de nutrientes. Diversos estudos apontam que essa Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) apresenta concentrações particularmente altas de minerais como cálcio, magnésio e potássio, além de quantidades apreciáveis de ferro e zinco (ZEM *et al.*, 2017). Por exemplo, Almeida e Corrêa (2012) relatam que as folhas de ora-pro-nóbis são ricas em cálcio, magnésio, manganês e zinco. Em estudo recente, Cândido *et al.* (2022) evidenciaram que farinhas de ora-pro-nóbis aumentaram significativamente os teores foliares de potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco em misturas alimentares, indicando que essas folhas contêm altos níveis desses minerais.

Em consonância, Caron-Lienert *et al.* (2024) mensuraram 449 mg de potássio (K) em 100 g de folhas frescas, classificando a ora-pro-nóbis como fonte rica desse macronutriente. Esses achados destacam que cálcio, potássio e magnésio são as macromoléculas predominantes na biomassa foliar. Os teores foliares de cálcio e magnésio na ora-pro-nóbis mostraram forte correlação com sua concentração no solo. Por exemplo, Paula Filho *et al.* (2021) encontraram 427 mg de cálcio (Ca) e 88,8 mg de magnésio (Mg) por 100 g em folhas de ora-pro-nóbis, evidenciando o alto acúmulo destes cátions pelas plantas quando presentes em abundância no solo. Em consonância, nossos dados do Rio de Janeiro indicaram solos ricos em cálcio e magnésio, cujas plantas refletiram esses teores elevados.

Em contraste, observou-se divergência para o potássio. O solo da região de Viçosa – MG apresentou maior quantidade de potássio disponível, embora as folhas coletadas no Engenho Novo – RJ exibiram teores foliares superiores. Estudos destacam que o potássio é altamente móvel em solos úmidos e facilmente lixiviado por fortes chuvas (KRISHNAN *et al.*, 2021). Além disso, solos de Viçosa – MG são muito argilosos (72% de argila) (SANTOS *et al.*, 2016), o que retém mais potássio trocável no perfil do que solos menos argilosos como do Rio de Janeiro. Esse fenômeno – inversão entre solo e folha para potássio – pode ser explicado pela lixiviação intensa no Rio de Janeiro e pela maior retenção e demanda de

potássio pelas plantas em solos de Viçosa – MG. Ressalta-se ainda que altos teores de potássio no solo possam antagonizar a absorção de cálcio e magnésio, isto é, pode haver uma competição catiônica, mas nossos resultados sugerem que a ora-pro-nóbis acumula cálcio e magnésio mesmo em presença de potássio elevado no solo. Em suma, houve concordância para cálcio e magnésio entre solo e folhas, enquanto o potássio apresentou comportamento distinto entre as regiões.

5.2 MICRONUTRIENTES DE BAIXA DISPONIBILIDADE

Dos micronutrientes analisados, apenas selênio e zinco foram detectados em quantidades mensuráveis nas folhas de ora-pro-nóbis ($0,13 \pm 0,01$ e $0,05 \pm 0,02$ mg por 100 g, respectivamente). Cromo ficou abaixo do limite de detecção do método analítico (ICP-OES), sendo reportado como “nd” (não detectado) na tabela de resultados (PAULA FILHO *et al.*, 2021). Isso indica que seus níveis foliares são inferiores ao limite de quantificação (tipicamente da ordem de $\mu\text{g}/100$ g em análises foliares), não necessariamente que esses elementos estejam completamente ausentes nas plantas.

A ausência de dados correspondentes no solo para cromo, molibdênio, selênio e zinco impossibilita avaliar a origem dessas concentrações no Rio de Janeiro, ou seja, não sabemos se os baixos teores foliares se devem à total escassez no solo ou à seletividade da planta. Por exemplo, selênio foi quantificado em folhas, mas sem medida de selênio no solo. Então, não podemos afirmar se o teor deriva do solo do Rio de Janeiro ou de acumulação da planta.

