

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Deilson de Almeida Alves

CALAGEM, FERTILIZAÇÃO E POLINIZAÇÃO NO CULTIVO DE PITAIA

2023

Deilson de Almeida Alves

CALAGEM, FERTILIZAÇÃO E POLINIZAÇÃO NO CULTIVO DE PITAIA

Tese apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria do Céu Monteiro Cruz
Coorientador: Prof. Dr. Enilson de Barros Silva

**Diamantina
Minas Gerais - Brasil**

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

A474c Alves, Deilson de Almeida
2023 Calagem, fertilização e polinização no cultivo de pitaia
[manuscrito] / Deilson de Almeida Alves. -- Diamantina, 2023.
69 p.

Orientador: Prof. Maria do Céu Monteiro Cruz.
Coorientador: Prof. Enilson de Barros Silva.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) -- Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-
Graduação em Produção Vegetal, Diamantina, 2023.

1. *Hylocereus polyrhizus*. 2. *Selenicereus undatus*. 3.
exportação de nutrientes. 4. produção. 5. rentabilidade. I.
Cruz, Maria do Céu Monteiro. II. Silva, Enilson de Barros.
III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri. IV. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRVJM com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB6-
2886
e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFRVJM

Deilson de Almeida Alves

CALAGEM, FERTILIZAÇÃO E POLINIZAÇÃO NO CULTIVO DE PITAIA

Tese apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora: Profa. Dra. Maria do Céu Monteiro Cruz
Coorientador: Prof. Dr. Enilson de Barros Silva

Data de aprovação: 20/01/2023

Documento assinado digitalmente
 CINTIA MARIA TEIXEIRA FIALHO
Data: 20/01/2023 16:35:25-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof^a. Dr^a. Cíntia Maria Teixeira Fialho - UTFPR

Documento assinado digitalmente
 JOSE CARLOS MORAES RUFINI
Data: 24/01/2023 13:38:56-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini - UFSJ

Documento assinado digitalmente
 PAULO HENRIQUE GRAZZIOTTI
Data: 23/01/2023 22:23:31-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 MARIA DO CEU MONTEIRO DA CRUZ
Data: 25/01/2023 10:53:15-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof^a. Dr^a. Maria do Céu Monteiro Cruz - UFVJM
Orientadora

**Diamantina
Minas Gerais - Brasil**

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

E à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela infraestrutura disponibilizada para a realização do projeto de pesquisa.

RESUMO

ALVES, D. A. **CALAGEM, FERTILIZAÇÃO E POLINIZAÇÃO NO CULTIVO DE PITAIA**. 2023. 69 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2023.

