



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

JOSÉ LAYLTON ROGÉRIO SARAIVA

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM GENÓTIPOS
DE PITAYA**

**FORTALEZA
2024**

JOSÉ LAYLTON ROGÉRIO SARAIVA

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM GENÓTIPOS DE
PITAYA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.

Coorientadora: Profª. Drª. Adriana Guirado Artur

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S246e Saraiva, José Layton Rogério.
EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM GENÓTIPOS DE PITAYA / José
Layton Rogério Saraiva. – 2024.
62 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.

Coorientação: Profa. Dra. Adriana Guirado Artur.

1. Adubação Mineral. 2. Eficiência Nutricional. 3. Fruticultura. 4. Pitaya. I. Título.

CDD 631.4

JOSÉ LAYLTON ROGÉRIO SARAIVA

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM GENÓTIPOS DE
PITAYA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Aprovada em: 31 / 10 / 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr^a. Adriana Guirado Artur (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antonio João de Lima Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. William Natale
Embrapa Agroindústria Tropical

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre comigo, dando-me forças e paciência para enfrentar os desafios.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão de bolsa na etapa inicial do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa

À Escola Integrada de Desenvolvimento e Inovação Acadêmica (EIDEIA), pela bolsa concedida pelo Programa de Articulação entre Graduação e Pós-graduação (PROPAG).

À Universidade Federal do Ceará, pelo ambiente universitário e por fornecer programas e auxílios durante o período de Pós-graduação.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, por possibilitar meu aprimoramento acadêmico e o desenvolvimento dessa dissertação.

Ao Laboratório de Solos, da Embrapa Agroindústria Tropical, pelo apoio e recursos investidos para realização das análises químicas.

Ao Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi, por ser solícito e pela ajuda prestada para avanço e conclusões dos processos de coleta e análise das amostras.

À Lilian Chayn Alexandre, técnica do laboratório da Embrapa Agroindústria Tropical, pelo carinho e orientação nos procedimentos de análise das amostras.

Ao professor Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa, pela orientação.

À Dr^a. Adriana Guirado Artur pela coorientação, apoio, direcionamento e sugestões.

Aos participantes da banca examinadora Prof. Dr. Márcio Cleber, Dr^a Adriana, Dr. William Natale e Dr. Antonio João, pelas sugestões.

Aos colegas de Pós-graduação Maiany Patriota, Sinara Sousa, Tiago Moniz, Vitória Ricarte e Josué Rodrigues, pela amizade e conversas, assim como apoio durante realização do experimento.

Aos membros do Grupo de Estudo em Fruticultura (GFRUT), Danilo, Evilane, Filipe, Juan, Kevin, Matheus, Neto, Paulo, Rayssa, Ronald e Sabrina, pelas conversas, momentos de formação do grupo e pela ajuda na implantação e coletas das plantas em campo.

Ao James McAlister pelo carinho, companheirismo e apoio durante os diversos momentos difíceis desse mestrado.

Muito obrigado!

RESUMO

O cultivo de pitaya (*Selenicereus* spp. syn *Hylocereus* spp.) vem ganhando destaque no mercado interno e externo, tornando-se uma excelente alternativa para a geração de renda no campo. Recentemente, foram lançados no mercado brasileiro os primeiros genótipos de pitaya desenvolvidos para o País; contudo, há carência de informações sobre o manejo desta frutífera em campo, particularmente em relação às suas exigências nutricionais e ao acúmulo de elementos essenciais na planta durante seu desenvolvimento. Assim, objetivou-se avaliar as eficiências de absorção, de transporte e de utilização, bem como o acúmulo de nutrientes em genótipos de pitaya sob condições tropicais no litoral cearense. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos (genótipos), seis repetições e três plantas por parcela, totalizando 108 plantas. Os genótipos são ‘BRS Âmbar do Cerrado’ (*S. megalanthus*), ‘BRS Minipitaya do Cerrado’ (*S. setaceus*), ‘BRS Luz do Cerrado’ (*H. undatus*), ‘BRS Lua do Cerrado’ (*H. undatus*), ‘BRS Granada do Cerrado’ (*H. undatus* X *H. costaricensis*) e a testemunha, um genótipo de pitaya vermelha (*H. costaricensis*) já utilizado por produtores locais. A massa de matéria seca, o acúmulo de nutrientes e as eficiências nutricionais foram determinados aos 220 dias após plantio (DAP). Os genótipos de pitaya apresentaram diferenças quanto a eficiência de absorção, de transporte e de utilização, bem como quanto ao acúmulo de nutrientes e de sódio. O genótipo ‘Granada do Cerrado’ apresentou maior produção de massa de matéria seca (171,73 g/planta) e o genótipo ‘Âmbar do Cerrado’ a menor produção (23,27 g/planta). Os genótipos *costaricensis* e ‘Âmbar do Cerrado’ foram mais eficientes na absorção e no transporte de nutrientes e sódio. O genótipo ‘Granada do Cerrado’ foi mais eficiente na utilização de nutrientes e sódio. Os genótipos apresentaram a seguinte ordem decrescente de acúmulo: K > Ca > N > Mg > P > S > Na > Zn > Mn > B > Fe > Cu, com exceções do genótipo ‘Âmbar do Cerrado’ cuja ordem dos micronutrientes foi: Fe > Mn > Zn > B > Cu e para o genótipo ‘Minipitaya do Cerrado’, que diferiu na ordem: Fe > B > Cu. O genótipo ‘Luz do Cerrado’ acumulou mais N do que Ca.

Palavras-chave: eficiência de absorção; eficiência de transporte; eficiência de utilização; *Hylocereus*; *Selenicereus*; nutrição mineral.

ABSTRACT

The cultivation of pitaya (*Selenicereus* spp. syn *Hylocereus* spp.) has been gaining prominence in both domestic and international markets, establishing itself as an excellent income-generating alternative for rural areas. Recently, the first pitaya genotypes developed specifically for Brazil were launched; however, there remains a lack of information regarding the field management of this fruit crop, particularly concerning its nutritional requirements and the accumulation of essential elements in the plant during its development. Thus, the objective was to evaluate the efficiencies of nutrient absorption, transport, and utilization, as well as the nutrient accumulation in pitaya genotypes under tropical conditions in the coastal region of Ceará. The experiment was conducted in a randomized block design with six treatments (genotypes), six replications, and three plants per plot, totaling 108 plants. The genotypes studied were ‘BRS Âmbar do Cerrado’ (*S. megalanthus*), ‘BRS Minipitaya do Cerrado’ (*S. setaceus*), ‘BRS Luz do Cerrado’ (*H. undatus*), ‘BRS Lua do Cerrado’ (*H. undatus*), ‘BRS Granada do Cerrado’ (*H. undatus* X *H. costaricensis*), and a control genotype, a red pitaya (*H. costaricensis*) commonly used by local producers. Dry matter mass, nutrient accumulation, and nutritional efficiencies were determined 220 days after planting (DAP). The pitaya genotypes showed differences in nutrient absorption, transport, and utilization efficiency, as well as in nutrient and sodium accumulation. The ‘Granada do Cerrado’ genotype exhibited the highest dry matter production (171.73 g/plant), while the ‘Âmbar do Cerrado’ genotype had the lowest production (23.27 g/plant). The *costaricensis* and ‘Âmbar do Cerrado’ genotypes were more efficient in nutrient and sodium absorption and transport. The ‘Granada do Cerrado’ genotype was the most efficient in nutrient and sodium utilization. The genotypes displayed the following descending order of nutrient accumulation: K > Ca > N > Mg > P > S > Na > Zn > Mn > B > Fe > Cu, with some exceptions. For the ‘Âmbar do Cerrado’ genotype, the order of micronutrients was Fe > Mn > Zn > B > Cu, and for the ‘Minipitaya do Cerrado’ genotype, the order was Fe > B > Cu. The ‘Luz do Cerrado’ genotype accumulated more N than Ca.

Keywords: evaluation efficiency; transport efficiency; efficiency of use; *Hylocereus*; *Selenicereus*; mineral nutrition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Mapa e coordenadas geográficas da área experimental de pitayas, CE, 2024	26
Figura 2	– Área experimental de pitayas e casa de vegetação - Campus do Pici - UFC, Fortaleza – CE, 2023, vista por satélite <i>Google Earth</i>	26
Figura 3	– Croqui da área experimental de pitayas	27
Figura 4	– Estruturas de palanque de eucalipto e pneu	28
Figura 5	– Seleção de mudas de genótipos de pitaya em casa de vegetação	30
Figura 6	– Mudas em casa de vegetação apresentando sinais de ataque por fungos	31
Figura 7	– Aplicação de calcário em área total do experimento	32
Figura 8	– Implantação das mudas de pitaya em área experimental	32
Figura 9	– Retirada das plantas do campo, separação entre parte aérea e radicular	35
Figura 10	– Cladódios e raízes cortados, redistribuídos e levados à estufa de circulação forçada de ar a 65°C	35
Figura 11	– Amostras de massa de matéria seca pesadas, moídas e armazenadas	36
Figura 12	– Análises químicas das amostras de pitaya	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Análise química do solo antes da instalação do experimento	28
Tabela 2	– Genótipos de pitaya utilizadas no experimento	29
Tabela 3	– Média dos tamanhos dos cladódios das mudas separados por blocos	30
Tabela 4	– Análise química do esterco bovino	32
Tabela 5	– Produção de massa de matéria seca dos genótipos de pitaya	38
Tabela 6	– Acúmulo de nutrientes e sódio nas raízes, na parte aérea e na planta total de seis genótipos de pitaya	40
Tabela 7	– Ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio dos genótipos de pitaya	43
Tabela 8	– Ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio nas raízes dos genótipos de pitaya	44
Tabela 9	– Ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio na parte aérea dos genótipos de pitaya	45
Tabela 10	– Eficiências de absorção, de transporte e de utilização de nutrientes e sódio dos genótipos de pitaya.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFC	Universidade Federal do Ceará
SS	Superfosfato simples
AC	Pitaya ‘Âmbar do Cerrado’
MC	Pitaya ‘Minipitaya do Cerrado’
LC	Pitaya ‘Lua do Cerrado’
LZC	Pitaya ‘Luz do Cerrado’
HC	<i>Hylocereus costaricensis</i>
PRNT	Poder relativo de neutralização total
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CAM	<i>Crassulacean acid metabolism</i>
NC	Necessidade de calcário
SB	Saturação por bases
DBC	Delineamento experimental em blocos casualizados
CV	Coeficiente de variação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	HIPÓTESE	12
3	OBJETIVOS	13
3.1	Geral	13
3.2	Específico	13
4	REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1	Família e gêneros das pitayas	14
4.2	Cultivo da pitaya no Brasil	14
4.3	Diferenças adaptativas de espécies de pitaya	15
4.3.1	<i>Selenicereus setaceus</i>	17
4.3.2	<i>Selenicereus megalanthus</i>	17
4.3.3	<i>Hylocereus undatus</i>	18
4.3.4	<i>Hylocereus costaricensis</i>	18
4.4	Genótipos de pitaya desenvolvidas para condições edafoclimáticas brasileiras	18
4.4.1	<i>Genótipo BRS Lua do Cerrado</i>	19
4.4.2	<i>Genótipo BRS Luz do Cerrado</i>	20
4.4.3	<i>Genótipo BRS Granada do Cerrado</i>	20
4.4.4	<i>Genótipo BRS Âmbar do Cerrado</i>	21
4.4.5	<i>Genótipo BRS Minipitaya do Cerrado</i>	21
4.5	Absorção de nutrientes pelas plantas	21
4.6	Eficiência nutricional das plantas	22
4.7	Nutrição mineral da pitaya	24
5	MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1	Área experimental	26
5.2	Delineamento experimental	27
5.3	Análises de solo da área experimental	28
5.4	Seleção do material propagativo e condução das mudas	29
5.5	Controle fitossanitário	31
5.6	Instalação e condução do experimento	31
5.7	Manejo da área	34
5.8	Análise química das plantas	34

5.9	Análise estatística	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1	Produção de massa de matéria seca dos genótipos de pitaya	38
6.2	Acúmulo de nutrientes nos genótipos de pitaya	39
6.2.1	<i>Ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio nos genótipos de pitaya</i>	43
6.3	Eficiência nutricional dos genótipos de pitaya	46
6.3.1	<i>Eficiência de absorção dos genótipos de pitaya</i>	48
6.3.2	<i>Eficiência de transporte pelos genótipos de pitaya</i>	49
6.3.3	<i>Eficiência de utilização pelos genótipos de pitaya</i>	51
7	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A - TEORES DE ELEMENTOS NA PARTE AÉREA DOS GENÓTIPOS DE PITAYA	61
	APÊNDICE B - TEORES DE ELEMENTOS NAS RAÍZES DOS GENÓTIPOS DE PITAYA	62

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas exóticas apresenta alto valor agregado com crescente procura de seus frutos pelos mercados consumidores. A pitaya tem grande potencial de exploração de frutos exóticos no Brasil (Santos *et al.*, 2022; Costa, 2022). Seu plantio ocorre em todas as regiões do País, com estimativas de expansão, utilizando diferentes variedades e genótipos. O estado nutricional das plantas e a eficiência na absorção de nutrientes são fatores essenciais para seu desenvolvimento e produtividade, impactando diretamente o sucesso do cultivo.

Apesar do potencial comercial da pitaya, o desenvolvimento dessa cultura no Brasil é limitado pela falta de informações sobre a eficiência nutricional, o acúmulo de elementos pela planta e o manejo fitossanitário. Além disso, alguns fatores dificultam o aprimoramento da cadeia produtiva da pitaya como a falta de dados sobre programas de adubação e irrigação, assim como o acesso aos mercados consumidores.

O desenvolvimento de genótipos nacionais adaptados às condições brasileiras, aliados ao aumento de estudos sobre as exigências nutricionais da planta, contribuem para uma compreensão aprofundada das relações nutricionais da pitaya, promovendo melhorias no cultivo, na produtividade e na qualidade dos frutos colhidos.

O avanço no setor produtivo da pitaya depende de estudos sobre fenologia e exigências nutricionais da planta (Nunes *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2021). Embora a maioria das pesquisas sobre o acúmulo de nutrientes na pitaya sejam direcionadas ao fruto, (Nunes *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2016; Lima *et al.*, 2021), é necessário ampliar a investigação sobre o acúmulo de nutrientes nos diferentes órgãos da planta e sobre a eficiência nutricional.

O conhecimento da eficiência nutricional dos genótipos é essencial para o planejamento agrícola e a formulação das recomendações de calagem e de adubação, contribuindo diretamente na capacidade produtiva dos pomares, na sustentabilidade agrícola, e na melhoria da qualidade do fruto, auxiliando no desenvolvimento de genótipos mais adaptados às diferentes condições de solo e clima. Esse entendimento possibilita a maximização da produtividade, mesmo em solos de baixa fertilidade, uma vez que genótipos eficientes podem demonstrar alta capacidade de aquisição, transporte e utilização de nutrientes.

Além disso, a adubação constitui uma parte significativa dos custos de produção dos pomares, o que justifica a realização de pesquisas voltadas à melhoria da eficiência no uso desse insumo, visando reduzir a dependência de importação dessa commodity. Vale ressaltar que o Brasil é altamente dependente das importações de fertilizantes, com dados de

2023 indicando que cerca de 94%, 73% e 97% do consumo nacional de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O), respectivamente, conforme dados da ANDA (2024). Essa dependência reforça a necessidade de estratégias para garantir a segurança e sustentabilidade do fornecimento desses insumos essenciais à agricultura brasileira.

Tendo em vista o exposto, objetiva-se com este estudo avaliar a eficiência nutricional, bem como o acúmulo de nutrientes em seis genótipos de pitaya em experimento realizado em Fortaleza, Ceará.

2 HIPÓTESE

Os genótipos de pitaya apresentam diferenças nas eficiências de absorção, de transporte, de utilização e de acúmulo de nutrientes.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar o acúmulo de nutrientes e a eficiência nutricional de seis genótipos de pitaya cultivados em Fortaleza, Ceará.

3.2 Específicos

- Avaliar as quantidades de macro e micronutrientes acumuladas em seis genótipos de pitaya após 220 dias de cultivo em Fortaleza, Ceará.
- Avaliar as eficiências de absorção, de transporte e de utilização de macro e micronutrientes em seis genótipos de pitaya após 220 dias de cultivo em Fortaleza, Ceará.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Família e gêneros das pitayas

As pitayas pertencem a família Cactaceae, ou seja, são plantas de caule suculento, sem folhas e com espinhos presentes. Possuem ramos com margens marcadamente crenadas, espessados no vértice; seu pericarpo e tubo floral apresentam brácteas em forma de escamas proeminentes (Zappi *et al.*, 2007). As espécies de pitaya apresentam características morfológicas distintas, incluindo a presença ou ausência de espinhos no fruto, bem como outras características morfológicas e anatômicas que são determinantes para a identificação e diferenciação das espécies.

Discussões sobre os gêneros de espécies comerciais de pitayas vêm ocorrendo e o avanço das técnicas de sequenciamento de DNA garante resultados mais seguros para validar a classificação em nível de gênero e de espécie (Korotkova; Borsch; Arias, 2017; Faleiro; Junqueira, 2022).

Os gêneros *Hylocereus* e *Selenicereus* são semelhantes em sua morfologia e anatomia, caracterizados como cactos trepadeiras com grandes flores noturnas, geralmente de coloração branca. Em estudos moleculares de filogenia, não foram comprovadas diferenças significativas para separar os dois gêneros, logo, ambos foram fundidos sob o nome de *Selenicereus* (Korotkova; Borsch; Arias, 2017).