De forma análoga, o zinco detectado nas folhas seria pequeno, mas sem dados de solo não há como correlacionar disponibilidade edáfica e absorção no Rio de Janeiro. Em resumo, os limites de detecção analíticos e a falta de amostras de solo para esses micronutrientes restringem nossa interpretação. Sabemos que a ora-pro-nóbis apresenta baixíssimos níveis de cromo e selênio foliares e quantidades modestas de molibdênio e zinco, mas não podemos avaliar a contribuição relativa do solo ou de outros fatores à presença desses elementos nas folhas.

5.3 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

As diferenças edafoclimáticas entre Rio de Janeiro – RJ e Viçosa – MG desempenham papel chave na dinâmica de nutrientes. Segundo Opande *et al.* (2025), concentrações de nutrientes em solo e planta são influenciadas por múltiplos fatores edáficos (tipo de solo, umidade, pH, etc.) e ambientais (temperatura, luminosidade, regime hídrico).

A cidade de Viçosa – MG está situada em altitude elevada (~648 m) com solo fortemente argiloso (Latosolo Vermelho Distroférrico com 72% argila) (SANTOS *et al.*, 2016), clima tropical de altitude com estação seca acentuada, enquanto o Rio de Janeiro – RJ (plano costeiro, ~14 m) tem clima tropical chuvoso e alta umidade. Essa combinação em Viçosa – MG favorece retenção de nutrientes, pois o solo argiloso retém cátions (como potássio e cálcio) e em temperaturas mais amenas reduzem estresse hídrico, permitindo maior absorção por transpiração.

Já no Rio de Janeiro – RJ, com chuvas intensas e solo menos argiloso, sofre maior lixiviação de elementos solúveis (por exemplo, cerca de 17 mg/dm³ de potássio (K) disponível em Viçosa – MG (SANTOS *et al.*, 2016), que seria ainda menor em solos arenosos e encharcados do litoral). De fato, a literatura aponta que em solos tropicais úmidos o potássio trocável é comumente lavado pela chuva devido à baixa capacidade de retenção catiônica dos solos (KRISHNAN *et al.*, 2021). Ainda, temperaturas elevadas e insolação no Rio de Janeiro – RJ podem acelerar o metabolismo vegetal e demandar maiores ajustes fisiológicas (como ativação de mecanismos de absorção seletiva), enquanto em Viçosa – MG o período seco da montanha pode limitar mobilidade de certos nutrientes no solo. Em conjunto, tais variações climáticas e edáficas podem explicar em parte as diferenças observadas na absorção e mobilidade de cálcio, magnésio e potássio entre as regiões. A chuva, o solo e o calor impactam a disponibilidade e a demanda dos nutrientes para a planta (ISHFAQ *et al.*, 2022).

5.4. IMPLICAÇÕES AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS

Os resultados reforçam a valorização da ora-pro-nóbis como Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) de alto valor nutricional. As folhas revelaram teores expressivos de micronutrientes essenciais (exemplo: cobre, ferro e zinco) e fibras, alinhando-se ao conceito de planta rica e multifuncional (FURLAN *et al.*, 2023). Em termos agronômicos, isso indica que o cultivo de ora-pro-nóbis pode enriquecer dietas locais, especialmente em comunidades

vulneráveis. Ora-pro-nóbis tem atributos favoráveis (fácil propagação, baixa demanda hídrica e resistência a pragas) que a tornam adequada para cultivo doméstico ou em hortas comunitárias (QUEIROZ *et al.*, 2015).

Nossos dados minerais apoiam políticas de biofortificação: por exemplo, solos identificados como ricos em ferro e cálcio devem ser priorizados para cultivo de ora-pro-nóbis visando combater deficiências desses minerais na população. Além disso, dado seu perfil mineral diversificado, a ora-pro-nóbis pode integrar programas alimentares (como escolinhas e cestas básicas), contribuindo para segurança alimentar. Em resumo, o mapeamento mineral do solo, aliado ao conhecimento dos teores foliares de ora-pro-nóbis, permite planejar cultivos de maneira a maximizar a qualidade nutricional, alinhando-se a iniciativas de promoção de Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) na alimentação.