Informações relacionadas à calagem, fertilização e polinização no cultivo de espécies de pitaias contribuem para o aumento da produtividade, da qualidade das frutas e da rentabilidade dos pomares. Assim, este trabalho foi desenvolvido para contribuir com essas informações, que são relevantes para os produtores e pesquisadores e os resultados da pesquisa apresentados em três artigos científicos. No primeiro artigo, o objetivo foi avaliar a calagem e a fertilização NPK na produtividade, os teores de P, K, Ca e Mg no solo e de N, P e K nos cladódios de *Hylocereus polyrhizus*, em duas safras consecutivas. No primeiro ciclo de produção o incremento foi de 312% e, no segundo ciclo, de 185% na produtividade, com calagem e fertilizações de 303 e 166 kg ha⁻¹ de N, 106 e 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 237 e 175 kg ha⁻¹ de K₂O, alcançando produtividade de 10,8 e 16,1 Mg ha⁻¹. Com o manejo da calagem e fertilizações NPK foi possível a correção de pH do solo (6,5), elevação da saturação por bases a 65%, o requerimento de Ca e Mg para 3,1 cmol_c dm⁻³ e aumentar os teores de P para 64 a 165 mg dm⁻³ e de K para 646 a 623 mg dm⁻³, no solo e para 10 a 12 g kg⁻¹ o N, 1,32 a 2,35 g kg⁻¹ o P e 40 a 52 g kg⁻¹ o K, nos cladódios. A realização de calagem em solos ácidos adéqua as características químicas do solo para o cultivo de espécies de pitaias. A fertilização NPK em solo com baixos teores de nutrientes e matéria orgânica aumenta a produtividade de pomar de pitaias. No segundo artigo, o objetivo foi avaliar a exportação de nutrientes e a qualidade das frutas de *H. polyrhizus* em função da fertilização NPK e da calagem no solo. As quantidades de nutrientes exportados por tonelada de frutas de *H. polyrhizus* foram: de K, 12,65 kg; de N, 3,24 kg; de Ca, 1,53 kg; de P, 0,54 kg; de Mg, 0,33 kg; de Mn, 166,0 g; de Fe, 12,67 g e de Zn 3,49 g, com a realização de calagem no solo. A ordem de exportação de nutrientes pelas pitaias difere na casca e polpa, sendo, na casca, K>N>Ca>Mn>P>Mg>Fe>Zn e, na polpa, K>N>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn. A calagem aumenta a quantidade de nutrientes exportados para as frutas, principalmente Ca, P e Mg na casca. A fertilização com K₂O melhora a qualidade das frutas nos pomares de pitaias. A calagem e a fertilização NPK devem ser realizadas no cultivo de pitaias para adequar os teores de nutrientes no solo visando repor os nutrientes exportados pelas colheitas das frutas. No terceiro artigo, o objetivo foi comparar a rentabilidade do pomar de pitaias com o manejo da polinização cruzada manual e a polinização natural em espécies autocompatíveis e autoincompatíveis. O manejo da polinização cruzada manual no pomar de pitaias incrementou a produtividade em mais de 150%, desde o primeiro ciclo de produção. A polinização cruzada manual possibilitou o retorno do capital investido em 1,0 hectare de pitaias, no segundo ciclo produtivo do pomar, com rentabilidade de 76%. Com a polinização natural, o retorno do investimento inicial ocorreu no terceiro ciclo produtivo, com rentabilidade de 72%. A rentabilidade do pomar de pitaias é maior com a polinização cruzada manual em espécies autocompatíveis e autoincompatíveis em relação à polinização natural. O cultivo de espécies de pitaias em áreas que apresentam solo ácido e baixos teores de nutrientes, é necessário o manejo da calagem, aliado a fertilização adequada com NPK, para a produção de pitaias com qualidade comercial e o aumento de produtividade dos pomares. Espécies de pitaias autocompatíveis e autoincompatíveis alcançam maior produtividade quando polinizadas manualmente e, mesmo que o custo de produção seja maior com esse manejo, a rentabilidade é maior em relação a pomares com polinização natural, devido a produção de frutas com maior tamanho e uniformidade, além de mais frutas por planta.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*, *Selenicereus undatus*, fruta do dragão, exportação de nutrientes, produção, rentabilidade.

ABSTRACT

ALVES, D. A. **LIMING, FERTILIZATION AND POLLINATION IN PITAYA CULTIVATION**. 2023. 69 p. Thesis (Doctorate in Plant Science) - Federal University of Jequitinhonha and Mucuri Valleys, Diamantina, 2023.

Information related to liming, fertilization and pollination in the cultivation of pitaya species contributes to increasing productivity, fruit quality and orchard profitability. Thus, this work was developed to contribute with this information, which is relevant to producers and researchers and the research results presented in three scientific articles. In the first article, the objective was to evaluate liming and NPK fertilization on productivity, P, K Ca and Mg contents in the soil and N, P and K in the cladodes of *Hylocereus polyrhizus*, in two consecutive harvests. In the first production cycle, the increase was 312% and, in the second cycle, 185% in productivity, with liming and fertilizations of 303 and 166 kg ha⁻¹ of N, 106 and 96 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 237 and 175 kg ha⁻¹ of K₂O, reaching productivity of 10.8 and 16.1 Mg ha⁻¹. With liming management and NPK fertilization it was possible to correct the soil pH (6.5), increase the base saturation to 65%, the Ca and Mg requirement to 3.1 cmol_c dm⁻³ and increase the contents of P for 64 to 165 mg dm⁻³ and K for 646 to 623 mg dm⁻³, in the soil and for 10 to 12 g kg⁻¹ N; 1.32 to 2.35g kg⁻¹ P and 40 to 52 g kg⁻¹ K, in cladodes. The performance of liming in acid soils adjusts the chemical characteristics of the soil for the cultivation of pitaya species. NPK fertilization in soil with low contents of nutrients and organic matter increases the productivity of pitaya orchard. In the second article, the objective was to evaluate the nutrient export and fruit quality of *H. polyrhizus* as a function of NPK fertilization and liming in the soil. The amounts of nutrients exported per ton of *H. polyrhizus* fruits were: from K, 12.65 kg; of N, 3.24 kg; of Ca, 1.53 kg; of P, 0.54 kg; of Mg, 0.33 kg; of Mn, 166.0 g; of Fe, 12.67 g and of Zn, 3.49 g, with liming in the soil. The order of nutrients exported by pitaya differs in the peel and pulp, being K>N>Ca>Mn>P>Mg>Fe>Zn in the peel and K>N>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn in the pulp. Liming increases the amount of nutrients exported to fruits, mainly Ca, P and Mg in the peel. K₂O fertilization improves fruit quality in pitaya orchards. Liming and NPK fertilization should be carried out in pitaya cultivation to adjust the nutrient contents in the soil in order to replace the nutrients exported by fruit harvests. In the third article, the objective was to compare the profitability of the pitaya orchard with the management of manual cross-pollination and natural pollination in self-compatible and self-incompatible species. The management of manual cross-pollination in the pitaya orchard increased productivity by more than 150%, from the first production cycle. Manual cross-pollination made it possible to return the capital invested in 1.0 hectare of pitaya, in the second production cycle of the orchard, with a return of 76%. With natural pollination, the return on the initial investment occurred in the third production cycle, with a return of 72%. The profitability of the pitaya orchard is higher with manual cross-pollination in self-compatible and self-incompatible species compared to natural pollination. The cultivation of pitaya species in areas with acidic soil and low contents of nutrients requires liming management, combined with adequate fertilization with NPK, to produce pitayas with commercial quality and increase productivity in orchards. Self-compatible and self-incompatible pitaya species achieve greater productivity when pollinated manually and, even if the production cost is higher with this management, the profitability is higher in relation to orchards with natural pollination, due to the production of fruits with greater size and uniformity, in addition to of more fruits per plant.