4.2 Cultivo da pitaya no Brasil

O cultivo da pitaya no País iniciou-se em São Paulo e ao longo de décadas, veem se expandindo para todo o território nacional (Faleiro, 2022). De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, as regiões Sul e Sudeste são responsáveis por mais de 80% da produção brasileira da fruta, destacaram-se os estados de São Paulo, liderando com participação de cerca de 40% da produção nacional, seguido por Santa Catarina (24%), Minas Gerais (12%) e Pará (10%) (IBGE, 2017). Estados promissores da região Nordeste, como Pernambuco, Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará apresentam destaque no cultivo da planta (Santana, 2019).

Os frutos de pitaya apresentam boa aceitação tanto no mercado nacional quanto internacional, devido às suas características organolépticas, resultando em um produto com alto valor agregado (Moreira *et al.*, 2012; Nunes *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2019; Faleiro, 2022). O volume de pitayas comercializado nas Centrais Estaduais de Abastecimento (Ceasa) do Brasil

passou de 116.598 kg em 2009 para 1.186.484 kg em 2019, indicando a expansão da cultura no País, bem como aceitação pelo mercado consumidor da fruta (Costa, 2022).

Ainda existem desafios significativos para o avanço da cultura da pitaya, incluindo a falta de organização da cadeia produtiva, a escassez de assistência técnica aos produtores, além da carência de informações sobre o manejo da cultura, incluindo a adequação do sistema de irrigação, o manejo fitossanitário, a aplicação correta de adubos e a nutrição de plantas (Almeida, 2018; Lima *et al.*, 2019). Além disso, há dificuldades na realização das podas de formação e produção, assim como na implementação de técnicas de polinização (Faleiro; Junqueira, 2022). Esses fatores ressaltam a necessidade de melhorias nos sistemas de produção da cultura, a fim de otimizar o desempenho e a produtividade da pitaya o País.

Outro fator é a introdução de material comercial sem a devida seleção, pois grande parte do material propagativo encontrado no mercado nacional não passou pelo processo de seleção adequado ou não foi avaliado por suas características agronômicas, resultando em pomares com alta ou baixa adaptabilidade às condições edafoclimáticas brasileiras (Faleiro; Junqueira, 2022; Santos; Pio; Faleiro, 2022; Embrapa Cerrados News, 2023a). A superação dessas barreiras é essencial para promover o desenvolvimento mais robusto e sustentável da pitaya no Brasil.

Apesar do desenvolvimento de estratégias e produtos mais adaptados às condições brasileiras, o acesso à informação deve fazer parte da rotina dos produtores. As relações nutricionais, fenológicas e hídricas da planta devem ser consideradas para maximizar a produção em áreas de cultivo de pitaya, reduzindo os custos e melhorando a eficiência de aplicação dos insumos e recursos.

4.3 Diferenças adaptativas de espécies de pitaya

As espécies de pitaya apresentam diferenças em sua base gênica, nas características morfológicas, de crescimento, nos estádios fenológicos de desenvolvimento, na adaptabilidade, na resistência a fungos e nas necessidades nutricionais (Cajazeira *et al.*, 2018; Almeida, 2018; Lima *et al.*, 2019; Machado, 2019; Faleiro; Junqueira, 2022; Santos *et al.*, 2022; Inokuti *et al.*, 2024). Em uma espécie de pitaya vermelha ficou evidente o lento crescimento das plantas nos primeiros 60 dias após plantio e, após esse período, houve rápido crescimento e aumento do acúmulo de nutrientes (Lima *et al.*, 2019).

A pitaya é dependente do fotoperíodo, sendo classificada como uma planta de dias longos (Nerd; Mizrahi, 1998). A adaptação às condições de luz varia entre as espécies. As

espécies *S. undatus* e *S. costaricensis* apresentaram resiliência a diferentes habitats, adaptando-se satisfatoriamente a ambientes diversos, desde florestas tropicais sazonais até formações rochosas. Essa flexibilidade reflete sua capacidade de adaptação a diferentes condições ecológicas (Sosa *et al.*, 2020).

As espécies *H. undatus* e *H. costaricensis* são favorecidas pelas mudanças climáticas, possibilitando expansão da área de cultivo (Sosa *et al.*, 2020). Porém, o cultivo sob sombreamento é indicado para várias espécies de pitaya. Para *H. polyrhizu* e *H. costaricensis*, são recomendados sombreamentos de 30% (Nerd; Mizrahi, 1998) e 35% (Oliveira *et al.*, 2021b), respectivamente. Essas proporções devem ser ajustadas conforme a incidência solar local, pois o excesso de luz pode inibir a atividade fotossintética das plantas (Nerd; Mizrahi, 1998; Raverh *et al.*, 1998).

Apesar da capacidade de adaptação de espécies de pitaya, os fatores climáticos têm importante impacto na expansão de seu cultivo. De acordo com Souza *et al.* (2022), as projeções para o cultivo da pitaya no Brasil sugerem variação na capacidade produtiva entre as regiões em decorrência das variações climáticas, em que, as regiões Sul e Sudestes permanecerão aptas ao cultivo da planta ao longo dos anos, já as demais regiões do País, sofrerão mais empecilhos para o cultivo da pitaya, devido as menores precipitações e a elevação de temperatura regional.

Outro fator que diferencia as adaptações da planta é o seu consumo hídrico, variando em diferentes localidades do País. Estudos sobre o consumo hídrico e a adaptabilidade de pitayas em diferentes regiões do País, como no semiárido pernambucano (Nordeste), no estado do Mato Grosso (Centro Oeste) e em Santa Catarina (Sul), sugerem diferenças nas necessidades hídricas no estádio inicial da cultura, que aumentam com o seu desenvolvimento (Santos *et al.*, 2022; Andrade *et al.*, 2023). A demanda hídrica média de 3,2 mm/dia foi estimada para as condições de Santa Catarina, porém, é um valor que varia com a influência de vários fatores como evapotranspiração local e o tipo de solo (Santos *et al.*, 2022). Já em estudo realizado no estado do Rio Grande do Norte, a evapotranspiração da cultura apresentou valor mínimo de 1,52 mm/dia, chegando a 5,81mm/dia aos 260 DAP (Batista, 2022).

O período necessário para o desenvolvimento de frutos, pode variar bastante entre as espécies, com duração de 29 a 32 dias para as espécies *H. undatus* e *H. costaricensis*, enquanto para a espécie *S. setaceus* com duração de 55 a 65 dias, e para a *S. megalanthus* a duração é de 90 a 120 dias (Lone *et al.*, 2020).

Estudos sobre o acúmulo de nutrientes entre as espécies de pitaya indicam diferenças nas quantidades acumuladas e entre as partes da planta, como raízes e a parte aérea,

além das exportações de nutrientes pelos frutos, que variam ao longo do ciclo da cultura (Moreira *et al.*, 2016; Lima *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2021).

4.3.1 *Selenicereus setaceus*

Segundo Faleiro e Junqueira (2022), esta é uma espécie de pitaya brasileira, com origem no bioma Cerrado, tendo a casca vermelha com espinhos e a polpa branca, tendo sido reclassificada como *Selenicereus setaceus* (Salm-Dyck ex DC.) A.Berger ex Werderm. Esses autores ressaltam que os frutos de *S. setaceus* têm a polpa saborosa com uma combinação equilibrada entre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez, garantindo ao fruto um sabor aprimorado e único, e que, dependendo do mercado consumidor e regional é popularmente conhecida como pitaya *baby*, minipitaya ou pitaya saborosa.

As plantas têm cladódios de disposição colunar, articulados, contendo em sua maioria, três ângulos. Suas flores são sésseis e grandes com 15 a 30 cm de comprimento, chegando a 20 cm de diâmetro, com excelente potencial ornamental, cujas pétalas são brancas com tons amarelados e abrem a pôr-do-sol, durando apenas uma noite (Junqueira *et al.*, 2002).

As plantas de *S. setaceus* apresentam crescimento exponencial no primeiro ano de cultivo, mas têm baixo desenvolvimento vegetativo e apresentam crescimento mais lento do que as plantas *H. costaricensis* (Lima *et al.*, 2021).

4.3.2 *Selenicereus megalanthus*

Espécie originária da América Central e do México, é conhecida como pitaya amarela. Em estudos mais recentes foi reclassificada como *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran. (Faleiro; Junqueira, 2022).

O vigor e o crescimento da planta se assemelham aos da *S. setaceus*. Os frutos são de tamanho médio, com casca amarela e espinhos, cuja polpa é branca. Essa espécie também é popularmente conhecida como pitaya colombiana (Moreira *et al.*, 2012).

No Brasil a pitaya amarela ainda é pouco cultivada, mesmo apresentando frutos com alto valor agregado; as plantas têm crescimento vegetativo lento, apresentando período mais longo da antese à colheita (de 90 a 120 dias), produzindo menor quantidade de frutos em comparação a outras espécies comerciais cultivadas no País, como *H. undatus* e *H. costaricensis* (Lone *et al.*, 2020).

4.3.3 *Hylocereus undatus*

É conhecida comercialmente como pitaya branca, devido a polpa branca do fruto, mas com a casca vermelha com brácteas; sendo reclassificada como *Selenicereus undatus* syn *Hylocereus undatus* (Haw.) D.R.Hunt. Apresenta frutos grandes e com boa aceitação no mercado, sendo a espécie mais produzida no mundo (Faleiro; Junqueira, 2022). Sua aparência tornou-se o símbolo da planta de pitaya em diversas estratégias de *marketing*.

Como a maioria dos cactos, não possui folhas, seu caule é modificado tipo cladódio triangular com 3 costelas e aréolas com 2 a 5 espinhos. Apresenta flores grandes com pétalas brancas. O fruto é de coloração vermelho-rosa, com polpa branca e sementes escuras (Museu Nacional/UFRJ, 2024).

Foi possível inferir, em estudo realizados em Jaboticabal, São Paulo, que o desenvolvimento dos frutos de pitayas de polpa branca (*Hylocereus undatus* syn. *S. undatus*) dependem diretamente das condições ambientais do local de cultivo, sendo de menor duração em condições de maior temperatura e precipitação (Silva *et al.*, 2015a).

4.3.4 *Hylocereus costaricensis*

Reclassificada como *Selenicereus costaricensis* syn *Hylocereus costaricensis* (F.A.C.Weber) S.Arias & N.Korotkova ex Hammel (Faleiro; Junqueira, 2022), apresenta frutos médios com casca vermelha e brácteas, com polpa de cor vermelho-aroxeado, ganhando destaque em comparação às espécies de polpa branca. Os frutos são ricos em compostos antioxidantes, sendo mais atrativo para a indústria por suas características organolépticas (Moreira *et al.*, 2012; Lima *et al.*, 2021; Faleiro; Junqueira, 2022).

Popularmente conhecida como “pitaya da Costa Rica” ou “pitaya Vermelha do Pará”, é uma espécie alógama cujos frutos têm forma arredondada e apresentam alta taxa de rachaduras quando maduros, exigindo a colheita logo ao evidenciar a mudança de coloração do verde para o vermelho. Além disso, seus cladódios em desenvolvimento apresentam torções e uma fina cerosidade branca, características da espécie (Lone *et al.*, 2020).

4.4 Genótipos de pitaya desenvolvidas para condições edafoclimáticas brasileiras

Na década de 90 foi instituído um banco de germoplasma para pitaya no Brasil que vem sendo usado para o desenvolvimento de genótipos geneticamente superiores e adaptados

às condições edafoclimáticas do País (Faleiro; Junqueira, 2022; Embrapa Cerrados News, 2023). Grande parte do material coletado foi obtido no bioma Cerrado, além de doações de colecionadores nacionais de cactáceas (Faleiro; Junqueira, 2022).

Devido a disponibilidade de diferentes espécies de pitaya foi possível realizar a seleção de material com potencial comercial, objetivando a obtenção de plantas autocompatíveis, mais produtivas, resistentes e/ou tolerantes a doenças e com frutos com maior qualidade física, como a menor espessura e textura mais firme da casca e da polpa, e maior qualidade química, como maiores teores de vitaminas e antioxidantes (Faleiro; Junqueira, 2022; Embrapa Cerrado News, 2023a).

Para as condições edafoclimáticas brasileiras, cinco genótipos têm sido validados nas diferentes regiões do País, apresentando resultados promissores: ‘BRS Lua do Cerrado’, ‘BRS Luz do Cerrado’, ‘BRS Minipitaya do Cerrado’, ‘BRS Granada do Cerrado’ e ‘BRS Âmbar do Cerrado’. (Faleiro; Junqueira, 2022; Embrapa, 2023). Esse material passa por processos de validação com o apoio de produtores rurais, que fornecem espaço para experimentação em suas propriedades, assim como em outras instituições de pesquisa.

Estudos iniciais sobre a adaptabilidade e a produtividade dos genótipos foram realizados nas regiões Norte e Sul do País (Faleiro, 2022; Embrapa Cerrados News, 2023b). Os dados iniciais de produtividade no terceiro ano de cultivo justificam a recomendação desses genótipos, tanto para o Norte quanto para o Sul do Brasil, gerando expectativas e recomendação de estudos nas demais regiões.

Os genótipos de pitaya desenvolvidos pela Embrapa estão comercialmente disponíveis desde 2022 para regiões e produtores selecionados e, desde então, viveiros cadastrados detém o direito de venda e comercialização do material propagativo; porém, apenas em 2023 esse material foi oficialmente lançado no mercado nacional (Embrapa News, 2023a).

4.4.1 Genótipo BRS Lua do Cerrado

Oriunda do melhoramento genético convencional da espécie *Hylocereus undatus* objetivando aumento de produtividade, vigor e precocidade, as plantas são autocompatíveis e resistentes a doenças (Embrapa Cerrados - LC, 2023c).

Segundo Faleiro e Junqueira (2022), o genótipo BRS Lua do Cerrado (‘BRS LC’) apresenta frutos grandes, de formato arredondado e com produtividade que pode superar 30 t/ha. A massa média do fruto é de 600 g e, com polinização manual, pode atingir mais de 1 kg.

Os frutos têm casca vermelha de espessura média com brácteas e sem espinhos, cuja polpa é branca. O teor de sólidos solúveis totais varia de 13 a 17 °Brix, destinado ao mercado de frutos especiais, com alto valor agregado (Embrapa Cerrados – LC, 2023c).

4.4.2 Genótipo BRS Luz do Cerrado

A ‘BRS Luz do Cerrado’ foi desenvolvida a partir do melhoramento genético convencional da espécie *Hylocereus undatus* (‘BRS LZC’). As plantas apresentam características semelhantes à ‘BRS LC’, com diferença no tamanho e no formato dos frutos, sendo estes, mais alongados e com massa média de 550g, podendo superar 1 kg com o uso de polinização manual (Faleiro, Junqueira, 2022; Embrapa Cerrados - LZC, 2023d).

Destinada ao mercado de frutas especiais, assim como aos demais genótipos de pitaya desenvolvidos para as condições edafoclimáticas brasileiras, o fruto da ‘BRS LZC’ mantém docura entre 13 e 17 °Brix, facilitando o consumo *in natura* e o processamento da polpa. Possui flores grandes e brancas com tons em amarelo, que se abrem no período noturno (Embrapa Cerrados – LZC, 2023d).

4.4.3 Genótipo BRS Granada do Cerrado

O genótipo de pitaya Granada do Cerrado (‘BRS GC’), também é resultado do melhoramento genético convencional, a partir do cruzamento de genótipos de duas espécies de pitaya: *H. undatus* x *H. costaricensis*. Apresenta alta produtividade, vigor e precocidade, tendo resistência a doenças (Faleiro; Junqueira, 2022; Embrapa Cerrado – GC, 2023b).

A planta pode atingir produtividade superior a 40 t/ha após o terceiro ano de cultivo; seus frutos têm tamanho médio, com aproximadamente 220 g, apresentando maior uniformidade em relação aos outros genótipos; sua casca tem espessura média, coloração vermelha, sem espinhos e com brácteas (Faleiro; Junqueira, 2022).

A polpa é roxa e doce, com teor de sólidos solúveis totais variando de 12 a 15 °Brix. Seu destino comercial é o mercado de frutas especiais com alto valor agregado, características apreciadas pelos mercados industrial e *in natura* (Embrapa Cerrado – GC, 2023b).

4.4.4 Genótipo BRS Âmbar do Cerrado

Foi obtida pelo melhoramento genético convencional da espécie *Selenicereus megalanthus* objetivando o aumento da produtividade. Apresenta autocompatibilidade, vigor, precocidade e resistência a doenças. O fruto tem casca amarela, com espinhos e sua polpa é translúcida e doce, com teor de sólidos solúveis totais de 20 °Brix ou maior, destacando-se entre os genótipos de pitaya (Embrapa Cerrados – AC, 2023a).

Segundo Faleiro e Junqueira (2022), sua denominação pode ser abreviada para ‘BRS AC’, e sua produtividade pode superar 10 t/ha no terceiro ano de cultivo, com frutos de massa média em torno de 150 g. Assim como os demais genótipos, seu destino comercial é o mercado de frutas especiais de alto valor agregado (Embrapa Cerrado –AC, 2023a).