Essa congruência confirma a consistência do perfil mineral da ora-pro-nóbis, independentemente do local exato de amostragem, embora nosso estudo tenha revelado uma maior variabilidade regional para potássio. Egea & Pierce (2021) destacam a ora-pro-nóbis como fonte abundante de proteínas e minerais (especialmente ferro e cálcio), o que corrobora a ênfase em cálcio e ferro vistas nos nossos dados foliares. De modo geral, o presente estudo alinha-se com a literatura ao considerar a ora-pro-nóbis como cultura “polinutritiva”, recomendável para enriquecer dietas diversas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa alcançou o objetivo proposto ao realizar a extração e análise dos minerais presentes nas folhas de *Pereskia aculeata* Miller cultivadas no Estado do Rio de Janeiro – RJ, comparando os resultados com dados previamente publicados para amostras provenientes de Viçosa – Minas Gerais. A caracterização mineral revelou que, de modo geral, os teores de cálcio e magnésio apresentaram concordância com as concentrações registradas no solo fluminense, indicando uma correlação positiva entre disponibilidade edáfica e acúmulo foliar desses nutrientes. Por outro lado, o potássio apresentou comportamento inverso: apesar de sua elevada disponibilidade no solo de Viçosa – MG, os teores foliares foram inferiores aos registrados nas amostras de Engenho Novo – RJ, sugerindo a influência de fatores ambientais e físico-químicos locais na eficiência de absorção pela planta.

A comparação entre as duas regiões permitiu identificar diferenças relevantes na composição mineral das folhas, confirmando que a variabilidade nos teores está associada às condições edafoclimáticas do local de cultivo. Solos mais argilosos e com menor índice de lixiviação, como os de Viçosa – MG, favoreceram maior retenção e absorção de potássio, ao passo que o solo do Rio de Janeiro – RJ, embora mais fértil em macronutrientes, apresentou características que podem limitar a absorção de alguns nutrientes, especialmente em ambientes com alta umidade e forte precipitação. Assim, a hipótese de que a composição mineral das folhas de ora-pro-nóbis é influenciada pelas propriedades do solo e pelas condições climáticas locais foi confirmada, corroborando a importância da análise integrada entre solo e planta para fins nutricionais e agronômicos.

Para pesquisas futuras, sugere-se a inclusão de análises físico-químicas detalhadas do solo, como pH, matéria orgânica, textura e capacidade de troca catiônica, além do monitoramento de práticas agrícolas aplicadas em cada local. Recomenda-se também a ampliação da amostragem para outras regiões do país, bem como a avaliação de outros fatores ambientais, como intensidade luminosa e regime hídrico, a fim de compreender com maior precisão os mecanismos que regulam a absorção e o acúmulo de nutrientes em *P. aculeata* Miller. A inclusão de análises sazonais poderá ainda evidenciar como o ciclo climático afeta a dinâmica nutricional da planta.

REFERÊNCIAS

- AGP - IV. Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016. DOI: 10.1111/boj.12385. Disponível em: <https://academic.oup.com/botlinnean/article/181/1/1/2416499>. Acesso em: 22 maio. 2025.
- ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do “Ora-Pro-Nóbis”. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 21, n. 114, p. 10–15, 1974.
- ALMEIDA, M.E.F; CORRÊA, A.D. Utilização de cactáceas do gênero *Pereskia* na alimentação humana em um município de Minas Gerais. **Ciência Rural**, 42.4, 751-756. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000400029>. Acesso em: 30 maio. 2025
- BALIEIRO, Fabiano de Carvalho et al. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa topossequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 153–162, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/ZtTGyS3KDxTYq6xmrZDZZLv>. Acesso em: 3 jun. 2025.
- BEVIS, L. E. M.; KIM, K. Soil mineral availability and human mineral status: A review and evidence from Malawi. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 43, n. 3, p. 1032–1057, 2021. DOI: 10.1002/aep.13120. Disponível em: <https://leahbevis.com/wp-content/uploads/2021/07/bevis-and-kim-aep-revision.pdf>. Acesso em: 22 maio. 2025.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman Editora, 640 p. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Manual de hortaliças não convencionais**. Brasília, 2010. 92 p.
- CÂNDIDO, H.T; LEONEL, M; LEONEL, S. *et al.* Green banana and ora-pro-nobis mixed flours: nutritional and technological characteristics. **Brazilian Journal of Food Technology**, 25, e2022081. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08122>. Acesso em: 30 maio. 2025.
- CARON-LIENERT, Rafaela Siviero *et al.* Is the ora-pro-nobis leaf, a non-conventional food plant, rich in potassium? **Kidney International Reports**, [S.l.], v. 9, supl. 1, p. S1–S662, 2024. Disponível em: <https://www.kireports.org>. Acesso em: 30 maio. 2025.
- CGJ – RJ. **Rio de Janeiro**. Mapa Oficial CGJ-RJ, 2025. Disponível em: <https://www.11rirj.com.br/?pG=X19wYWDpbmFz&idPagina=104>. Acesso em: 16 mar. 2025.
- CRUZ, T. M. *et al.* Extraction optimization of bioactive compounds from ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) leaves and their in vitro antioxidant and antihemolytic activities. **Food chemistry**, v. 361, p. 130078, 2021.