Keywords: *Hylocereus polyrhizus*, *Selenicereus undatus*, dragon fruit, nutrient export, production, profitability.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	4
ARTIGO CIENTÍFICO 1 - AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E TEORES DE NUTRIENTES NO CULTIVO DE PITAIA COM CALAGEM E FERTILIZAÇÃO NPK	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
CONCLUSÕES	24
AGRADECIMENTOS	25
REFERÊNCIAS	26
ARTIGO CIENTÍFICO 2 - EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES E QUALIDADE DE PITAIA EM POMAR COM CALAGEM E FERTILIZAÇÃO NPK	29
RESUMO	30
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
CONCLUSÕES	43
AGRADECIMENTOS	44
REFERÊNCIAS	45
ARTIGO CIENTÍFICO 3 - POLINIZAÇÃO CRUZADA MANUAL NA RENTABILIDADE DE POMAR DE PITAIA COM ESPÉCIES AUTOCOMPATÍVEIS E AUTOINCOMPATÍVEIS	48
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1 INTRODUÇÃO	51
2 MATERIAL E MÉTODOS	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
CONCLUSÕES	63
AGRADECIMENTOS	64
REFERÊNCIAS	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
APÊNDICE	69

1 INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da área cultivada com espécies de pitaita tem impulsionado cada vez mais a procura por informações técnicas para a implantação e o manejo dos pomares. Entre as práticas de manejo essenciais, a correção da acidez do solo, a calagem, a fertilização mineral e a polinização foram pouco estudadas para o cultivo das espécies de pitaita.

No Brasil, a maioria dos solos é ácido e pobre em nutrientes. Nas áreas agrícolas onde os solos são ácidos, a calagem é um processo essencial para precipitar o alumínio tóxico, elevar o pH para disponibilizar nutrientes essenciais e fornecer cálcio e magnésio para as plantas (RAIJ, 2011). Com relação ao cultivo da pitaita, trabalhos sobre calagem ainda são escassos, principalmente em condições de campo, embora sejam essenciais para a expansão de novas áreas de cultivo e aumento da produtividade, pois permitirão a adequada correção da acidez do solo.

A acidez do solo interfere no crescimento das espécies de pitaita e a calagem é uma prática fundamental que deve ser realizada no cultivo em solos ácidos para elevar o pH e a saturação por bases, reduzir a saturação de alumínio e adequar as exigências de cálcio e magnésio (REIS *et al.*, 2020; VIEIRA *et al.*, 2022).

A calagem e a fertilização adequadas são importantes práticas de manejo nos pomares, uma vez que deixar de realiza-las afeta o desenvolvimento das plantas e a produção de frutas. Todas as plantas frutíferas necessitam de quantidades adequadas de nutrientes disponíveis no solo para alcançar elevadas produtividades.