4.4.5 Genótipo BRS Minipitaya do Cerrado

Foi desenvolvida por melhoramento convencional da espécie *Selenicereus setaceus*, componente da biodiversidade do Cerrado brasileiro (Embrapa Cerrados – MPC, 2023e). Pode ter o nome abreviado para ‘BRS MPC’, apresentando características semelhantes às da ‘BRS AC’, porém, com diferenças em relação ao fruto que, na ‘BRS MPC’ são vermelhos, pequenos (massa em torno de 80g), com polpa branca e sabor único, apresentando combinação equilibrada de sólidos solúveis totais de 15 a 19 °Brix com leve acidez (Faleiro, Junqueira, 2022; Embrapa Cerrados – MPC, 2023e).

4.5 Absorção de nutrientes pelas plantas

Fatores internos e externos às raízes das plantas podem afetar a absorção de nutrientes (Clarkson, 1985). A interação entre esses fatores determina a eficiência com que a planta consegue acessar e utilizar os nutrientes disponíveis no solo. Compreender e manejar esses fatores pode otimizar e maximizar a produção agrícola.

Os fatores internos são os fatores relativos à própria planta, como características genéticas, o estágio de crescimento e a eficiência nutricional. Já os fatores externos são relativos ao ambiente e ao manejo utilizado, como a disponibilidade de nutrientes, o pH, a umidade do solo, bem como a temperatura do solo e do ambiente, além das interações com microrganismos (Clarkson, 1985; Rosolem; Husted, 2024).

Os principais processos envolvidos na aquisição de nutrientes pelas plantas são a absorção, o transporte e a redistribuição. Segundo Faquin (2005), a absorção de um elemento consiste na sua transferência de um substrato para o interior da célula vegetal. O processo de transporte ou translocação é o movimento do elemento, em sua forma original ou diferente daquela absorvida, de um órgão ou região de absorção para outra parte da planta, já a redistribuição ocorre quando o elemento é transferido de um local de acúmulo para outro, podendo manter sua forma original ou ser alterado no processo.

Aspectos referentes a absorção de nutrientes pelas plantas devem ser avaliados para que se obtenha a máxima produtividade. Melhorar a eficiência de uso dos recursos nutricionais do solo beneficia não apenas os cultivos agrícolas de forma sustentável, mas também contribui para a economia de insumos utilizados nas plantações. Essa abordagem promove uma agricultura mais rentável e ambientalmente responsável.

4.6 Eficiência nutricional das plantas

A eficiência nutricional refere-se à capacidade das plantas em absorver e utilizar nutrientes de forma eficaz, abrangendo três aspectos principais; a eficiência de absorção, de translocação e de utilização de nutrientes (Baligar; Fageria, 1999).

A variabilidade genética está presente entre as espécies, e mesmo entre genótipos da mesma espécie, refletindo em diferenças nas eficiências nutricionais, o que ocorre por diversas razões, como a capacidade de absorção, de transporte e de utilização dos nutrientes (Marschner, 1995; Fageria, 1998).

A eficiência de absorção refere-se à capacidade da planta absorver os nutrientes do solo. Seu índice pode ser calculado pela quantidade de nutrientes absorvidos pelas raízes em relação a quantidade total de nutrientes disponíveis na solução do solo (Swiader *et al.*, 1994). A maior eficiência de absorção implica na capacidade da planta de captar mais nutrientes em um solo, mesmo em áreas menos férteis.

Segundo Li *et al.* (1991), a eficiência de transporte estima a habilidade de uma planta em transportar um nutriente do local de absorção para o local de demanda, que varia com os estádios fenológicos do vegetal e, compreende a razão do conteúdo do nutriente na parte aérea pelo conteúdo total do nutriente na planta, multiplicada por 100, apresentando o valor em porcentagem (%). Plantas com alta eficiência de transporte apresentam maior rapidez e eficácia na redistribuição de nutrientes, maximizando o uso do recurso absorvido.

Já a eficiência de utilização expressa a quantidade de biomassa gerada por unidade de nutriente absorvido, representando a habilidade da planta de utilizar um nutriente para produzir biomassa ou o produto final do estágio fisiológico da planta (Siddqi; Glass, 1981). Plantas com maior eficiência de utilização conseguem converter os nutrientes absorvidos em produção de massa de matéria seca ou a produção de flores e frutos de forma mais eficiente, mesmo com limitação de disponibilidade nos solos.

A produtividade das culturas é influenciada por diversos fatores ambientais, como o clima (radiação solar, temperatura e precipitação); as características e as condições de solo (pH, teor de matéria orgânica, salinidade e interação entre nutrientes); o ataque de pragas e doenças; e os aspectos fisiológicos de desenvolvimento da planta que impactam diretamente a absorção e a eficiência nutricional (Fageria, 1998). A complexidade dessas influências na produtividade de uma cultura agrícola justifica estudos aprofundados e atuais sobre a eficiência nutricional das plantas.

Algumas das características morfológicas que contribuem para as diferenças na absorção e no transporte de nutrientes são o sistema radicular eficiente e a alta relação entre as raízes e a parte aérea (Fageria; Baligar, 1993). As plantas apresentam mecanismos e processos que contribuem para o uso eficiente de nutrientes; um sistema radicular mais extenso consegue explorar maiores volumes de solo, absorvendo quantidades maiores de nutrientes (Fageria, 1998).

A eficiência nutricional das plantas é o resultado da capacidade de absorção, transporte, armazenamento e redistribuição dos nutrientes, aliada à sua capacidade metabólica. Aumentar a eficiência nutricional é uma estratégia para enfrentar as mudanças climáticas e garantir produtividade sustentável em cultivos agrícolas (Rosolem; Husted, 2024). Os estudos da eficiência nutricional em frutíferas vêm avançando evidenciando a importância desta área do conhecimento (Tomaz *et al.*, 2003; Rozane *et al.*, 2007; Amaral *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2017; Léo *et al.*, 2020).

A eficiência nutricional pode ser utilizada para a seleção de plantas e/ou de porta-enxertos, como demonstraram Tomaz *et al.* (2003), evidenciando diferenças nos parâmetros de eficiência nutricional para Ca, Mg e S em mudas enxertadas de café arábica (*Coffea arabica* L.). Analogamente, Swiader, Chyan e Freiji (1994) demonstram que as diferenças genotípicas em alguns dos parâmetros fisiológicos de absorção e utilização de N foram suficientemente amplos para sugerir o potencial de melhoramento genético para eficiência de utilização de nitrogênio em híbridos de abóbora (*Cucurbita moschata* Poir.).

Porta-enxertos de caramboleira submetidos a soluções nutritivas apresentam semelhanças na eficiência de transporte dos nutrientes, pouca variação na eficiência de utilização e variação na produção de massa seca da planta em função da solução nutritiva utilizada (Rozane *et al.*, 2007).

Em estudo com a palma forrageira ‘Gigante’, a eficiência nutricional para os nutrientes N, P, S, Mn e Zn foi maior quando a planta foi submetida a adubação orgânica, refletindo em maior produção de massa seca. Com relação ao potássio, a eficiência foi maior com a adubação mineral (Léo, *et al.*, 2020), indicando associação entre eficiência nutricional e produção de massa de matéria seca da planta, ou seja, a maior eficiência nutricional foi observada na maior quantidade de massa seca produzida.

Em estudo sobre a eficiência nutricional em espécies de cactos ornamentais (*Rhipsalis baccifera*, *R. paradoxa* e *Hatiora salicornioides*) foram observadas variações pelos parâmetros de eficiência nutricional para o uso de N de acordo com a espécie de cacto. (Silva *et al.*, 2017b), o que indica haver variação no estado nutricional e nas estratégias de investimento em nitrogênio nestas espécies de cactos.

Estudos de campo com genótipos de café arábica apresentaram diferenças na eficiência de utilização de nutrientes para a produção de raízes, o que foi considerado mais notável em condições de baixa disponibilidade de nutrientes no solo, refletindo diferenças na capacidade de absorção e de aproveitamento desses nutrientes pelas plantas (Amaral *et al.*, 2011).

Pouco se sabe sobre a eficiência nutricional da pitaya, apesar de alguns avanços nos estudos relacionados a nutrição da cultura. Desta maneira, torna-se necessário investigar a capacidade de absorção, transporte, utilização e acúmulo dos nutrientes pelos genótipos de pitaya.

4.7 Nutrição mineral da pitaya

Experimentos sobre adubação e exigência nutricional da pitaya em estágio de muda, bem como em plantas em plena produção, vêm sendo desenvolvidos no Brasil há alguns anos (Corrêa *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2016; Cajazeira *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2019; Gonçalves; Pinto; Corrêa, 2019; Lima *et al.*, 2021). Os estudos evidenciaram que os nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio afetam positivamente o desenvolvimento inicial da parte aérea e do sistema radicular de pitayas (*H. undatus* syn. *S. undatus*) cultivadas em vaso, alcançando maior

desenvolvimento com 450 mg/dm^3 de N, 250 mg/dm^3 de P e 250 mg/dm^3 de K (Gonçalves; Pinto; Corrêa, 2019).

Durante o primeiro ano de cultivo da pitaya vermelha (*Selenicereus* spp. syn. *Hylocereus* spp.) em vasos contendo um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico em Fortaleza, Ceará, o acúmulo de nutrientes e sódio na parte aérea ocorreu na seguinte ordem decrescente: K > Ca > N > Mg = P > S > (Na) > Zn > Mn > Fe > B > Cu, com as maiores exigências de P, K, Ca, Mn aos seis meses de cultivo, coerente com o avanço dos estádios fenológicos da planta e início da fase reprodutiva (Lima *et al.*, 2019).

Já para os nutrientes N, Mg, S e Na, o maior acúmulo ocorreu no quarto e sexto mês após o plantio, enquanto o Zn foi mais requerido com um ano de cultivo e Cu e Fe apresentaram demandas constantes (Lima *et al.*, 2019). Tais resultados evidenciam diferenças nas exigências da planta em decorrência do avanço dos estágios fenológicos. Já nos frutos, o acúmulo de nutrientes seguiu a mesma ordem decrescente verificada na parte aérea, exceto pelo acúmulo de P ter sido maior que o de Mg, e não igual: K > Ca > N > P > Mg > S > (Na) > Zn > Mn > Fe > B > Cu, após 240 dias de crescimento contínuo a partir do plantio (Lima *et al.*, 2019). Por sua vez, plantas de *S. setaceus* apresentaram acúmulo semelhante ao observado por Lima *et al.* (2019) na parte aérea de *Hylocereus* sp., mas não produziram frutos no mesmo período (Lima *et al.*, 2021), evidenciando o crescimento e o desenvolvimento mais lento da espécie *S. setaceus* em comparação à *Hylocereus* sp. de polpa vermelha.

A *S. setaceus* apresentou crescimento contínuo ao longo de 360 dias e acúmulo de elementos nos frutos na seguinte ordem decrescente: K > Ca > N > P > Mg > S > (Na) > Zn > Fe > Mn > B > Cu (Lima *et al.*, 2021). Apresentando ordem igual ao acúmulo nos frutos de pitaya vermelha (Lima *et al.*, 2029), exceto pela inversão na ordem entre o Fe e o Mn.

Para a pitaya branca (*H. undatus*), o acúmulo de nutrientes na parte aérea seguiu a ordem: K > N > Ca > S > Mg > P > Mn > Fe > Zn > B ≥ Cu, enquanto nas raízes apresentou a ordem N > K > Ca > S > P > Mg > Fe > Mn > Zn > B ≥ Cu (Moreira *et al.*, 2016). Os autores concluíram que a aplicação de $44 - 64 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo (Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico) promove maior acúmulo de outros nutrientes em pitaya vermelha de polpa branca, sugerindo a provável interação entre nutrientes na melhoria da eficiência de absorção pelas raízes.

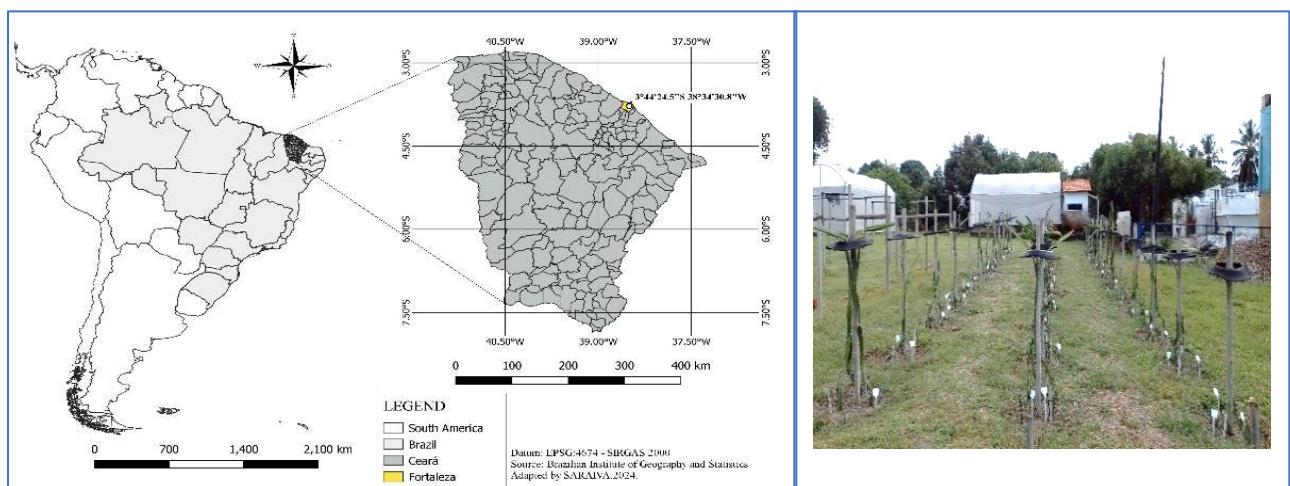
As eficiências nutricionais da planta devem ser avaliadas para garantir o máximo aproveitamento dos insumos aplicados e dos potenciais de cada genótipo. Assim, há necessidade de se conhecer a eficiência de absorção, de transporte e de utilização dos nutrientes nas diferentes espécies de pitaya.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área experimental

A área experimental onde a pesquisa foi realizada, está localizada no Setor de Agricultura I ($3^{\circ}44'24.5''S$ $38^{\circ}34'30.8''W$, altitude 19,2 m) (Figuras 1 e 2) do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza, CE. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen (Peel, Finlayson, McMahon, 2007), é do tipo Aw' (Clima tropical chuvoso), com temperatura média anual de 26,5 °C e precipitação média anual de 1.042 mm (Climate Data, 2024).

Figura 1 – Mapa e coordenadas geográficas da área experimental de pitayas, Fortaleza – CE, 2024.



Fonte: Autor.

Figura 2 – Área experimental de pitayas e casa de vegetação - Campus do Pici - UFC, Fortaleza – CE, 2023, vista por satélite Google Earth.



Fonte: Google Earth (Modificado), (2023).

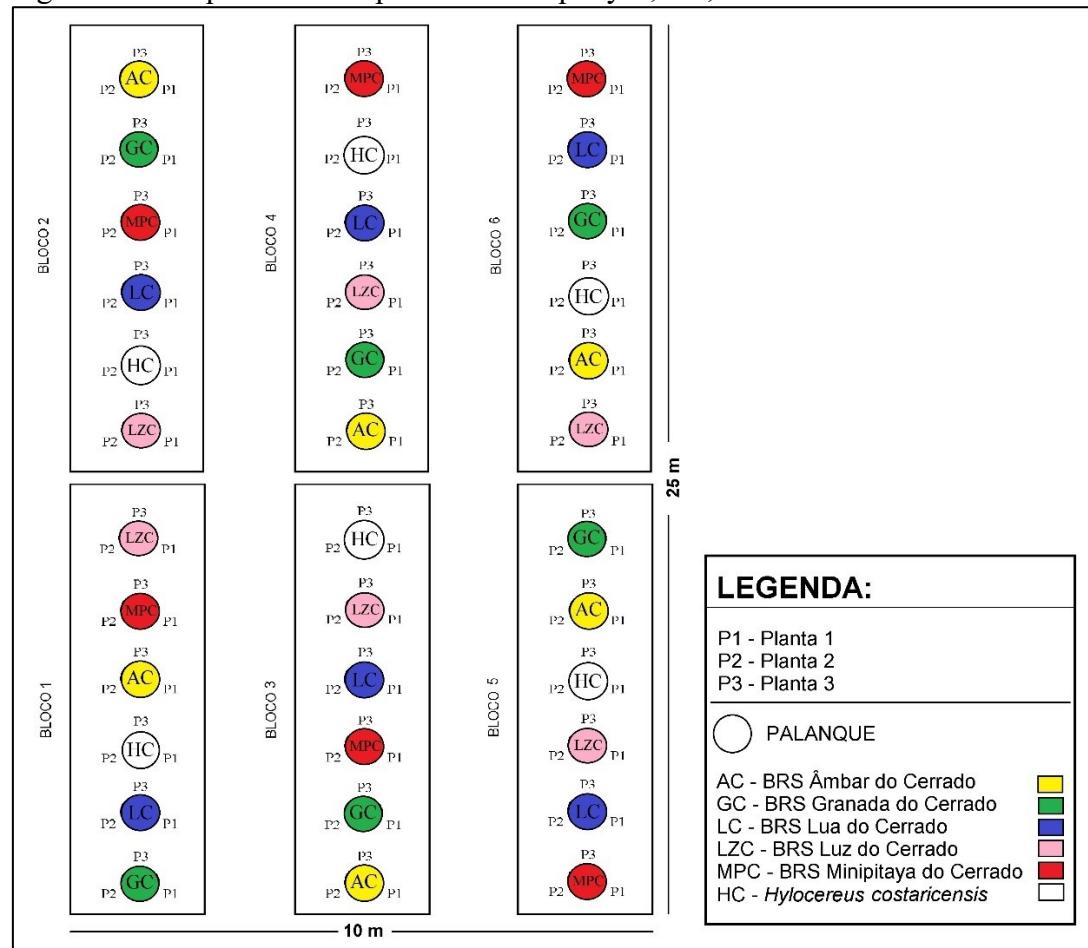
5.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com seis tratamentos (genótipos de pitaya), seis repetições (blocos) e três plantas por parcela (palanque), totalizando 108 plantas. Os tratamentos consistiram em cinco genótipos de pitaya registrados pela Embrapa Cerrados para as condições brasileiras ('AC', 'MPC', 'GC', 'LZC' e 'LC') e um introduzido e já cultivado por produtores locais (*H. costaricensis*), conhecido como variedade Vermelha do Pará e que será abreviada para a sigla 'HC' neste estudo.