DELGADO, R. C.; PEREIRA, M. G. Clima. In: PEREIRA, M. G. *et al.* **Solos do Rio de Janeiro: Gênese, Classificação e Limitações ao Uso Agrícola**. Rio de Janeiro: Athena Editora, 2023.

DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 2, p. 103-109, 2005.

EGEA, Mariana Buranelo; PIERCE, Gavin. **Bioactive compounds of Barbados gooseberry (*Pereskia aculeata* Mill.)**. In: *Bioactive Compounds in Underutilized Vegetables and Legumes*. Cham: Springer, 2021. p. 225–237. (Reference Series in Phytochemistry). DOI: 10.1007/978-3-030-77764-3_15. Acesso em: 4 jun. 2025.

FERREIRA JÚNIOR, Walnir Gomes. **Composição, estrutura e análise de gradientes em floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG**. 2005. xv, 126 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005. Orientador: Alexandre Francisco da Silva.

FIALHO, Edson Soares; MACHADO, Lilian Aline. Classificação climática do estado do Rio de Janeiro: revisão, reanálise e reflexões. **Revista Continentes**, [S.l.], n. 23, p. 367–390, jan. 2024. Disponível em: <https://revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/213>. Acesso em: 3 jun. 2025.

FOTO RIO. **Engenho Novo**. Engenho Novo: Um Vislumbre da História e do Presente Carioca. 2023. Disponível em: <https://www.foto.rio.br/meier/engenho-novo>.

FREITAS, Rita de Cássia Alves de. **Argila dispersa em água determinada por agitação rápida, lenta e ultrassom**. 2011. xi, 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011. Orientador: Hugo Alberto Ruiz.

FURLAN, F. L. *et al.* Assessment of Ora-Pro-Nobis (*Pereskia aculeata* Miller) leaves shelf-life in different conditions by using NIR spectroscopy and augmented matrices with chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 34, n. 9, p. 1215–1223, 2023. DOI: 10.21577/0103-5053.20230022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/bvDLpZhwJPkSnsKXv9Jkqbg/>. Acesso em: 4 jun. 2025.

GARCIA, J. AA *et al.* Phytochemical profile and biological activities of Ora-pro-nobis' leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest. **Food chemistry**, v. 294, p. 302-308, 2019.

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. Fotometria de chama e espectrofotometria de absorção atômica. In: **Análises físico-químicas de alimentos: Fotometria de chama e espectrofotometria de absorção atômica** (p. 47-52). Viçosa: UFV, 2011.

GONÇALVES, G. A. *et al.* Effects of in vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation on a rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) extract rich in rosmarinic acid. **Food chemistry**, v. 271, p. 393-400, 2019.

GUIMARÃES, José Rodrigo de Araújo *et al.* Agronomic performance and protein content of *Pereskia aculeata* Mill. using organic chicken manure fertilizer. **Australian Journal of Crop**

Science, v. 13, n. 2, p. 179–184, 2019. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.02.p868. Disponível em: https://www.cropj.com/guimaraes_13_2_2019_179_184.pdf. Acesso em: 13 maio. 2025.

GUNTHER, H. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? **Revista Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 201-2010, mai./ago. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-37722006000.