No cultivo de espécies de pitaita, a determinação de quantidades adequadas de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) é importante para subsidiar sistemas de produção mais adequados para a exploração econômica (GONÇALVES; PINTO; CÔRREA, 2019). Entre os nutrientes, N, P e K são demandados e exportados em maior quantidade pelas espécies de pitaita (LIMA *et al.*, 2019; RABELO *et al.*, 2020b), contribuindo para o crescimento, a produção e a qualidade das frutas, além de manter os teores de nutrientes nos cladódios em valores adequados (MOREIRA *et al.*, 2016; FERNANDES *et al.*, 2018; RABELO *et al.*, 2020a, ALVES *et al.*, 2021a). Assim, definir as quantidades adequadas dos fertilizantes contribui para aumentar a eficiência do manejo dos pomares, promove ganhos de produtividade e reduz custos de produção por meio do uso racional e eficiente de insumos.

A fertilização com N em *Selenicereus megalanthus*, *Selenicereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus* tem aumentado a produtividade e o teor de nutrientes nos cladódios destas espécies sem comprometer a qualidade das frutas (ALVES *et al.*, 2021a). A

disponibilização de P no solo favorece a formação do sistema radicular nas fases iniciais e as frutas, durante a fase reprodutiva (CORRÊA *et al.*, 2014; MOREIRA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019; RABELO *et al.*, 2020b). A fertilização dos pomares com K, além de contribuir para o incremento de produção, melhora a composição química e a qualidade das frutas (FERNANDES *et al.*, 2018; RABELO *et al.*, 2020a).

Entre os macronutrientes, o K tem sido apontado, nos trabalhos iniciais, como o mais requerido pelas espécies de pitaia (LIMA *et al.*, 2019; RABELO *et al.*, 2020b). Informações relacionadas à ordem e às quantidades de nutrientes exportados na fase produtiva auxiliam o manejo da calagem e a fertilização nos pomares, visando repor os nutrientes minerais no solo e evitando a deficiência nas plantas e perdas de produtividade dos pomares.

A produtividade da pitaia pode ser afetada pelo menor crescimento das plantas e pelo déficit da frutificação, em função da deficiência nutricional. O manejo da calagem eleva a disponibilidade de cálcio no solo, importante para suprir a alta demanda durante a fase de florescimento e de formação das frutas, pois a disponibilização desse nutriente favorece a germinação dos grãos de pólen e o crescimento do tubo polínico, evitando o abortamento de flores após a polinização (SILVA; CRUZ; SALDANHA, 2022).

Além de solos ácidos e baixa fertilidade, um dos obstáculos no aumento da produtividade dos pomares de pitaia é a deficiência de polinização ou o baixo índice de frutificação. A taxa de frutificação natural de algumas espécies de pitaia é baixa devido à autoincompatibilidade de algumas espécies, a exemplo da *H. polyrhizus* (WEISS; NERD; MIZRAHI, 1994; LICHTENZVEIG *et al.*, 2000; SENA, 2022), ou à indisponibilidade de polinizadores, como morcegos, mariposas e abelhas (*Apis mellifera*) (VALIENTE- BANUET *et al.*; 2007; MUNIZ *et al.*, 2019), que causa déficit na polinização. O déficit de polinização biótica é um fator limitante na produção da espécie *H. polyrhizus* (MUNIZ *et al.*, 2019). Estes fatores indicam a necessidade de se estabelecer estratégias, como o plantio de clones diferentes no pomar e a adequação da paisagem do entorno, a fim de que ela se torne atrativa para os polinizadores (BARTHOLOMÉE *et al.*, 2020), e o manejo da polinização cruzada manual, visando maiores rendimentos do pomar (SUBANDI; MUSTARI; SETIAN, 2018).

Espécies de pitaia autoincompatíveis dependem da polinização cruzada para a formação das frutas e, mesmo que as espécies autocompatíveis sejam capazes de produzir sem a necessidade de cruzamento com outras espécies ou clones, a polinização realizada de forma manual tem sido apontada como uma prática de manejo capaz de aumentar o rendimento (ALVES *et al.*, 2021b; MOREIRA *et al.*, 2022). A polinização manual possibilita a produção de frutas de maiores tamanhos, característica importante para a comercialização das pitaias,

além de assegurar maior eficiência no número de flores polinizadas (GUIMARÃES *et al.*, 2022).

Diante disso, os produtores precisam ficar atentos para a necessidade de complementar a polinização de forma manual, pois, dependendo das condições climáticas e do tamanho do pomar, a presença de polinizadores pode ser insuficiente para se alcançar altas produtividades e frutas com tamanho comercial. A polinização manual tem efeito significativo na produção, pois é uma forma de aumentar o índice de frutificação e o tamanho das frutas. Contudo, representa maior investimento em mão de obra nos pomares de pitaia.