Cada unidade experimental (parcela experimental) foi constituída por três plantas do mesmo genótipo, crescendo em torno do mesmo tutor, compondo o que o produtor chama de palanque.

O espaçamento foi de 3 m entre linhas e 2 m entre palanques, totalizando 6 m² por palanque, perfazendo 216 m² de área útil, com área total de 25 m × 10 m (Figura 3).

Figura 3 – Croqui da área experimental de pitayas, CE, 2022.



Fonte: Autor.

O palanque consiste em uma estrutura para tutoramento das plantas de pitaya (trepadeiras) constituído, neste caso, por mourões de eucalipto tratados, com diâmetro médio de 0,12 m e 2,20 m de comprimento, sendo que 1,80 m fica acima da superfície e 0,40 cm chumbados no solo com cimento, além de uma borda de pneu de automóvel presa com arame (nº 16) sobre duas hastas de vergalhão de ferro (comprimento = 80 cm; diâmetro = $\frac{1}{2}$ ") fixados em furos transversais cruzados no mourão a altura de 1,50 m do solo (Figura 4).

Figura 4 – Estrutura do palanque de eucalipto e pneu.



Fonte: Autor.

5.3 Análises de solo da área experimental

Foram realizadas coletas de solo antes da instalação do experimento nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm para a avaliação das características químicas do solo (Tabelas 1) e físicas da área experimental, seguindo a metodologia descrita por Donagema *et al.* (2011) e Teixeira *et al.* (2017) respectivamente.

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo realizada antes da instalação do experimento.

Profun. (cm)	Atributos químicos																
	P mg/dm ³	M.O. g/kg	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H+Al	Al ⁺³	SB	CTC	V -- %--	m	Zn ----- mg/dm ³ -----	Cu	Fe	Mn
0 -20	24	9	6,2	0,6	14	2	0	21	0	17	38	44	0	17,5	1,6	19,4	6,9
20 -40	19	5	6,2	0,4	8	2	0	29	0	10	39	27	0	7,4	0,6	18,4	3,4

Fonte: Autor. Profun. = Profundidade do solo. M.O. = Matéria Orgânica; pH em água; P, Na e K, extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al, extrator KCl; H+Al, extrator acetato de cálcio; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Saturação Por Bases; Cu, Zn, Mn e Fe, extrator DTPA; B, extrator HCl.

Os atributos físicos do solo antes da instalação do experimento foram: areia = 883,1 g.kg⁻¹; silte: 75,2 g.kg⁻¹; e argila = 41, 7 g.kg⁻¹, possuindo classificação textural como areia. Com base nos resultados da análise química do solo, foram feitos os cálculos da necessidade de calagem e de adubação do experimento.

5.4 Seleção do material propagativo e condução das mudas

Parte do experimento foi conduzido em casa de vegetação, onde as mudas dos genótipos de pitaya foram selecionadas para a análise química e para o plantio em campo. Foram utilizadas mudas de cinco genótipos de pitaya desenvolvidos pela Embrapa Cerados, ‘BRS Luz do Cerrado’, ‘BRS Lua do Cerrado’, ‘BRS Minipitaya do Cerrado’, ‘BRS Âmbar do Cerrado’ e ‘BRS Granada do Cerrado’, além de mudas de um genótipo introduzido de pitaya vermelha do Pará (*H. costaricensis*) (Tabela 2), enraizadas a partir de cladódios coletados em matrizes mantidas na UFC, originárias de viveirista credenciado.

Tabela 2 – Genótipos de pitaya utilizados no experimento.

Genótipo	Siglas	Espécie	Morfologia do fruto
‘BRS Âmbar do Cerrado’	AC	<i>S. megalanthus</i>	Polpa branca e casca amarela com espinhos
‘BRS Granada do Cerrado’	GC	<i>H. undatus x H. costaricensis</i>	Polpa roxa, casca vermelha com brácteas
‘Pitaya vermelha do Pará’	HC	<i>H. costaricensis</i>	Polpa roxa e casca vermelha com brácteas
‘BRS Luz do Cerrado’	LC	<i>H. undatus</i>	Polpa branca e casca vermelha com brácteas
‘BRS Luz do Cerrado’	LZC	<i>H. undatus</i>	Polpa branca e casca vermelha com brácteas
‘BRS Minipitaya do Cerrado’	MPC	<i>S. setaceus</i>	Polpa roxa e casca vermelha com espihos

Fonte: Autor.

As mudas foram mantidas em sacos plásticos contendo 5L de substrato (casca de arroz carbonizada e areia) e conduzidas em haste única, retirando-se eventuais brotações durante o período de formação e mantidas em condição de casa de vegetação. Elas foram irrigadas manualmente, aplicando-se 200 mL de água com intervalo de irrigação de um dia, objetivando manter a umidade do solo próxima a 60% da capacidade de campo. As condições em casa de vegetação permitiram maior intervalo de irrigação devido a menor incidência direta de luz solar.

Para o plantio no campo, foram selecionadas 18 mudas de cada genótipo de pitaya, totalizando 108 plantas, que foram separadas entre si e em seis blocos seguindo a padronização por comprimento dos cladódios: BLOCO 1, BLOCO 2, BLOCO 3, BLOCO 4, BLOCO 5 e BLOCO 6 (Figura 5). No BLOCO 1 foram usadas as mudas com menor comprimento e, no BLOCO 6, as mudas de maior comprimento (Tabela 3).

Figura 5 – Seleção de mudas de genótipos de pitaya em casa de vegetação, CE, 2022.



Fonte: Autor.

Tabela 3 – Média dos tamanhos em cm dos cladódios das mudas separados por blocos.

Genótipo	Bloco					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
AC						
Altura média da muda	26,3	32,3	36,6	43,6	49,8	59,0
GC						
Altura média da muda	23,5	26,7	28,0	30,0	33,4	37,3
HC						
Altura média da muda	30,8	35,3	38,0	39,2	41,2	44,3
LC						
Altura média da muda	20,1	28,5	31,3	39,0	41,9	44,5
LZC						
Altura média da muda	28,8	30,7	32,6	36,9	40,9	49,9
MPC						
Altura média da muda	17,8	26,3	32,6	31,3	37,0	40,1

Fonte: Autor.

5.5 Controle fitossanitário

As mudas em casa de vegetação, desde sua obtenção, já apresentavam sinais típicos de ataques de fungos (Figura 6), como manchas cinzas ou marrons com forma circular e pontuações pretas nos cladódios. Foi realizado o pré-tratamento com fungicida sistêmico, com duas pulverizações consecutivas, com intervalo de 20 dias entre cada aplicação, na dose 0,8 L de calda, para melhorar as condições das mudas e para padronização do material propagativo antes da implantação no campo.

Figura 6 – Genótipos em casa de vegetação apresentando sinais de ataque de fungos.



Fonte: Autor.

5.6 Instalação e condução do experimento

Com base nos resultados da análise química de solo (Tabela 1), foi realizada a calagem em área total (250 m^2) para elevar a saturação por bases (V) a 70%, conforme sugerido por Reis *et al.* (2020). Para aplicação do calcário, a área total foi subdividida em dez subáreas de 25m^2 ($5\text{m} \times 5\text{ m}$), de modo a melhorar a homogeneidade da distribuição manual do calcário no solo.

A calagem foi feita utilizando o calcário agrícola com PRNT = 98%, sendo aplicados 2,5 kg de calcário em cada subárea de 25 m^2 , baseando-se na dose de 1 t/ha. Após a aplicação do calcário em área total foi realizada a gradagem na profundidade de 20 cm para a incorporação do calcário (Figura 7). Posteriormente foi realizada a irrigação da área de modo a saturar o solo para promover a reação do produto. Aos 49 dias após a aplicação do corretivo, foram abertas as covas para o plantio das mudas de pitaya.

Figura 7 – Aplicação de calcário em área total no experimento.



Fonte: Autor.

As covas de plantio foram abertas nas medidas de 30 cm x 30 cm x 30 cm, sendo três covas por palanque, equidistantes em torno do tutor de eucalipto (Figura 8).

Para a adubação orgânica, foram aplicados, na instalação do experimento 5 L de esterco bovino curtido por cova de plantio e incorporado ao solo. Amostras do esterco bovino foram coletadas e analisadas quimicamente (Tabela 4), segundo metodologia descrita em Donagema *et al.* (2011).

Figura 8 – Implantação das mudas de pitaya na área experimental.



Fonte: Autor.

Tabela 4 – Análise química do esterco bovino.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Amostra	-----	----- g/kg -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----- mg/kg -----	-----	-----	-----
	5,03	2,63	3,93	7,57	2,93	1,23	0,43	18	9109,33	103,33	134	10,67

Fonte: Autor.

A adubação mineral seguiu a recomendação da Epagri (Lone *et al.*, 2020) para N, P, K e B; já para Zn utilizou-se a recomendação de Corrêa *et al.* (2014). As doses de adubo, baseadas na análise de solo da área experimental, foram de 140 kg/ha de N; 70 kg/ha de P₂O₅; 260 kg/ha de K₂O e 3 kg/ha de B, 10 mg/dm³ de Zn e 2 mg/dm³ de Fe. Como fonte de N foi utilizado o adubo ureia (45% de N), de P foi utilizado o superfosfato simples (18% de P₂O₅; e 10% de S) e de K utilizou-se o cloreto de potássio (60% de K₂O). As fontes de micronutrientes empregadas foram FTE BR-12 (9,0% de Zn; 1,8% de B; 0,8% de Cu; 2,0% de Mn, e 0,1% de Mo), Fe-EDTA (13%) e o ácido bórico (17% de B).

O volume da cova (30 cm × 30 cm × 30 cm) foi usado no cálculo para a incorporação dos adubos, sendo aplicados 71,4 g de superfosfato simples, 3 g de FTE, 0,5 g de ferro EDTA e 5 L de esterco bovino curtido por cova. Todo o fósforo foi aplicado na cova durante o plantio, e os demais nutrientes aplicados nas adubações de cobertura.

O N e o K, foram parcelados em 14 aplicações considerando a recomendação para o primeiro ano de plantio e crescimento da planta sugeridos por Lone *et al.* (2020). Foram aplicados 0,4 g de ferro EDTA após o surgimento da primeira brotação em 50% das mudas no campo e 0,5 g após a escolha do segundo cladódio fixo na planta. Os adubos foram diluídos em solução de 3 L e aplicados por palanque. Cada palanque tem três plantas com o mesmo genótipo, totalizando 1 L de solução/planta no palanque.

Após o plantio das mudas foi realizada a irrigação até a saturação do solo, visando retirar o excesso de ar após fechamento das covas, a fim de melhorar a adaptação da muda à nova condição.

As plantas foram conduzidas junto ao palanque (descrito no item 5.2; Figura 4) até a formação da copa, acima da estrutura do pneu. Foram realizadas podas de condução da planta, mantendo-as em haste única até ultrapassar o limite do palanque; posteriormente realizou-se o desponte, compreendendo a primeira poda de formação da copa, permitindo a produção de brotos acima da estrutura de pneu (1,5 m).

As brotações iniciais dos cladódios foram sendo retiradas, à medida que brotos mais desenvolvidos e bem-posicionados foram selecionados para obter haste única na planta. Após ultrapassar a altura do pneu, ramos bem distribuídos foram selecionados para serem os ramos primários; os ramos emergidos dos ramos primários foram conduzidos para a formação da copa da planta, sendo podados quando atingiram 40 cm para estimular a emissão de brotações laterais. Desse modo, foi formada a arquitetura da pitaya e a copa em forma de “guarda-chuva”.

Em toda a área de plantio, a lâmina de irrigação foi calculada considerando 50% da evapotranspiração de referência (ETo) média de Fortaleza – CE, já que se observou que essa

percentagem manteve o solo suficientemente úmido até o início da irrigação, subsequente, diferindo de Andrade *et al.* (2023), que indicou 70% da ETo média do local, por ser uma quantidade de água que matinha o solo alagado. Foi aplicado o volume médio de 3 L de água/dia com intervalo de um dia entre as aplicações, evitando o excesso de água no solo.

A irrigação durante o período chuvoso foi feita apenas como complementação, mantendo o solo úmido próximo as plantas.

5.7 Manejo da área

O sistema radicular da pitaya cresce em superfície, geralmente explorando a faixa de 0 – 20 cm em profundidade do solo. Visando causar o mínimo de estresse às plantas, realizou-se semanalmente o controle manual das plantas daninhas próximo a cova ou quando observado alto índice de crescimento das invasoras, enquanto a roçagem em área total foi realizada mensalmente.

Após o surgimento das brotações nas mudas de pitaya, utilizou-se cobertura morta em área total visando manter a umidade do solo, reduzindo a incidência de plantas daninhas, auxiliando no desenvolvimento das plantas e na economia de água.

À medida que as plantas apresentaram brotações, excedentes à brotação definida como haste única, as mesmas foram sendo retiradas, identificadas, lavadas pesadas e seca em estufa à 65°C até massa constante, sendo moídas para posterior composição do material para a análise química das plantas.

5.8 Análise química das plantas

Aos 220 dias após transplantio, uma planta de cada genótipo em cada bloco foi retirada para a avaliação dos teores de nutrientes na parte aérea e no sistema radicular das pitayas. A planta foi retirada inteira para avaliação, tomando-se cuidado para minimizar danos ao sistema radicular (Figura 9). Os procedimentos adotados para a análise química das plantas foram descritos em Miyazawa *et al.* (2009).

Figura 9 – Retirada das plantas do campo, separação entre parte aérea e radicular.



Fonte: Autor.

A planta foi separada em raízes e parte aérea, lavada com água, ácido clorídrico a 3% (v:v) e água deionizada, sendo deixada secar na bancada da casa de vegetação durante 5 dias para perder a umidade, a fim de facilitar o processo de secagem em estufa; posteriormente, os diferentes órgãos foram colocados em sacos de papel e levados a estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante (Figura 10). Após a secagem foram calculadas a massa de matéria seca das raízes e da massa de matéria seca da parte aérea que se somou a massa de matéria seca das brotações retiradas durante do desenvolvimento das plantas.

Figura 10 – Cladódios e raízes cortados, redistribuídos e levados à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C.



Fonte: Autor.

Após pesagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, e passadas em peneira com abertura de 1 mm de diâmetro (Figura 11).

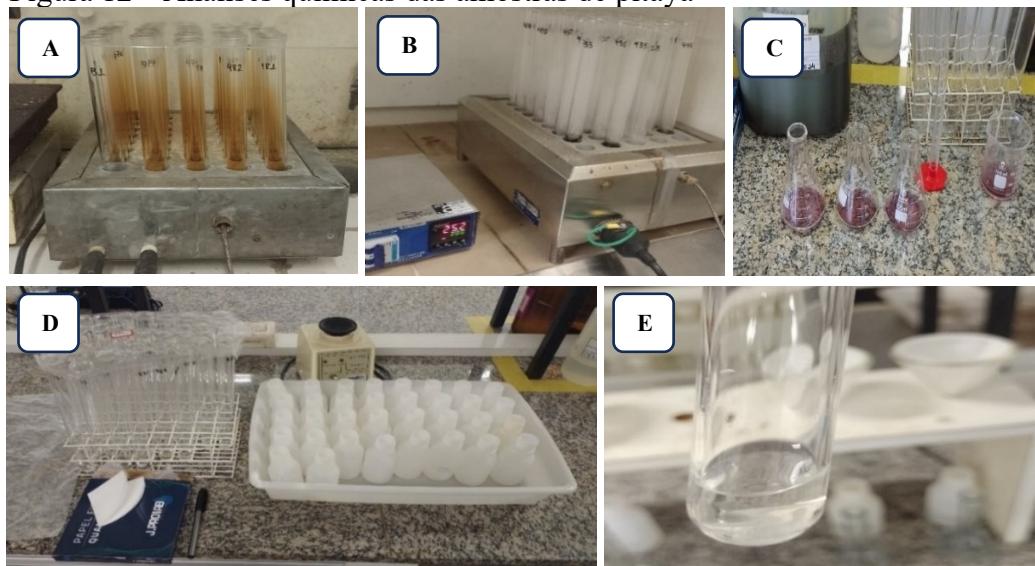
Figura 11 – Amostras de massa de matéria seca pesadas, moídas e armazenadas.



Fonte: Autor.

As amostras foram submetidas às digestões sulfúrica, seguida de destilação e titulação para a determinação dos teores totais de nitrogênio (N) e, nítrica-perclórica, para a determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), sódio (Na), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), e zinco (Zn), cujas leituras foram realizadas em espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) (metodologia) (Figura 12).