HARVARD T.H. CHAN SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. **Vitamins and minerals**. The Nutrition Source, 2024. Disponível em: <https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/vitamins/>. Acesso em 21 ago. 2025

IBGE. **Rio de Janeiro**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/rio-de-janeiro.html>. Acesso em: 16 mar. 2025.

ISHFAQ, Muhammad et al. Physiological essence of magnesium in plants and its widespread deficiency in the farming system of China. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 13, article 802274, abr. 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.802274. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.802274>. Acesso em: 3 jun. 2025.

KAMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. (Eds.). **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 207-302. 2012.

KRISHNAN, Kavirraj *et al.* Mitigating potassium leaching from muriate of potash in a tropical peat soil using clinoptilolite zeolite, forest litter compost, and chicken litter biochar. **Agronomy**, Basel, v. 11, n. 10, p. 1900, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11101900>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/10/1900>. Acesso em: 4 jun. 2025.

LAKATOS, E. V.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MACEDO, M.C.C; *et al.* Elaboration and Characterization of *Pereskia aculeate* Miller Extracts Obtained from Multiple Ultrasound-Assisted Extraction Conditions. **Metabolites**. 2023 May 26;13(6):691. DOI: 10.3390/metabo13060691. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10300959/?utm>. Acesso em: 22 maio. 2025.

MAKUS, D. J.; LESTER, G. E. Effect of soil type, light intensity, and cultivar on leaf nutrients in mustard greens. **Subtropical Plant Science**, v. 54, p. 23–28, 2002. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=140793>. Acesso em: 28 maio. 2025.

MEURER, E. J. **Química de solos**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 109–125.

OLIVEIRA, D.H. de S. *et al.* A importância de uma alimentação saudável como forma de aumento da imunidade através das vitaminas e minerais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e103101220305-e103101220305, 2021.

OLIVEIRA, João Ricardo de. **Perdas de solo, água e nutrientes em um argissolo vermelho-amarelo sob diferentes padrões de chuva simulada**. 2007. 52 f. Dissertação

(Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Seropédica, 2007. Orientador: Daniel Fonseca de Carvalho.

OPANDE, Tracy *et al.* Edaphic factors mediate the response of nitrogen cycling and related enzymatic activities and functional genes to heavy metals: **A review. Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 290, 117766, 15 jan. 2025. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2025.117766. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651325001022>. Acesso em: 2 jun. 2025.

PAULA FILHO, G. X.; BARREIRA, T. F.; PRIORE, S. E.; SANTOS, R. H. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Nutrient content in ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller): unconventional vegetable of the Brazilian Atlantic Forest. **Food Science and Technology**, Campinas, 41(Supl. 1): 47-51, June 2021.

PENG, Y. *et al.* Distribution of mineral elements in the soil and in tea plants (*Camellia sinensis*). **Journal of Elementology**, v. 27, n. 3, p. 765–796, 2022. DOI: 10.5601/jelem.2022.27.1.2265. Disponível em: <https://doi.org/10.5601/jelem.2022.27.1.2265>. Acesso em: 02 jun. 2025.

PEREIRA, J. O. *et al.* The mycobiota of the cactus weed *Pereskia aculeata* in Brazil, with comments on the life-cycle of *Uromyces pereskiae*. **Fungal Diversity**, v. 25, p. 137–147, 2007.

PEREIRA, Juliana Maria Nogueira. **Doses de Cd, Pb, Cu, Zn e Ni em Latossolos: efeitos no solo e em plantas de alface e feijão**. 2006. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

QUEIROZ, Carla *et al.* Ora-pro-nóbis em uso alimentar humano: percepção sensorial. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 1, jul. 2015. DOI: 10.18378/rvads.v10i3.3393. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3393>. Acesso em: 2 jun. 2025.

ROSA, S. M.; SOUZA, L. A. Morfo-anatomia do fruto (hipanto, pericarpo e semente) em desenvolvimento de *Pereskia aculeata* Miller (Cactaceae). **Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 415-428, 2003.

SANTANA, Clistiane Santos *et al.* Desenvolvimento de suplemento alimentar utilizando ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*). **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 10-10, 2018.

SANTOS, Wedisson Oliveira *et al.* Production and evaluation of potassium fertilizers from silicate rock. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 179, n. 4, p. 547–556, 2016. DOI: 10.1002/jpln.201500484. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jpln.201500484>. Acesso em: 3 jun. 2025.

SANCHES, Marcos Guimarães; LIMA, Rachel Gomes de. O “triste” e “aprazível” Engenho Novo: um estudo de constituição da propriedade na cidade do Rio de Janeiro. **Estudios Históricos – CDHRPyB**, Montevideu, v. 12, n. 24, p. 167-186, dez. 2020. ISSN 1688-5317. Disponível em: <https://estudioshistoricos.org/24/eh2408.pdf>. Acesso em 20 ago. 2025

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico** [livro eletrônico]. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2013. e-PUB. ISBN 978-85-249-2081-3. 2023

SILVA, D. O; SEIFERT, M; SCHIEDECK, G; DODE, J. S; NORA, L. Phenological and physicochemical properties of *Pereskia aculeata* during cultivation in south Brazil. **Horticultura Brasileira**, 36(3), 325–329. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180307>. Acesso em: 21 maio. 2025.

SILVA, Lilian Coeli Leite da. **Micromorfologia dos solos modais do estado de Minas Gerais**. 2016. 188 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, área de concentração: Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, Belo Horizonte, 2016. Orientador: Fábio Soares de Oliveira.

SILVA, Naaman Francisco Nogueira *et al.* *Pereskia aculeata* Miller as a Novel Food Source: A Review. **Foods**, v. 12, n. 11, p. 2092, 2023. DOI: 10.3390/foods12112092. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12112092>. Acesso em: 23 maio. 2025.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização Climatológica e Tendências Observadas em Extremos Climáticos no Estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014.

SOARES, L. C.; DE CASTRO, A. B.; MARTINS, M. V. Potencial antioxidante e valor nutricional das folhas da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller): um estudo de revisão. Antioxidant potential and nutritional value of ora-pro-nobis leaves (*Pereskia aculeata* Miller): a review study. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 6649-6659, 2022.

SOUZA, A. H. *et al.* **Influence of thermal processing on the characteristics and chemical profile of ora-pro-nobis by PS/MS paper spray**. 2021.

SOUZA, M. R. M.; PEREIRA, P. R. G.; MAGALHÃES, I. P. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; MILAGRES, C. S. F.; BARACAT-PEREIRA, M. C. Teores de minerais, proteína e nitrato em folhas de ora-pro-nóbis submetido a adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 1, p. 43-50, 2016.

TURISRIO. **Mapa das regiões do Estado do Rio de Janeiro**. [S. l.], 2025. Disponível em: <http://www.rio-turismo.com/mapas/regioes.htm>. Acesso em 20 ago. 2025

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980- 2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016. <https://doi.org/10.1002/joc.4518>.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZEM, L.M; HELM, C.V; HENRIQUES, G.S; CABRINI, D de A; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. *Pereskia aculeata*: biological analysis on wistar rats. **Food Sci Technol** [Internet]. 2017. Dec;37:42–7. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.29816>.

APÊNDICE A – MEMÓRIA DE CÁLCULO

CÁLCIO

- Amostra 1: Média = $\frac{1092 + 1105}{2} = 1098,5 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{1098,5 \times 25,00}{1,0009} = 27437,80 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2744 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{965 + 1077}{2} = 1021 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{1021 \times 25,00}{1,0006} = 25509,69 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2551 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{1059 + 1073}{2} = 1066 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{1066 \times 25,00}{1,0008} = 26628,69 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2663 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{2744 + 2551 + 2663}{3} = 2653 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$

CROMO

- Amostra 1: Média = $\frac{0,90 + 0,90}{2} = 0,90 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{0,90 \times 25,00}{1,0009} = 22,47 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{0,80 + 0,90}{2} = 0,85 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{0,85 \times 25,00}{1,0006} = 21,23 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2,1 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{0,80 + 0,90}{2} = 0,85 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{0,85 \times 25,00}{1,0008} = 21,23 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2,1 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{2,2 + 2,1 + 2,1}{3} = 2,1 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$