Figura 12 – Análises químicas das amostras de pitaya



Fonte: Autor. Legenda: A) Digestão sulfúrica inicial; B) Digestão sulfúrica final; C) Titulação após digestão nítrica-perclórica; D) Amostras e materiais para filtragem da solução; E) Amostras pronta para filtragem.

Com base na produção de massa de matéria seca e quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea e nas raízes, foram calculados os índices de eficiência nutricional:

Eficiência de absorção do nutriente (EA), mg (macronutrientes) ou µg (micronutrientes) do elemento acumulado na planta inteira dividido por g de massa de matéria seca das raízes (Swiader *et al.*, 1994).

a) Eficiência de absorção de nutrientes (EA):

$$EA = \frac{\text{Quantidade do nutriente acumulado na planta inteira}}{(\text{Massa de matéria seca das raízes})} \quad (1)$$

b) Eficiência de transporte do nutriente (ET), em % (Li *et al.*, 1991):

$$ET = \left[\frac{\text{Quantidade do nutriente acumulado na parte aérea}}{\text{Conteúdo do nutriente na planta inteira}} \right] * 100 \quad (2)$$

c) Eficiência de utilização do nutriente (EU), em g de massa de matéria seca ao quadrado por mg (macronutrientes) ou µg (micronutrientes) do elemento acumulado (Siddiqi, Glass, 1981):

$$EU = \frac{(\text{Massa de matéria seca total})^2}{(\text{Quantidade total do nutriente na planta})} \quad (3)$$

5.9 Análise estatística

Os dados de massa de matéria seca, acúmulo de nutrientes, eficiência de absorção, transporte e utilização de nutrientes dos genótipos de pitaya foram submetidos ao teste de homogeneidade de Bartlett e ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, ambos a 5 % de probabilidade, e quando verificada a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos dados foram realizadas as análises de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. Os dados foram trabalhados com o auxílio do software estatístico R-Studio (R-Studio, 2024).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Produção de massa de matéria seca dos genótipos de pitaya

Observou-se diferenças entre os genótipos de pitaya quanto à produção de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST), com variações de até cerca de 700% na MSPA e na MST e de até 1621% na MSR, indicando grande diferença no crescimento dos genótipos (Tabela 5).

Tabela 5 - Produção de massa de matéria seca dos genótipos de pitaya.

Genótipo	MSPA	MSR	MST
g.....g/planta.....	
'Âmbar do Cerrado' (AC)	21,94 d	1,32 c	23,27 d
'Granada do Cerrado' (GC)	150,32 a	21,41 a	171,73 a
'Pitaya vermelha do Pará' (HC)	94,49 b	6,14 b	100,63 b
'Lua do Cerrado' (LC)	81,75 b	8,21 b	89,96 b
'Luz do Cerrado' (LZC)	92,04 b	8,46 b	100,51 b
'Minipitaya do Cerrado' (MPC)	43,50 c	5,95 c	49,46 c
CV(%)	19,78	32,90	19,81

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. CV = coeficiente de variação; MSP = massa de matéria seca da parte aérea; MSR = massa de matéria seca das raízes; MST = massa de matéria seca total.

O genótipo GC, híbrido (*H. costaricensis* x *H. undatus*), apresentou a maior produção de massa de matéria seca nos órgãos avaliados (parte aérea, raízes e total), seguido pelos genótipos HC (*H. costaricensis*), LC e LZC (ambas *H. undatus*), que não diferiram entre si em nenhuma das três variáveis. O genótipo GC produziu 68,1% a mais de MSPA, 181,6% mais de MSR e 77 % a mais de MST, pelos genótipos HC, LC e LZC. Vale ressaltar que todas essas quatro espécies possuem potencial de adaptação para as mudanças climáticas, pois segundo Sosa *et al.*, 2020, essas espécies de pitaya apresentam resiliência a diferentes habitats, sendo eficientes na adaptação a ambientes diversos contribuindo para maior produção de massa de matéria seca.

Os genótipos AC e MPC tiveram as menores produções de massa de matéria seca da parte aérea, das raízes e total. Esses genótipos são das espécies *S. megalanthus* e *S. setaceus*, respectivamente, que apresentam crescimento mais lento entre as espécies de pitaya, principalmente no estágio inicial de desenvolvimento (Lone *et al.*, 2020), resultando em menores produções de massa de matéria seca. Segundo Moreira *et al.* (2012), as plantas de *S. setaceus* apresentam desenvolvimento semelhante ao desenvolvimento das plantas de *S. megalanthus* e têm um desenvolvimento mais lento comparado ao das espécies de *Hylocereus*.

(Lima *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2021), resultados que foram reafirmados neste trabalho. O crescimento mais lento pode ser um indicativo de que os genótipos estão investindo energia na formação de estruturas básicas (Cajazeira *et al.*, 2018).

O genótipo AC, da espécie *S. megalanthus*, apresentou a menor produção de massa de matéria seca total (23,27 g/planta). Possivelmente este tenha sido o genótipo mais afetado pelas condições climáticas locais, pois Nerd; Mizrahi (1998) e Raverh *et al.* (1998) sugerem o uso de sombreamento no cultivo dessa espécie, o que não ocorreu neste experimento.

6.2 Acúmulo de nutrientes nos genótipos de pitaya

Os genótipos de pitaya também apresentaram diferenças no acúmulo de nutrientes e de sódio nas raízes, na parte aérea e na planta inteira (Tabela 6). Segundo Rozane *et al.* (2011), materiais genéticos podem apresentar variação no acúmulo de nutrientes, o que pode ser resultado pelo manejo empregado.

Tabela 6 – Acúmulo de nutrientes e sódio nas raízes, na parte aérea e na planta inteira de seis genótipos de pitaya.

Genótipo	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	mg/planta						µg/planta					
Raízes												
'Âmbar do Cerrado' (AC)	16,51 c	1,71 c	16,90 c	2,66 c	2,63 b	1,61 c	0,93 b	11,31 c	655,58 b	42,61 c	27,61 c	13,69 d
'Granada do Cerrado' (GC)	210,28 a	17,81 a	207,51 a	76,60 a	19,22 a	22,05 a	6,81 a	136,05 a	3546,48 a	465,88 a	406,63 a	146,73 a
'Pitaya vermelha do Pará' (HC)	81,40 b	6,20 b	73,32 b	42,34 b	7,80 b	7,84 b	1,69 b	47,78 b	2577,00 a	242,93 b	135,92 b	57,42 c
'Lua do Cerrado' (LC)	114,00 b	7,42 b	90,59 b	23,94 b	8,36 b	12,23 b	2,35 b	65,98 b	2710,45 a	237,29 b	197,29 b	89,44 b
'Luz do Cerrado' (LZC)	103,24 b	7,43 b	81,09 b	36,98 b	6,65 b	9,59 b	2,70 b	72,32 b	3184,83 a	225,82 b	128,50 b	93,48 b
'Minipitaya do Cerrado' (MPC)	84,27 b	4,77 b	73,32 b	12,59 c	14,90 a	8,87 b	2,66 b	47,68 b	1161,87 b	187,00 b	108,91 b	58,35 c
CV (%)	35,77	34,30	34,53	40,26	38,20	40,33	44,43	41,48	44,07	42,64	33,97	39,82
Parte aérea												
Genótipo	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
'Âmbar do Cerrado' (AC)	198,94 d	35,86 d	405,04 d	294,70 d	156,56 d	24,82 d	22,19 d	93,11 d	1271,55 d	1232,64 c	1412,97 d	615,32 d
'Granada do Cerrado' (GC)	1728,65 a	369,56 a	3763,95 a	1910,01 a	761,92 a	168,02 a	127,36 a	928,49 a	6827,76 a	7750,68 a	7854,17 a	3934,80 a
'Pitaya vermelha do Pará' (HC)	957,44 b	275,81 b	2222,30 b	1398,01 b	589,14 b	115,02 b	65,12 c	620,37 b	5337,87 b	6603,38 a	5860,46 b	3040,73 b
'Lua do Cerrado' (LC)	632,47 c	153,73 c	1770,26 c	826,55 c	375,88 c	126,91 b	87,49 b	393,21 c	3665,10 c	3778,58 b	2989,37 c	1564,39 c
'Luz do Cerrado' (LZC)	897,99 b	257,34 b	2474,66 b	934,89 c	468,32 c	118,23 b	88,02 b	536,22 b	4603,19 b	3053,12 b	2789,49 c	2022,66 c
'Minipitaya do Cerrado (MPC)'	373,29 d	113,66 c	1313,17 c	1035,01 c	379,47 c	58,03 c	43,36 d	304,82 c	2990,46 c	3607,04 b	2984,18 c	1346,88 c
CV (%)	27,56	30,08	27,55	24,97	23,00	15,88	25,42	26,32	25,34	32,47	25,67	28,17
Planta inteira												
Genótipo	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
'Âmbar do Cerrado' (AC)	215,45 c	37,04 d	421,93 d	297,37 d	159,19 d	26,43 d	23,12 d	104,42 d	1927,13 c	1275,25 c	1440,58 d	629,01 d
'Granada do Cerrado' (GC)	1970,48 a	387,23 a	3971,46 a	2014,53 a	781,14 a	202,56 a	134,16 a	1064,55 a	11127,34 a	7291,80 a	8300,20 a	4081,53 a
'Pitaya vermelha do Pará' (HC)	1038,84 b	281,13 b	2288,01 b	1417,13 b	596,94 b	116,89 b	66,82 c	668,15 b	7399,59 b	6846,31 a	5996,37 b	3104,26 b
'Lua do Cerrado' (LC)	746,47 b	161,15 c	1860,82 c	868,89 c	383,24 c	124,71 b	89,75 b	459,20 c	6375,55 b	4015,87 b	3186,66 c	1653,83 c
'Luz do Cerrado' (LZC)	1001,22 b	264,79 b	2555,75 b	971,87 c	474,97 c	146,84 b	91,54 b	608,54 b	7788,02 b	3312,19 b	2962,54 c	2116,14 c
'Minipitaya do Cerrado (MPC)'	457,56 c	118,43 c	1386,71 c	1047,59 c	390,13 c	66,90 c	46,02 c	352,49 c	3425,62 c	3794,04 b	3093,09 c	1405,23 c
CV (%)	25,99	28,96	27,10	24,31	22,53	25,46	25,67	26,19	26,79	27,08	24,69	27,65

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

Quando observado o acúmulo dos elementos nas raízes dos genótipos, fica evidente a diferença entre eles (Tabela 6). O genótipo GC também apresentou os maiores acúmulos de nutrientes e sódio nas raízes, para o N, P, K, Ca, S, Na, Cu, Zn, Mn e B, porém apresentou acúmulo de Mg semelhante ao genótipo MPC e acúmulo de Fe semelhante aos genótipos LC e LZC. Contudo o genótipo AC apresentou as menores quantidades acumuladas nas raízes para N, P, K, Mg, S, Cu, Zn, Mn e B.

Nas raízes, o N foi o macronutriente mais acumulado pelos genótipos, com exceção do AC, que acumulou mais K. Para os micronutrientes, o Fe foi o mais acumulado pelos genótipos em suas raízes, seguido pelo Zn (Tabela 6). O nitrogênio é macronutriente primário e fundamental em processos fisiológicos como fotossíntese e crescimento das plantas e para formação de aminoácidos, proteínas e clorofila (Saldanha *et al.*, 2016). O seu acúmulo nas raízes sugere boa absorção desse elemento pelos genótipos, o que pode favorecer o desenvolvimento da planta. Por sua vez, o Fe é um componente da clorofila, e seu acúmulo nas raízes sugere que a planta pode suportar melhor a produção de energia, contribuindo para aumentar a resistência a estresses ambientais (Saldanha *et al.*, 2016).

Para o N, P, K, S, Na, Cu, Zn e Mn, os genótipos HC, LC, LZC e MPC não diferiram quanto à quantidade acumulada nas raízes, já o genótipo AC apresentou o menor acúmulo desses nutrientes em suas raízes. Com relação ao Ca, Mg e Fe, os genótipos HC, LC e LZC não diferiram para acúmulo nas raízes (Tabela 6). O acúmulo de Na nas raízes das plantas nos genótipos AC, HC, LC, LZC e MPC foram semelhantes, diferindo apenas do genótipo GC, enquanto para o Fe, os genótipos AC e MPC apresentaram o menor acúmulo desse nutriente dentre todos os genótipos avaliados. As diferenças no acúmulo dos nutrientes e sódio nas raízes indicam provável variação em decorrência do fator genético das pitayas.

Para o B, os genótipos LC e LZC apresentaram valores de acúmulos semelhantes nas raízes, seguidos por SC e MPC, já o genótipo AC apresentou o menor acúmulo de B nas raízes entre os seis genótipos. O boro está ligado ao desenvolvimento de raízes (Saldanha *et al.*, 2016) e seu acúmulo contribui no desenvolvimento inicial do sistema radicular, indicando variações em decorrência dos genótipos.

Na parte aérea das plantas também se observou diferença de acúmulo de nutrientes e de sódio se comparados com o acúmulo na planta inteira, logo torna-se importante avaliar os genótipos em sua totalidade e em suas partes. Para o N, ocorreu variação entre a parte aérea e a planta inteira nos genótipos AC, LC e MPC. Essa variação também ocorreu para o Na no genótipo MPC e para o Fe nos genótipos AC, LC e LZC.

Para o acúmulo de N na parte aérea, os genótipos HC e LZC não diferiram entre si, e foram seguidos pelo genótipo LC que, por sua vez, diferiu dos genótipos AC e MPC (tabela 7). Quanto ao acúmulo de P, K, Cu e Fe na parte aérea das plantas, os genótipos HC e LZC também não diferiram entre si, sendo seguidos por LC e MPC.

Com relação ao acúmulo de Ca, Mg, Mn e B na parte aérea, o genótipo HC apresentou o segundo maior acúmulo, seguido pelos genótipos LC, LZC e MPC (Tabela 6). Já para S, os genótipos HC, LC e LZC acumularam quantidades semelhantes na parte aérea da planta, e maiores do que os valores acumulados pelo genótipo MPC. Apesar das diferenças no acúmulo na parte aérea entre os genótipos, as semelhanças de acúmulo foram mantidas na planta inteira.

Para o Na, o acúmulo na parte aérea das plantas foi semelhante nos genótipos LC e LZC os quais foram superiores aos do genótipo HC. Por último, os genótipos MPC e AC apresentaram os menores acúmulos de sódio na parte aérea (Tabela 6). Já para o acúmulo de Zn na parte aérea, o genótipo HC não diferiu do GC, e ambos foram seguidos pelo LC, LZC e MPC em valores de acúmulo, os quais não diferiram entre si.

O genótipo GC (*H. costaricensis x H. undatus*), além de alcançar a maior produção de massa de matéria seca (Tabela 5), foi também o que, em linhas gerais, apresentou os maiores acúmulos dos nutrientes e de sódio na planta (Tabela 6). Isso indica que a maior produção de massa de matéria seca resultou no maior acúmulo de nutrientes e sódio nas plantas. Por outro lado, o genótipo AC (*S. megalanthus*) que teve a menor produção de massa de matéria seca total (Tabela 5), de modo geral também apresentou os menores acúmulos dos elementos na planta (Tabela 6). Isso indica que a menor produção de massa de matéria seca resultou no menor acúmulo de elementos nas plantas.

O genótipo HC se destacou como segundo maior acumulador de Ca, Mg, Mn e B na planta inteira, seguido pelos genótipos LC, LZC e MPC que não diferem entre si (Tabela 6). Já o genótipo AC foi o que menos acumulou esses nutrientes na planta. Para o Zn, o genótipo HC apresentou acúmulo igual ao do genótipo GC, seguidos por LC e LZC, tendo os genótipos AC e MPC os menores acúmulos.

Quando comparado ao genótipo costaricensis (*H. costaricensis*), ambos de casca e polpa vermelha, apresentou semelhanças apenas no acúmulo de Zn (Tabela 6). Já os genótipos ‘Lua do Cerrado’ e ‘Luz do Cerrado’, apesar de serem plantas da mesma espécie, *H. undatus*, diferiram quanto ao acúmulo de P, K, e Cu na planta inteira. Mesmo materiais geneticamente semelhantes podem apresentar diferenças no acúmulo de nutrientes (Rozane *et al.*, 2011), pois

fatores internos e externos às plantas afetam as eficiências de absorção, transporte e utilização de nutrientes (Baligar, Fageria, 1999).

O potássio foi o macronutriente mais acumulado em toda a planta pelos genótipos de pitaya (Tabela 6). Este nutriente possui função regulatória na abertura/fechamento de estômatos e no transporte ativo de energia, auxiliando na regulação de trocas gasosas e perdas de água (Saldanha *et al.*, 2016), mecanismos importantes para cactos, que são adaptados para redução das perdas de água.

Para os micronutrientes, o Fe foi o mais acumulado nas plantas por todos os genótipos de pitaya avaliados, com exceção do genótipo MPC, que apresentou maior acúmulo de Zn. O Zn é importante na síntese de hormônios vegetais (Saldanha *et al.*, 2016) contribuindo para fase de crescimento das plantas, coincidindo com os resultados do experimento aos 220 DAP, pois os genótipos não apresentaram sinais de início da fase reprodutiva, como produção de flores e frutos.

6.2.1 Ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio nos genótipos de pitaya

Para a determinação das ordens de acúmulos dos nutrientes e de sódio nas raízes, na parte aérea e na planta inteira, as Tabelas 7, 8 e 9 foram elaboradas comparando-se os valores na mesma unidade de medida (mg/planta).

No sistema radicular das plantas, foi observada a mesma ordem de acúmulo dos elementos para os genótipos GC e LC, a LZC diferiu destas apenas pela ordem do P e Mg (Tabela 7). Os genótipos AC e MPC apresentaram a mesma ordem de acúmulo para micronutrientes, diferindo na ordem para K, N, Mg, Ca, P e S. O genótipo HC apresenta a mesma ordem de acúmulo de macronutrientes da GC, porém diferindo quanto ao acúmulo dos micronutrientes.

Tabela 7 – Ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio nas raízes dos genótipos de pitaya.

GENÓTIPO	ORDEM DECRESCENTE DE ACÚMULO DE NUTRIENTES												
‘Âmbar do Cerrado’ (AC)	K	N	Ca	Mg	P	S	Na	Fe	Zn	Mn	B	Cu	
‘Granada do Cerrado’ (GC)	N	K	Ca	S	Mg	P	Na	Zn	Mn	B	Cu	Fe	
‘Pitaya vermelha do Pará’ (HC)	N	K	Ca	S	Mg	P	Fe	Na	Zn	Mn	B	Cu	
‘Lua do Cerrado’ (LC)	N	K	Ca	S	Mg	P	Na	Zn	Mn	B	Cu	Fe	
‘Luz do Cerrado’ (LZC)	N	K	Ca	S	P	Mg	Na	Zn	Mn	B	Cu	Fe	
‘Minipitaya do Cerrado’ (MPC)	N	K	Mg	Ca	S	P	Na	Fe	Zn	Mn	B	Cu	

Fonte: Autor. Ordem de acúmulo de nutrientes e sódio decresce da esquerda para direita na horizontal.

A ordem de acúmulo de macronutrientes para os genótipos de polpa branca, LC e LZC, assemelhando-se a ordem de acúmulo de nutrientes nas raízes de pitaya (*Selenicereus undatus* syn. *Hylocereus undatus*) encontrada por Moreira *et al.* (2016), sendo a ordem: N > K > Ca > S > P > Mg > Fe > Mn > Zn > B ≥ Cu, diferindo apenas na ordem dos micronutrientes para o genótipo LZC, sendo eles Zn, Mn, B, Cu e Fe. Já para o genótipo LC os macronutrientes P e Mg diferiram, assim como na ordem dos micronutrientes Zn, Mn, B, Cu e Fe.

Ao observar o acúmulo de nutrientes e de sódio na parte aérea dos genótipos (Tabela 8) também foram identificadas semelhanças para os macronutrientes e sódio, em que apenas a MPC diferiu na ordem de Mg e N.

Tabela 8 – Ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio na parte aérea dos genótipos de pitaya.

GENÓTIPO	ORDEM DECRESCENTE DE ACÚMULO DE NUTRIENTES E SÓDIO											
	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Mn	Fe	Zn	B	Cu
‘Âmbar do Cerrado’ (AC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Mn	Fe	Zn	B	Cu
‘Granada do Cerrado’ (GC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Mn	Zn	Fe	B	Cu
‘Pitaya vermelha do Pará’ (HC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Zn	Mn	Fe	B	Cu
‘Lua do Cerrado’ (LC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Zn	Fe	Mn	B	Cu
‘Luz do Cerrado’ (LZC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Fe	Zn	Mn	B	Cu
‘Minipitaya do Cerrado’ (MPC)	K	Ca	Mg	N	P	S	Na	Zn	Fe	Mn	B	Cu

Fonte: Autor. Ordem de acúmulo de nutrientes e sódio decresce da esquerda para direita na horizontal.

A ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio encontradas por Lima *et al.* (2019) foi: K > Ca > N > Mg = P > S > (Na) > Zn > Mn > Fe > B > Cu, para a parte aérea da espécie de pitaya de polpa vermelha (*Selenicereus* spp. syn. *Hylocereus* spp.). Essa ordem assemelha-se àquela encontrada no presente estudo (Tabela 8) para o genótipo HC, diferindo na ordem de Mn e Fe para o genótipo GC, ambas pitayas de polpa vermelha. Os autores concluíram que nos primeiros seis meses de cultivo, as plantas demandaram maiores quantidades de P, K e Ca na parte aérea (Lima *et al.*, 2019). Esses resultados diferem dos resultados encontrados para os genótipos GC e HC, em que os macronutrientes mais acumulados foram K, Ca e N, e os micronutrientes foram o Mn, Fe e Zn.

Para os genótipos LC e LZC, o acúmulo de nutrientes diferiu daquele encontrado por Moreira *et al.* (2016), cuja ordem na parte aérea da pitaya (*Selenicereus undatus* syn. *Hylocereus undatus*) foi: K > Ca > N > S > Mg > P > Mn > Fe > Zn > B ≥ Cu. Já os genótipos LC e LZC diferiram na ordem dos macronutrientes Mg, P, S e dos micronutrientes Zn, Mn e Fe (Tabela 8). As diferenças na idade do material avaliado pode ser um fator que contribuiu para

esses resultados, visto que Moreira *et al.* (2016), disponibilizaram essa ordem de acúmulo para plantas com mais de 220 dias após plantio (DAP), enquanto esse estudo usou plantas com 220 DAP.

O acúmulo de nutrientes ajuda no entendimento da marcha de absorção pelas plantas (Rozane *et al.*, 2013). Apesar do experimento ter avaliado as plantas apenas aos 220 dias, isso permite identificar como as plantas absorvem os nutrientes na fase inicial do desenvolvimento, contribuindo para entender as necessidades nutricionais e o desenvolvimento radicular. Além disso, entender esse processo pode ajudar a otimizar práticas de manejo da fertilidade, promovendo um crescimento adequado e uma maior produtividade.

Ao analisar a ordem de acúmulo na planta inteira também ficou evidenciado a diferença entre os genótipos e que apresentaram semelhanças na ordem de acúmulo total de nutrientes e de sódio (Tabela 9), principalmente relativos aos macronutrientes.

Tabela 9 – Ordem de acúmulo de nutrientes e de sódio nos genótipos de pitaya.

GENÓTIPO	ORDEM DECRESCENTE DE ACÚMULO DE NUTRIENTES											
‘Âmbar do Cerrado’ (AC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Fe	Mn	Zn	B	Cu
‘Granada do Cerrado’ (GC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Zn	Mn	B	Fe	Cu
‘Pitaya vermelha do Pará’ (HC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Zn	Mn	B	Fe	Cu
‘Lua do Cerrado’ (LC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Zn	Mn	B	Fe	Cu
‘Luz do Cerrado’ (LZC)	K	N	Ca	Mg	P	S	Na	Zn	Mn	B	Fe	Cu
‘Minipitaya do Cerrado’ (MPC)	K	Ca	N	Mg	P	S	Na	Zn	Mn	Fe	B	Cu

Fonte: Autor. Ordem de acúmulo de nutrientes e sódio decresce da esquerda para direita na horizontal.

Observaram-se diferenças na ordem de acúmulo dos macronutrientes somente para a genótipo ‘Luz do Cerrado’, que apresentou inversão na ordem de acúmulo de N e Ca. Em relação aos micronutrientes, os genótipos das espécies *H. undatus* (‘Lua do Cerrado’ e ‘Luz do Cerrado’), *H. costaricensis* (‘Pitaya vermelha do Pará’) e o híbrido entre essas duas espécies (‘Granada do Cerrado’) apresentaram a mesma ordem de acúmulo. Por sua vez, os genótipos das espécies *S. megalanthus* (‘Âmbar do Cerrado’) e *S. setaceus* (‘Minipiatya do Cerrado’) apresentaram algumas diferenças na ordem de acúmulo de micronutrientes para os demais genótipos e entre si, com relação ao Fe, Zn e B (Tabela 9).

O genótipo GC, que teve a maior produção total de massa de matéria seca, apresentou a mesma ordem de acúmulo total de nutrientes e de sódio que os genótipos HC e LC, com produção total de massa de matéria seca semelhante.

Os genótipos AC e MPC apresentaram a ordem de acúmulo semelhante e foram os genótipos com menor acúmulo de massa de matéria seca, 23,27 g/planta e 49,46 g/planta, respectivamente (Tabela 5). Porém mesmo com as menores produções de massa de matéria seca, a ordem de macronutrientes foi a mesma, diferindo apenas na ordem dos micronutrientes, com o Fe e o Zn para AC e o Fe e o B para MPC.

Ao analisar o contexto geral do acúmulo de nutrientes na planta, os principais macronutrientes acumulados foram K, Ca e N, que estão relacionados com o crescimento vegetativo, o aumento do volume celular e aos processos fisiológicos como a fotossíntese (Saldanha *et al.*, 2016), seguidos por Mg, P e S. Já para os micronutrientes, o Zn, Mn e B foram os mais acumulados, seguidos por Fe e Cu. Os micronutrientes Mn e Zn estão relacionados as capacidades das plantas para enfrentar estresses bióticos e abióticos, além de pragas e doenças (Kirkdy; Romheld, 2007; Saldanha *et al.*, 2016). O B atua principalmente na divisão celular, estando relacionado ao desenvolvimento de raízes (Kirkby; Romheld, 2007; Saldanha *et al.*, 2016).

O Na acumulado nos genótipos de pitaya, assemelhando-se ao acúmulo de S, sendo um indicador de como essas plantas lidam com a salinidade do solo ou com o ambiente em que estão cultivadas. O Na atua como elemento benéfico para algumas plantas e estudos sugerem uma função semelhante àquela do K, quando há carência deste (Saldanha *et al.*, 2016), sendo necessários mais estudos para comprovar sua atuação na fisiologia das pitayas.

Os genótipos LC e LZC apesar de serem da mesma espécie (*H. undatus*), diferem quanto à ordem de acúmulo de Ca e N, sendo o Ca mais acumulado pelas plantas de LC e o N teve maior conteúdo no LZC, mesmo possuindo produção de massa de matéria seca semelhantes (Tabela 5). Estes nutrientes estão correlacionados na planta, o Ca auxilia na absorção e transporte de nutrientes e o N atua na síntese de vitaminas, hormônios e coenzimas, sendo componente celular importante no metabolismo das plantas (Saldanha *et al.*, 2016).

6.3 Eficiência nutricional dos genótipos de pitaya

Os seis genótipos de pitaya apresentaram diferenças na eficiência de absorção (EA), na eficiência de transporte (ET) e na eficiência de utilização (EU) dos nutrientes (Tabela 10).

Tabela 10 – Eficiências de absorção, de transporte e de utilização de nutrientes e sódio dos genótipos de pitaya.

Genótipo	EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO = mg (macro) ou µg (micro) do nutriente acumulado na planta inteira ÷ g de massa seca das raízes											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
'Âmbar do Cerrado' (AC)	115,25 b	28,29 b	212,43 b	264,46 a	136,34 a	28,03 a	16,74 a	55,77 b	1224,52 b	1207,80 a	1321,65 a	346,35 a
'Granada do Cerrado' (GC)	93,46 b	22,07 b	189,37 b	96,70 c	37,96 c	12,04 b	6,26 c	51,00 b	611,71 c	395,51 b	393,32 b	196,20 b
'Pitaya vermelha do Pará' (HC)	158,04 a	65,14 a	355,27 a	313,68 a	97,16 b	19,73 b	10,11 b	93,35 a	1559,35 a	1077,73 a	953,89 a	425,79 a
'Lua do Cerrado' (LC)	92,31 b	21,39 b	223,55 b	114,12 c	50,16 c	16,40 b	11,42 b	57,26 b	785,59 c	537,95 b	411,98 b	209,58 b
'Luz do Cerrado' (LZC)	132,58 a	34,75 b	326,85 a	122,17 c	61,61 c	19,44 b	11,86 b	76,62 a	1051,21 c	414,20 b	396,62 b	266,09 b
'Minipitaya do Cerrado' (MPC)	81,61 b	22,04 b	253,65 b	189,34 b	83,35 b	12,74 b	8,28 c	65,25 b	808,73 c	687,40 b	549,45 b	251,62 b
CV(%)	32,17	52,58	29,87	29,58	34,76	34,11	25,89	28,01	23,88	45,80	42,16	32,74
EFICIÊNCIA DE TRANSPORTE = [mg (macro) ou µg (micro) na parte aérea ÷ mg (macro) ou µg (micro) na planta inteira] x 10												
Genótipo	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
'Âmbar do Cerrado' (AC)	91,04 a	96,80 a	96,52 a	99,05 a	98,85 a	93,69 a	96,26 a	88,18 a	66,43 a	95,23 a	97,76 a	97,64 a
'Granada do Cerrado' (GC)	87,71 a	95,69 a	94,66 b	96,05 b	97,48 b	89,15 b	94,85 b	87,04 a	62,03 a	93,37 a	94,50 b	96,37 b
'Pitaya vermelha do Pará' (HC)	91,73 a	97,62 a	97,03 a	98,49 a	98,60 a	94,27 a	97,59 a	92,21 a	73,80 a	96,24 a	97,58 a	98,15 a
'Lua do Cerrado' (LC)	83,94 b	94,46 a	94,97 b	95,03 b	97,77 b	89,60 b	97,35 a	85,88 a	58,38 a	93,55 a	93,56 b	94,61 b
'Luz do Cerrado' (LZC)	89,82 a	97,25 a	96,81 a	96,05 b	98,58 a	93,32 a	96,25 a	88,65 a	60,36 a	92,70 a	94,20 b	95,38 b
'Minipitaya do Cerrado' (MPC)	81,43 b	95,98 a	94,81 b	98,80 a	97,22 b	86,63 b	94,19 b	86,69 a	68,32 a	95,18 a	96,49 a	96,13 b
CV(%)	5,82	2,38	1,52	1,12	0,74	4,18	1,55	4,64	20,96	3,23	2,18	1,55
EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES = g de massa de matéria seca total ² ÷ [mg (macro) ou µg (micro) do elemento acumulado]												
Genótipo	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	B
'Âmbar do Cerrado' (AC)	2,60 d	16,97 c	1,36 c	1,90 d	3,66 d	21,08 c	26,02 d	5,33 c	0,29 c	0,48 d	0,39 d	0,87 d
'Granada do Cerrado' (GC)	15,03 a	70,23 a	7,50 a	14,41 a	32,14 a	147,10 a	226,89 a	28,00 a	1,86 a	3,33 a	3,59 a	7,91 a
'Pitaya vermelha do Pará' (HC)	9,80 b	32,15 c	3,81 b	6,60 c	17,55 c	70,93 b	159,81 b	15,48 b	1,71 a	1,59 c	1,79 c	2,98 c
'Lua do Cerrado' (LC)	11,23 b	47,38 b	4,52 b	9,70 b	16,88 c	70,92 b	95,94 c	17,76 b	1,28 b	2,22 b	2,63 b	5,09 b
'Luz do Cerrado' (LZC)	10,23 b	38,48 c	3,98 b	10,69 b	23,82 b	71,86 b	110,73 c	16,89 b	1,17 b	3,43 a	3,95 a	4,89 b
'Minipitaya do Cerrado' (MPC)	5,43 c	20,89 c	1,78 c	2,38 d	5,27 d	37,16 c	53,66 d	7,02 c	0,54 c	0,65 d	0,82 d	1,74 d
CV(%)	20,09	39,64	16,44	32,65	24,02	29,28	33,52	21,88	17,56	28,35	25,91	25,53

Fonte: Autor. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott.

6.3.1 Eficiência de absorção dos genótipos de pitaya

Os genótipos HC e LZC não diferiram estatisticamente quanto à eficiência de absorção dos nutrientes N, K, Fe e Cu, já os genótipos AC, GC, LC e MPC apresentaram entre si semelhança para a absorção dos mesmos nutrientes, com exceção do Fe para o genótipo GC que teve a menor eficiência de absorção (EA) para o elemento.

Para o K os genótipos HC e LZC apresentaram a maior eficiência de absorção. A maior parte do K é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo (Raij, 2017). Apesar de todos os genótipos estarem em fase de crescimento inicial apresentaram diferenças para a absorção do nutriente.

Para o P o genótipo HC apresentou a maior EA, seguido pelos demais genótipos, que não diferiram entre si. Para o Ca, os genótipos AC e HC apresentaram a maior EA. Para o Mg, o genótipo AC apresentou a maior EA, seguido pelos genótipos HC e MPC, que não diferiram entre si, e depois seguidas por GC, LC e LZC, os quais apresentaram as menores EA para a absorção do magnésio. Para o S o genótipo AC foi superior estatisticamente em relação aos demais genótipos e estas não apresentaram diferença estatística entre si. Para o Na, o genótipo AC apresentou a maior EA, seguido por HC, LC e LZC que não diferiram entre si, porém, GC e MPC apresentaram a menor EA para esse elemento.

No caso do micronutriente Fe, o genótipo HC apresentou maior eficiência em absorver esse elemento, seguidos por AC, enquanto os genótipos GC, LC, LZC e MPC apresentaram a menor EA em diferirem entre si. Já para o Zn, Mn e B os genótipos AC e HC apresentaram a maior EA, seguidas pelos demais genótipos que não diferiram entre si.

O genótipo HC foi o mais eficiente na absorção de nutrientes e de sódio, com exceção para o Mg, S e Na. O genótipo AC apresentou maior eficiência de absorção para Ca, Mg, S, Na, Zn, Mn e B, assemelhando-se estatisticamente o genótipo HC por serem os genótipos mais eficientes na absorção de nutrientes. O genótipo GC teve as menores eficiências de absorção, com destaque para o Ca, Mg, Na e Fe. Os genótipos GC e LZC tiveram a menor eficiência de absorção para Ca, Mg e Fe, com destaque para o genótipo MPC que também apresentou as menores absorções para Na e Fe.