FERRO

- Amostra 1: Média = $\frac{4,6 + 4,5}{2} = 4,55 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{4,55 \times 25,00}{1,0009} = 113,64 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 11,4 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{4,2 + 4,2}{2} = 4,2 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{4,2 \times 25,00}{1,0006} = 104,93 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 10 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{4,2 + 4,2}{2} = 4,2 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{4,2 \times 25,00}{1,0008} = 104,91 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 10 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{11,4 + 10 + 10}{3} = 10 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$

POTÁSSIO

- Amostra 1: Média = $\frac{920 + 844}{2} = 882 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{882 \times 25,00}{1,0009} = 22030,17 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2203 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{805 + 835}{2} = 820 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{820 \times 25,00}{1,0006} = 20487,70 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2049 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{867 + 755}{2} = 811 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{811 \times 25,00}{1,0008} = 20258,79 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2026 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{2203 + 2049 + 2026}{3} = 2093 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$

MAGNÉSIO

- Amostra 1: Média = $\frac{143 + 143}{2} = 143 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{143 \times 25,00}{1,0009} = 3571,78 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 357 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{134 + 137}{2} = 135,5 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{135,5 \times 25,00}{1,0006} = 3385,46 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 338,5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{143 + 147}{2} = 145 \text{ mg L}^{-1}$

2

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{145 \times 25,00}{1,0008} = 3622,10 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 362 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{357 + 338,5 + 362}{3} = 352 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$

MANGANÊS

- Amostra 1: Média = $\frac{1,1 + 1,2}{2} = 1,15 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{1,15 \times 25,00}{1,0009} = 28,72 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2,87 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{1,2 + 1,2}{2} = 1,2 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{1,2 \times 25,00}{1,0006} = 29,98 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 3,0 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{1,1 + 1,0}{2} = 1,05 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{1,05 \times 25,00}{1,0008} = 26,22 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 2,62 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{2,87 + 3,0 + 2,62}{3} = 2,8 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$

MOLIBDÊNIO

- Amostra 1: Média = $\frac{1,8 + 1,8}{2} = 1,8 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{1,8 \times 25,00}{1,0009} = 44,95 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 4,5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{1,8 + 1,6}{2} = 1,7 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{1,7 \times 25,00}{1,0006} = 42,47 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 4,2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{1,9 + 1,9}{2} = 1,9 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{1,9 \times 25,00}{1,0008} = 47,46 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 4,7 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{4,5 + 4,2 + 4,7}{3} = 4,5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$

FÓSFORO

- Amostra 1: Média = $\frac{52 + 57}{2} = 54,5 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{54,5 \times 25,00}{1,0009} = 1361,27 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 136 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{52 + 44}{2} = 48 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{48 \times 25,00}{1,0006} = 1199,28 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 120 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{46 + 45}{2} = 45,5 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{45,5 \times 25,00}{1,0008} = 1136,59 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 114 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{136 + 120 + 114}{3} = 123 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$

SELÊNIO

- Amostra 1: Média = $\frac{0,80 + 0,60}{2} = 0,70 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{0,70 \times 25,00}{1,0009} = 17,48 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 1,7 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{0,60 + 0,70}{2} = 0,65 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{0,65 \times 25,00}{1,0006} = 16,24 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 1,6 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{0,60 + 0,80}{2} = 0,70 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{0,70 \times 25,00}{1,0008} = 17,48 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 1,7 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{1,7 + 1,6 + 1,7}{3} = 1,7 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$

ZINCO

- Amostra 1: Média = $\frac{1,7 + 1,7}{2} = 1,7 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 1 = 1,0009 g

$$\frac{1,7 \times 25,00}{1,0009} = 42,46 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 4,2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 2: Média = $\frac{1,6 + 1,7}{2} = 1,65 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 2 = 1,0006 g

$$\frac{1,65 \times 25,00}{1,0006} = 41,22 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 4,12 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Amostra 3: Média = $\frac{1,9 + 1,8}{2} = 1,85 \text{ mg L}^{-1}$

Balão volumétrico = 25,00 mL Massa 3 = 1,0008 g

$$\frac{1,85 \times 25,00}{1,0008} = 46,21 \frac{\text{mg de analito}}{\text{kg de amostra (ppm)}} = 4,62 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$$

- Média das concentrações = $\frac{4,2 + 4,12 + 4,62}{3} = 4,3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$