Comparado aos demais genótipo, o LC foi menos eficiente na absorção de Ca, Mg e Fe. Para o genótipo LZC destacou-se a eficiência de absorção de N, K e Cu, mas teve menor eficiência de absorção para Ca e S. Já para o genótipo MPC assemelhou-se a absorção para N, P e K dos genótipos AC, GC e LC, para o Zn, Mn e B apresentou a mesma eficiência de absorção dos genótipos GC, LC e LZC.

Segundo Fageria (1998), um sistema radicular mais extenso promove maior exploração do volume do solo, aumentando a capacidade de absorver nutrientes. Mesmo o genótipo AC tendo produzido menor quantidade de massa de matéria seca nas raízes (Tabela 6), destacou-se na eficiência de absorção de nutrientes e sódio, assim como o genótipo HC, que por sua vez teve a segunda maior produção de massa de matéria seca nas raízes (Tabela 5).

Espécies e genótipos da mesma espécie podem apresentar diferenças na absorção e utilização de nutrientes para: N (Fageria; Barbosa Filho, 1982; Wuest; Cassman, 1992); P (Fageria; Barbosa Filho, 1981); K (Siddiqi *et al.*, 1987; Woodend *et al.*, 1987); Ca (Fageria, 1984) Mg (Fageria; Morais, 1987); Fe (Hughes *et al.*, 1992); e Zn (Clark, 1978).

Segundo Swiader *et al.* (1994), plantas com maior eficiência de absorção captam mais nutrientes no solo, independentemente da sua fertilidade. Aspectos internos, como a genética da planta, além de fatores externos, como pH do solo, temperatura, clima e interação com microrganismos do solo interferem na absorção de nutrientes pelas raízes das plantas (Clarkson, 1985; Rosolem; Husted, 2024).

Os macronutrientes K e Ca foram os mais absorvidos pelos genótipos, sendo o K relacionado a regulação da abertura estomática e transporte ativo de energia, função enzimática, enquanto o Ca com função estrutural para o crescimento e o desenvolvimento da planta (Saldanha *et al.*, 2016). De acordo com Cajazeira *et al.* (2018), o K vai influenciar no aumento do comprimento, diâmetro e espessura dos cladódios, além da qualidade dos frutos de pitaya.

Já os micronutrientes mais absorvidos pelos genótipos de pitaya foram Fe e Zn, com exceção do genótipo AC que absorveu mais Mn ao invés de Zn. Esses elementos têm funções de síntese proteica, respiração e transferência de energia, assim como síntese de enzimas e hormônios (Kirkby; Romheld, 2007; Saldanha *et al.*, 2016).

6.3.2 Eficiência de transporte pelos genótipos de pitaya

Os genótipos de pitaya apresentaram diferenças quanto à eficiência de transporte dos elementos (Tabela 10), porém não diferiram na eficiência de transporte para P, Cu, Fe e Zn, sendo iguais para todos os genótipos. O Fe tem mobilidade limitada dentro das células, sendo um elemento móvel no floema (Kirkby; Romheld, 2007). Maiores quantidades de N limitam a utilização de Cu pelas plantas, enquanto altas concentrações de N favorecem o crescimento vegetativo, diminuindo as concentrações de Cu e outros micronutrientes na planta (Kirkby; Romheld, 2007; Oliveira *et al.*, 2014a).

Para o N, os genótipos AC, GC, HC e LZC, foram mais eficientes quanto ao transporte desse nutriente, diferindo dos genótipos LC e MPC que foram estatisticamente iguais entre si. Já para K, Mg, S, Na, Cu, Fe e Zn a eficiência de transporte foi semelhante nos genótipos AC, HC e LZC, diferindo dos genótipos GC, LC e MPC que apresentaram a mesma ET entre si (Tabela 10). O genótipo LC apresentou ET para o Na iguais para os genótipos AC, HC e LZC. Para os nutrientes Ca e Mn os genótipos AC, HC e MPC foram semelhantes, diferindo entre os genótipos GC, LC e LZC. No caso do B, as genótipos AC e HC foram semelhantes na eficiência de transporte desse elemento, diferindo dos genótipos GC, LC, LZC e MPC que apresentaram semelhanças entre si.

Os genótipos apresentaram alta eficiência de transporte de nutrientes, especialmente de P, Cu, Fe e Zn com valores acima de 90%, ou seja, os genótipos transportam esses nutrientes de um local de absorção para um local de demanda de forma muito eficiente. Os genótipos HC e AC destacam-se no transporte de nutrientes, tendo valores superiores dentre os genótipos. Segundo Li *et al.* (1991), plantas com alta eficiência de transporte são mais eficientes na redistribuição dos nutrientes absorvidos pelas raízes, apresentam maior rapidez no transporte da área de absorção para uma área de demanda, maximizando posteriormente o uso do elemento absorvido.

O genótipo AC e HC, apesar de serem de espécies diferentes, foram os genótipos mais eficientes no transporte dos nutrientes e sódio (Tabela 10), apresentando as maiores eficiências de transporte (ET). O genótipo GC foi mais eficiente no transporte de N, P, Cu, Fe e Zn. Já para o genótipo LC foram o P, Cu, Fe, Zn e Na, enquanto para o genótipo LZC foram o N, P, K, Mg, S, Na, Cu, Fe e Zn. O genótipo MPC foi mais eficiente no transporte de P, Ca, Cu, Fe, Zn e Mn.

Segundo Kirkby; Romheld (2007), existem poucos estudos sobre processos de translocação e retranslocação de micronutrientes comparados aos estudos sobre absorção de nutrientes. A translocação das raízes para áreas de crescimento ocorre via xilema pela corrente transpiratória ou pressão radicular sem impedimentos significativos, sendo limitada pelo carregamento do floema e quelação da seiva do floema (Takahashi *et al.*, 2003; Kirkby; Romheld, 2007).

6.3.3 Eficiência de utilização pelos genótipos de pitaya

O genótipo GC apresentou a maior eficiência de utilização para todos os nutrientes e sódio, com exceção do Fe em que o genótipo HC também se assemelhou ao genótipo GC e o genótipo LZC se assemelhou na eficiência de utilização para os micronutrientes Zn e Mn.

Os genótipos MPC e AC foram semelhantes entre si, ambos apresentaram as menores eficiências de utilização para os nutrientes e para o sódio. Exceção para o N em que o genótipo AC teve a menor utilização entre todos e para o P, em que os genótipos AC, HC, LZC e MPC tiveram a menor utilização deste nutriente. Por serem espécies de pitaya com desenvolvimento inicial mais lento (Lone *et al.*, 2020), essas podem ter apresentado menor utilização dos nutrientes em relação as demais espécies de pitaya.

O resultado das eficiências de utilização dos nutrientes e sódio está coerente com seus os acúmulos nos genótipos de pitaya e na produção de massa de matéria seca. O genótipo GC foi aquele com maior produção de massa de matéria seca (Tabela 5) e de maior acúmulo de nutrientes e sódio (Tabela 6), já os genótipos AC e MPC que tiveram as menores produções de massa de matéria seca (Tabela 5) e com os menores acúmulos de nutrientes e de sódio (Tabela 6) tiveram as menores eficiências de utilização (EU) dentre os demais genótipos.

Sobre a eficiência de utilização de P, estudos (Amaral *et al.*, 2011) indicam que a utilização desse nutriente pode ser observada em algumas plantas, assim como foi observado nesta pesquisa, indicando que as raízes dos genótipos de pitaya tiveram eficiência na absorção desse elemento, mesmo nos genótipos AC e MPC com as menores produções de massa de matéria seca.

Os genótipos GC, LZC e LZC se destacaram na utilização de Cu, Zn, Mn e B entre os demais genótipos. Os micronutrientes Cu, Mn, Zn e B estão relacionados à fase reprodutiva das plantas (Kirkby; Romheld, 2007) e sua maior utilização pelos genótipos pode ser explicada pelos genótipos estarem se aproximando da fase reprodutiva aos 220 DAP, momento em foram retiradas para as análises nutricionais.

O Fe apesar de ter sido o micronutriente mais absorvidos para maioria dos genótipos de pitaya (Tabela 10), foi o micronutriente menos utilizados pelos genótipos, sua menor utilização pode ser explicada pelo seu transporte na planta, já que apresentou menor eficiência de transporte (ET) comparada aos demais nutrientes (Tabela 10). Para que ocorra a utilização do nutriente ele precisa ser transportado para uma área de demanda (Li *et al.*, 1991), indicando que há menor demanda deste nutriente nessa fase inicial de crescimento.

O Cu foi o micronutriente mais utilizado pelos genótipos. Por participar de inúmeros processos nas plantas, auxilia nos processos de distribuição de carboidratos, respiração e fotossíntese (Saldanha *et al.*, 2016), importantes processos no crescimento das plantas. O Zn e Mn foram os micronutrientes mais utilizados em seguidas ao Cu, sendo estes micronutrientes relacionados aos mecanismos de defesa dos estresses bióticos e abióticos das plantas (Kirkby; Romheld, 2007; Saldanha *et al.*, 2016).

O S foi o macronutriente mais utilizado pelos genótipos e o K o menos utilizado, o que justifica o menor acúmulo de S e o maior acúmulo de K nos genótipos, visto que se ao utilizar mais um nutriente menor será seu acúmulo. O S está associado à produção de cloroplastos, composto aminoácidos presentes nas proteínas, enquanto o K está associado com a regulação osmótica das plantas (Saldanha *et al.*, 2016).

Os genótipos de mesma espécie como LC e LZC apresentaram diferenças na utilização de P, Mg, Zn e Mn. A utilização de nutrientes pode variar entre espécies e, entre genótipos da mesma espécie para: N (Fageria; Barbosa Filho, 1982; Wuest; Cassman, 1992); P (Fageria, Barbosa Filho, 1981); K (Siddiqi *et al.*, 1987; Woodend; Glass; Person., 1987); Ca (Fageria, 1984b) Mg (Clark, 1982; Fageria; Morais, 1987); Fe (Hughes *et al.*, 1992); e Zn (Clark, 1978).

7 CONCLUSÕES

Os genótipos de pitaya apresentam diferenças significativas nas eficiências de absorção, de transporte e de utilização de nutrientes e sódio, assim como na produção de massa de matéria seca e acúmulo de nutriente entre as plantas e entre suas partes, indicando que essas características são fortemente dependentes do carácter genético.

O transporte de P, Cu, Fe e Zn ocorre de forma semelhante entre os genótipos, indicando que a variação genética não interfere no transporte desses nutrientes pelas plantas.

Essas conclusões sugerem que cada genótipo tem sua particularidade em termos de eficiência nutricional, e que a escolha do genótipo ideal depende das necessidades específicas de produção, seja em termos de absorção, de transporte ou de utilização dos nutrientes.

As diferenças nas eficiências e acúmulo de nutrientes dos genótipos indicam que o manejo nutricional das cultivares devem ser específicos para cada genótipo, contribuindo para programas de adubação mais direcionados para melhorias de produtividade em pomares de pitaya.

A escolha do genótipo deve considerar não só a eficiência nutricional das plantas, mas também sua adaptabilidade a região, assim como o valor do fruto comercializado. O genótipo Âmbar do Cerrado (*S. megalanthus*) apesar de possuir um dos menores valores de acúmulo de nutrientes e eficiência nutricional, apresenta maior valor de preço de venda dos frutos em relação as espécies *H. undatus* e *H. costaricensis*. Desta maneira, conhecer a nutrição e eficiência nutricional dos genótipos de pitaya auxilia o produtor e/ou profissionais da área na escolha de cultivares de pitaya.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CAJAZEIRA, J. P.; QUEIROZ, R. F.; BARROSO, M. M. A.; MARQUES, V. B. Cultivo de *Hylocereus* sp. com enfoque na propagação vegetativa, sombreamento e adubação mineral. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 65-76, 2016.
- ALMEIDA, M. M. M. **Doenças fúngicas em pitaia (*Hylocereus* sp.) no estado do Ceará**. 2018. 36 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- AMARAL, J. F. T.; MARTINEZ, H. E. P.; LAVIOLA, B. G.; FILHO, E. I. F.; CRUZ, C. D. Eficiência de utilização de nutrientes por genótipos de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 4, p. 621-629, 2011.
- ANDA. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**. 1d. São Paulo: ANDA, 2024.
- ANDRADE, A. R. S. D.; SILVA, E. G. D.; JADOSKI, S. O.; SILVA, J. D. D.; SILVA, E. T. D.; AMORIM, P. M. D. D.; JADOSKI, C. J.; PEREIRA, R.G. Necessidade hídrica para cultura da pitaya irrigada por gotejamento no município de São João/PE. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 1-22, 2023.
- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Plant nutrient efficiency: towards the second paradigm. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 183-204.
- BATISTA, A. C. **Coeficiente de cultivo da pitaya (*Hylocereus* sp.)**. 2022. 32 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agronômica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2022.
- CAJAZEIRA, J. P. CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; QUEIROZ, R.F.; MESQUITA, R. O. Growth and gas Exchange in White pitaya under different concentrations of potassium and calcium. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 1, p. 112-121, 2018.
- CLARK, R. B. Differential response of maize inbreds to Zn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, p. 1057-1060, 1978.
- CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Ilhéus. **Anais** [...]. Ilhéus: CEPLAC/BCS, 1985. p. 45-75.
- CLIMATE DATA. **Clima Fortaleza**: Brasil. 2024. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/ceara/fortaleza-2031>. Acesso em: 24 abril 2024.
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaya em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticaba, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2014.

COSTA, A. C. Comercialização e Custo de Produção da Pitaya. In: SANTOS, D. N.; PIO, L. A. S.; FALEIRO, F. G. **Pitaya: uma alternativa frutífera.** Brasília: Embrapa, 2022, p. 49-51.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011.

EMBRAPA CERRADO NEWS -Cientistas desenvolvem genótipos de pitaya geneticamente superiores. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/80740738/cientistas-desenvolvem-genótipos-de-pitaya-geneticamente-superiores#:~:text=que%20as%20demais,O%20cultivo%20da%20pitaya%20%C3%A9%20recente%20aqui%20e%20no%20mundo,o%20Vietn%C3%A3o%20e%20a%20China>. Acesso em: 17 outubro 2023.

EMBRAPA CERRADOS. Soluções para o campo – Pitaya BRS âmbar do Cerrado (AC). 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/10692/pitaya-brs-ac-brs-ambar-do-cerrado-casca-amarela-com-espinhos-e-polpa-branca>. Acesso em: 30 maio 2023a.

EMBRAPA CERRADOS. Soluções para o campo – Pitaya BRS Granada do Cerrado (GC). 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/10693/pitaya-brs-gc-granada-do-cerrado-casca-vermelha-e-polpa-roxa> Acesso em: 30 maio 2023b.

EMBRAPA CERRADOS. Soluções para o campo – Pitaya BRS Lua do Cerrado (LC). 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/10694/pitaya-brs-lclua-do-cerrado-casca-vermelha-e-polpa-branca>. Acesso em: 30 maio 2023c.

EMBRAPA CERRADOS. Soluções para o campo – Pitaya BRS Luz do Cerrado (LZC). 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/10695/pitaya-brs-lzcbrs-luz-do-cerrado-casca-vermelha-e-polpa-branca>. Acesso em: 30 maio 2023d.

EMBRAPA CERRADOS. Soluções para o campo – Pitaya BRS Minipitaya do Cerrado (MPC). 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/10697/pitaya-brs-mpcbrs-minipitaya-do-cerrado-casca-vermelha-com-espinhos-e-polpa-branca>. Acesso em: 30 maio 2023e.

EMBRAPA NEWS. Busca de notícias. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/80209283/embrapa-oferta-material-propagativo-das-primeiras-genótipos-de-pitayas-registradas-no-mapa>. Acesso em: 30 maio 2023a.

EMBRAPA NEWS. Prosa rural. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/80764546/prosa-rural-genótipos-de-pitaya-com-desempenho-comprovado-em-varias-regioes-do-brasil>. Acesso em: 30 maio 2023b.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998a.

FAGERIA, N. K. Resposta de genótipos de arroz a aplicação de calcário em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 7, p. 883-889, 1984.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. *Screening crop genotypes for mineral stresses. In:* Workshop On Adaptation of Plants to Soil Stresses, 1993. Lincoln. **Anais** [...]. Lincoln, Worksho: Nebraska, p. 142-159.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação preliminar de genótipos de arroz irrigado para maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 12, p. 1709-1712, 1982.

FAGERIA, N. K.; MORAIS, O. P. Avaliação de genótipos de arroz na utilização de cálcio e magnésio em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 7, p. 667-672, 1987.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Avaliação de cultivares de arroz para maior eficiência na absorção de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n.6, p.777-782, 1981.

FALEIRO, F. G. **Anuário Campo & Negócio Hortifrutícola**: Pitaya a fruta que está conquistando o Brasil. Brasília: ANUÁRIO HF, v. 11, p. 97-99, 2022.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Espécies, Variedades e Genótipos. *In:* SANTOS, D. N.; PIO, L. A. S.; FALEIRO, F. G. **Pitaya: uma alternativa frutífera**. 1 ed., Brasília: Embrapa Cerrados, 2022, p. 9-15.

FALEIRO, F. G.; OLIVEIRA, J. SILVA.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Aplicação de descritores morfoagronômicos utilizados em ensaios de DHE de genótipos de pitayas: Manual prático**. 1 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2021.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 14 ed. Piracicaba: Nobel, 2000.

GONÇALVES, A. F. M.; PINTO, S. I. C.; CORRÊA, R. M. Crescimento inicial da pitaya (*Hylocereus undatus*) em função da adubação com NPK. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 11, n. 4, p. 165-173, 2019.

GOOGLE EARTH. **Área experimental de pitaya – Campus do Pici - UFC**. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/3%c2%b0%2044%2724.5%22S+38%c2%b0%2034%2730.8%22W/@-3.74027939,-38.575218,12.46439317a,128.85324457d,35y,-0h,0t,0r/data=CigiJgokCbRA_tc0rAfAEUKXgoXBoHAGRkLeKVR7ULAIUFr99a6xEPAOgMKATA. Acesso em: 16 outubro 2023.

HUGHES, D. F.; JOLLEY, V. D.; BROWN, J. C. Role of potassium in the iron-stress response mechanism of iron-efficient oat. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 830-835, 1992.

IBGE. SI DRA – Censo agropecuário 2017 – Tabela 6955, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 17 março 2024.

INOKUTI, E. M.; SARAIVA, J. L. R.; SILVA, D. E. M.; CORRÊA, M. C. M.; LIMA, C. S. First report of stem gray blight on *Hylocereus megalanthus* and *Hylocereus polyrhizus* caused by *Diaporthe arecae* in Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 108, n. 3, p. 806, 2024.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações Preliminares sobre a Espécie de Pitaya do Cerrado**. 1 ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. **Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility**. Norcross: International Plant Nutrition Institute (Encarte Técnico Informações Agronômicas), n. 118, 2007.

KÖPPEN, W. Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, v. 64, p. 193-203, 1918

KOROTKOVA, N.; BORSCH, T.; ARIA S, S. A phylogenetic framework for the Hylocereeae (Cactaceae) and implications for the circumscription of the genera. **Phytotaxa**, Auckland, v. 327, n. 1, p. 1-46, 2017.

LÉDO, A. A.; DONATO, S. L. R.; ASPIAZU, I.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R.; CARVALHO, A. J. Nutrient concentration and nutritional efficiency in 'Gigante' cactus pear submitted to different spacings and fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 3, p. 154-161, 2020.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição de coleta de solo em campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

LI, B.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.

LIMA, D. C.; MENDES, N.V. B.; CORRÊA, M. C. M., QUEIROZ, R. F.; NATALE, W. Crescimento e acúmulo de nutrientes na parte aérea da pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 5, p. 1-11, 2019.

LIMA, D.C.; MENDES, N. V. B.; DIÓGENES, M.F. S.; CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W.; TANIGUCHI, C. A.K. Crescimento inicial e acúmulo de nutrientes em plantas de pitaia em diferentes períodos fenológicos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 3, p. 720-727, 2021.

LONE, A.B.; BELTRAME, A.B.; SILVA, D.A.; GUIMARÃES, G.G.F.; HARO, M.M.; MARTINS, R.S. **Cultivo de Pitaia**. Florianópolis: Epagri Boletim Técnico n. 196, 2020.

MACHADO, F. G. A. **Densidades de plantio e ciclos de cultivo na produção e qualidade de frutos e fenologia reprodutiva da pitaia vermelha**, 2019. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic, 1995.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Solos, 2009.

MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, J. Acúmulo de nutrientes no crescimento inicial de pitaia em função da adubação fosfatada, Goiânia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 230-237, 2016.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; MARQUES, V. B. **Boletim Técnico - Cultivo da Pitaia**: Implantação. n. 92, p. 1-16, Lavras, 2012.

MUSEU NACIONAL. *Hylocereus undatus*: Horto botânico. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <<https://museunacional.ufrj.br/hortobotanico/epifitas/Hylocereus.html#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20morfol%C3%B3gicas%3A%20Pode%20ser%20ep%C3%ADfita,%C3%A9%20triangular%20apresentando%203%20costelas.>>. Acesso em: 25 abril de 2024.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Fruit development and ripening in yellow pitaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.123, n. 4, p. 560-562, 1998.

NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B.; LUCENA, C. M.; SILVA, S. M.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, Paraíba, v. 8, n.1, p. 90-98, 2014.

OLIVEIRA, B. S.; AMBROSINI, V. G.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 12, p. 2164-2170, 2014a.

OLIVEIRA, M. M. T.; MACHADO, F. G. A.; PENHA, D. M.; PINHO, M. M.; NATALE, W.; MIRANDA, M. R. A.; MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; CORRÊA, M. C. M. Shade improves growth, photosynthetic performance, production and postharvest quality in red pitahaya (*Hylocereus costaricensis*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 286, p. 1-10, 2021b.

ORTIZ-HERNANDEZ, Y. D.; CARRILLO - SALAZAR, J. A. Pitaia (*Hylocereus* spp.): uma revisão. **Comunicata Scientiae**, Ponta Grossa, v. 3, n. 4, p. 220-237, 2012.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, A. T. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Science**, Göttingen, v. 11, n. 5, p.1633-1644, 2007.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**, 2 ed. Piracicaba: IPNI, 2017.

RAVEH, E.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cactito different degrees of shade. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.73, p.151-164,1998.

REIS, L. A. C.; CRUZ, M. C. M.; SILVA, E. B.; RABELO, J. M. FIALHO, C. M. T. Effects of liming on the growth and nutrient concentrations of pitaya species in acidic soils. **Australian Journal of Crop Science (Online)**, Brisbane, v. 11, p. 1756-1763, 2020.

ROSOLEM, C. A; HUSTED, S. Nutrient use efficiency: science to field practice. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 496, p. 1-6, 2024.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; FRANCO, C. F.; NATALE, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em soluções nutritivas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1020-1026., 2007.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W. ROMUALDO, L. M.; FRANCO, C. F. Caracterização biométrica e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira cultivada em solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 426-436, 2013.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; FRANCO, C. F. Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em hipobiotos de caramboleiras, cultivados em diferentes soluções nutritivas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 366-372, 2011.

R-STUDIO. **O Projeto R para Computação Estatística**. The R Foundation, 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 19 novembro 2024.

SALDANHA, C. B.; EMRICH, E. B.; NEGRÃO, E. N. M.; CASTIONI, G. A. F. Exigências nutricionais, funções dos nutrientes e dos elementos benéficos. In: SALDANHA, C. B.; EMRICH, E. B.; NEGRÃO, E. N. M.; CASTIONI, G. A. F. **Ciência do Solo: Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas**, Viçosa: UFV, 2016. p. 1-48.

SANTANA, F. M. S. **Adubação nitrogenada e potássica no cultivo irrigado de pitaia vermelha (*Hylocereus sp.*), sob condições tropicais**. 2019. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia/fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SANTOS, D. N.; MÜLLER, D. H.; PROCÓPIO, W.; SILVA, W. M. Sistema de Produção de Pitaya. In: SANTOS, D. N.; PIO, L. A. S.; FALEIRO, F. G. **Pitaya: uma alternativa frutífera**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2022, p. 17-46.

SANTOS, D. N.; PIO, L. A. S.; FALEIRO, F. G. **Pitaya: uma alternativa frutífera**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2022.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, p. 289-302, 1981.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M.; HSIAO, A. I.; NINJAS, A. N. Genetic differences among wild oat lines in potassium uptake and growth in relation to potassium supply. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 99, p. 93-106, 1987.

SILVA, A. C. C.; CAVALLARI, L. L.; SABIÃO, R. R.; MARTINS, A. B. G.; Fenologia reprodutiva da pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 585-590, 2015a.

- SILVA, K. G.; FERREIRA, M. L.; JOEYS, T.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A. R. Nitrogen use efficiency as a tool to evaluate the development of ornamental cacti species. **Ornamental Horticulture**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 419-425, 2017b.
- SOSA, V.; GUEVARA, R.; GUTIÉRREZ-RODRÍGUEZ, B. E.; RUIZ-DOMÍNGUEZ, C. Optimal areas and climate change effects on dragon fruit cultivation in Mesoamerica. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 158, n. 6, p. 461-470, 2020.
- SOUZA, G. H. O.; APARECIDO, L. E. O.; MORAIS, J. R. S. C.; Potencial de Cultivo e Impactos das Mudanças Climáticas na Aptidão Edafoclimática da Pitaya (*H.undatus* e *S.megalanthus*) no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência Sociedade**, Paraná, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2022.
- SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 17, n. 10, p. 1687-1699, 1994.
- TAKAHASHI, M.; TEREDA, Y.; NAKAI, I.; NAKANISHI, H.; YOSHIMURA, E.; MORI, S.; NISHIZAWA, N. K. Role of nicotianamine in the intracellular delivery of metals and plant reproductive development. **The Plant Cell**, Rockville, v. 15, p. 1263-1280, 2003.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3 ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017.
- TOMAZ, M. A.; SILVA, S. R.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P. Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 885-892, 2003.
- WOODEND, J. J.; GLASS, A. D. M.; PERSON, C. O. Genetic variation under potassium stress. In: GABELMAN, H. W.; LAUGHMAN, B. C. **Genetic aspects of plantmineral nutrition**. New York: Springer, 1987. p. 381-391.
- WUEST, S. B.; CASSMAN, K. G. Fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated wheat. I. uptake efficiency of preplant versus late-season application. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, p. 682-688, 1992.
- ZAPPI, D.; AONA, L. Y. S.; TAYLOR, N. Cactaceae. In: MELHEM, T.S.; WANDERLEY, M. G. L.; MARTINS, S. E.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L.; SHEPHERD, G. J.; KIRIZAWA, M. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 5, p. 163-194, 2007.

APÊNDICE A – TEORES DE ELEMENTOS NA PARTE AÉREA DOS GENÓTIPOS DE PITAYA

TRAT	REPET	N	P	K	Ca g/kg	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn mg/kg	Mn	B
	
AC	R1	9,9	1,76	22,46	10,85	5,38	0,92	0,84	5	78	69	69	30
AC	R2	11,46	1,95	23,87	10,67	4,83	0,95	0,65	5	52	72	65	30
AC	R3	7,52	0,8	15,98	13,07	7,87	1,07	1,13	4	49	42	71	30
AC	R4	6,49	2,26	13,88	18,63	9,79	1,47	0,94	3	61	59	72	24
AC	R5	8,8	0,96	13,29	14,5	8,8	1,28	1,79	4	54	26	43	26
AC	R6	10,32	4,06	24,63	15,79	8,33	1,3	0,75	6	60	33	45	33
GC	R1	12,1	1,96	23,02	10,74	4,15	1,02	0,65	5	49	37	42	23
GC	R2	10,75	2,01	24,9	12,92	4,66	1,29	1,07	7	36	49	63	24
GC	R3	12,38	3,92	28,07	12,17	4,79	1,2	0,94	6	44	61	52	26
GC	R4	11,56	3,02	26,6	13,58	5,74	1,1	0,67	7	73	52	51	26
GC	R5	10,29	3,57	21,52	14,66	6,32	1,43	0,89	6	50	58	54	33
GC	R6	8,69	3,03	27,34	15,71	5,13	1,54	1,21	6	57	85	46	29
HC	R1	9,9	2,55	23,54	21,23	5,14	1,62	0,64	6	99	85	66	32
HC	R2	10,18	3,63	24,65	16,01	6,12	1,24	0,48	6	45	60	73	50
HC	R3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HC	R4	9,29	1,73	28,2	8,87	4,34	1,04	1,12	5	47	42	38	21
HC	R5	10,11	3,07	23,84	14,19	5,99	1,24	0,69	7	49	78	74	37
HC	R6	13,02	4,53	37,52	14,71	7,93	2,03	0,72	7	85	88	72	35
LC	R1	8,41	1,5	21,21	7,72	3,63	1,72	0,78	5	41	32	29	17
LC	R2	7,48	2,85	21,87	12,27	4,7	1,49	0,75	4	54	44	37	23
LC	R3	9,29	1,73	28,2	8,87	4,34	1,04	1,12	5	47	42	38	21
LC	R4	4,61	0,73	19,09	9,25	4,21	0,78	1,34	5	41	34	29	13
LC	R5	8,12	2,68	14,82	13,36	6,45	1,95	1,42	5	40	85	51	21
LC	R6	9,79	3,69	24,03	12,69	6,32	2,07	1,06	7	61	83	43	16
LZC	R1	12,1	3,06	25,44	9,87	5,55	1,9	0,97	5	71	32	40	19
LZC	R2	10,64	2,46	27,5	9,33	4,45	1,87	0,86	6	46	34	29	21
LZC	R3	8,44	2,92	29,81	12,84	6,6	1,1	1,04	5	41	30	34	29
LZC	R4	9,05	2,62	27,51	7,7	4,28	1,29	0,94	6	47	24	26	21
LZC	R5	9,19	3,08	22,99	10,74	4,61	1,37	0,99	7	54	46	25	18
LZC	R6	7,77	2,3	26,08	9,57	5,23	2,29	1,09	5	57	40	37	16
MPC	R1	6,7	2,94	35,13	19,65	7,91	1,82	0,88	8	88	75	56	28
MPC	R2	7,84	2,38	26,37	26,77	12,69	1,13	1,01	6	53	90	56	33
MPC	R3	9,54	2,21	29,94	19,66	8,93	1,09	0,88	6	67	76	92	31
MPC	R4	10,25	2,87	27,23	27,05	10,73	1,47	1,08	8	63	87	71	30
MPC	R5	7,77	2,67	32,14	24,73	11,89	1,29	1,06	7	73	85	61	32
MPC	R6	9,65	0,98	27,41	18,55	7,85	0,99	1,00	5	47	96	55	16

APÊNDICE B – TEORES DE ELEMENTOS NAS RAÍZES DOS GENÓTIPOS DE PITAYA

TRAT	REPET	N	P	K	Ca g/kg	Mg	S	Na	Cu	Fe	Zn mg/kg	Mn	B
												
AC	R1	9,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AC	R2	6,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AC	R3	13,8	0,81	11,48	2,23	1,38	1,25	0,59	10	479	30	16	9
AC	R4	13,59	0,79	10,64	1,81	1,67	0,68	0,68	9	462	39	27	9
AC	R5	14,79	0,93	14,26	1,98	2,5	1,4	0,85	7	515	29	21	12
AC	R6	15,57	1,35	18,15	1,89	3,05	1,92	0,44	9	582	37	21	12
GC	R1	10,89	0,89	8,96	3,17	0,93	1,19	0,33	7	450	33	32	7
GC	R2	13,94	0,73	10,01	8,23	0,91	1,02	0,3	6	115	22	19	7
GC	R3	11,56	0,87	10,29	3,73	0,9	0,99	0,37	6	106	26	17	7
GC	R4	10,18	0,73	9,72	3,41	0,9	0,75	0,3	7	240	21	22	6
GC	R5	8,76	0,94	9,38	4,91	0,84	1,13	0,28	6	279	19	14	7
GC	R6	8,66	0,8	8,94	4,57	0,9	0,94	0,23	7	416	40	19	5
HC	R1	14,05	1,04	13,27	4,36	1,28	1,07	0,18	8	492	65	30	9
HC	R2	12,98	1,12	12,06	4,28	1,2	1,33	0,24	7	275	39	21	9
HC	R3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HC	R4	13,23	1,11	12,32	4,04	1,5	1,51	0,3	10	546	47	27	12
HC	R5	15,57	1,13	14,73	2,91	1,43	1,27	0,29	8	128	31	19	7
HC	R6	13,23	1,57	16,12	3,94	1,71	1,65	0,33	9	526	37	24	11
LC	R1	13,91	1,14	12,03	5,15	1,1	1,71	0,35	9	391	34	20	13
LC	R2	15,64	0,92	10,43	8,23	1,03	1,85	0,18	7	248	31	28	17
LC	R3	13,44	0,9	10,67	4,07	0,9	1,5	0,31	8	316	27	20	10
LC	R4	14,69	0,73	11,55	4,92	1,03	1,18	0,34	8	407	24	27	7
LC	R5	11,67	0,79	10,39	4,26	1,13	1,15	0,19	8	262	30	30	8
LC	R6	13,91	0,84	10,14	6,27	1,02	1,35	0,25	8	327	39	30	16
LZC	R1	15,71	1,05	11,71	3,73	0,78	1,63	0,36	9	467	36	24	14
LZC	R2	11,92	0,81	10,07	4,53	0,9	0,94	0,53	11	360	44	28	10
LZC	R3	9,51	0,67	7,36	4,1	0,6	0,76	0,19	5	195	12	10	8
LZC	R4	13,05	0,92	9,87	2,42	0,98	1,34	0,47	10	685	23	24	18
LZC	R5	13,55	1,1	10,32	6,01	0,71	1,45	0,5	8	357	36	18	10
LZC	R6	10,82	0,8	7,91	7,42	0,75	1,21	0,22	6	584	24	20	9
MPC	R1	16,1	0,73	11,49	1,73	1,89	1,39	0,36	8	117	31	20	6
MPC	R2	13,09	0,72	11,81	2,61	2,23	1,38	0,62	7	127	26	14	9
MPC	R3	18,34	1,01	14,6	2,07	2,97	2,08	0,31	8	290	35	19	12
MPC	R4	11,56	0,75	10,9	2,25	1,76	1,24	0,72	9	306	44	21	9
MPC	R5	12,56	0,74	11,98	1,98	1,96	1,29	0,37	8	416	26	18	10
MPC	R6	18,23	0,94	14,11	2,04	2,43	1,69	0,39	10	514	48	27	11