Nesse contexto, informações sobre calagem, fertilização mineral e polinização são essenciais para a tomada de decisão de produtores que buscam ampliar a área de cultivo e aumentar a produtividade a partir do planejamento estratégico de seu cultivo, nas diferentes regiões produtoras. Diante do exposto, trabalhos relacionados a estes temas no cultivo de pitaia são necessários, visando fornecer e subsidiar informações relevantes para a implantação e o manejo dos pomares, para a produção de frutas de qualidade e o aumento da produtividade e renda dos produtores.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D. A.; CRUZ, M. C. M.; LIMA, J. E.; SANTOS, N. C.; RABELO, J. M.; BARROSO, F. L. Productive potential and quality of pitaya with nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e01882, p. 1-10, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01882>.
- ALVES, D. A.; CRUZ, M. C. M.; SENA, C. G.; SANTOS, N. C.; LIMA, J. E.; LIMA, V. A. P.; SILVA, Í. J.; LIMA, A. F. A polinização manual aumenta a produtividade em pomares de pitaia. In: SEMANA DE INTEGRAÇÃO: ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 8., 2021. Diamantina. **Anais...** Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2021b.
- BARTHOLOMÉE, O.; AULLO, A.; BECQUET, J.; VANNIER, C.; LAVOREL, S. Pollinator presence in orchards depends on landscape-scale habitats more than in-field flower resources. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 293, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106806>.
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-297/13>.
- FERNANDES, D. R.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; RABELO, J. M.; OLIVEIRA, J. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e35290, p. 1-9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35290>.
- 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**, v. 11, n. 4, p. 165-173, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v11n420191370>.
- GUIMARÃES, A. G.; GIORDANI, S. C. O.; RECH, A. R.; COSTA, M. R. Biologia floral e polinização. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 70-91.
- LICHTENZVEIG, J.; ABBO, S.; NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Cytology and mating system in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. **American Journal of Botany**, v. 87, n. 7, p. 1058-1065, 2000. DOI: <https://doi.org/10.2307/2657005>.
- LIMA, D. C.; MENDES, N. V. B.; CORRÊA, M. C. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; QUEIROZ, R. F.; NATALE, W. Growth and nutrient accumulation in the aerial part of red pitaya (*Hylocereus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452019030>.
- MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, J. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 230-237, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4640813>.

MOREIRA, R. A.; RODRIGUES, M. A.; SOUZA, R. C.; SILVA, A. D.; SILVA, F. O. R.; LIMA, C. G.; PIO, L. A. S.; PASQUAL, M. Natural and artificial pollination of white-fleshed pitaya. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94 (suppl. 3), 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211200>.

MUNIZ, J. P. O.; BOMFIM, I. G. A.; CORRÊA, M. C. M.; FREITAS, B. M. Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 50, n. 4, p. 640-649, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190076>.

RABELO, J. M.; CRUZ, M. C. M.; SENA, C. G.; PANTOJA, L. A.; SANTOS, A. S.; REIS, L. A. C.; GUIMARÃES, A. G. Potassium fertilization in the quality improvement and centesimal composition of pitaya. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 9, p. 658-665, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i9.2146>.

RABELO, J. M.; CRUZ, M. C. M.; SANTOS, N. C.; ALVES, D. A.; LIMA, J. E.; SILVA, E. B. Increase of nutrients export and production of pitaya whit potassium fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3276, p. 1-8, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3276>.

RAIJ, B. V. Acidez e calagem. In: RAIJ, B. V. (Ed.) **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. p. 173-200.

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**, v. 14, n. 11, p. 1756-1763, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.11.p2509>.

SENA, C. G. **Biologia floral e polinização de espécies de pitaia**. 2022. 39 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Diamantina, 2022.

SILVA, E. B.; CRUZ, M. C. M.; SALDANHA, E. C. M. Calagem, adubação e nutrição das plantas. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 152-175.

SUBANDI, M.; MUSTARI, E.; SETIAN, A. The crossing effect of dragon fruit plant cultivars [*Hylocereus Sp.*] on yield. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 7, n. 2.29, p. 762-765, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.29.14252>.

VALIENTE-BANUET, A.; GALLY, R. S.; ARIZMENDI, M. C.; CASAS, A. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n. 1, p. 1-8, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.04.001>.

VIEIRA, I. G.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. M.; EVANGELISTA, F. L.; DINIZ, J. G. L.; TANIGUCHI, C. A. K.; NETO, A. J. L.; DIAS, C. T. S. Soil fertility, growth, nutrition and production of red pitaya subjected to liming. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 15, p. 2277-2291, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2063735>.

WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1487-1492, 1994. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.12.1487>.

ARTIGO CIENTÍFICO 1

AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E TEORES DE NUTRIENTES NO CULTIVO DE PITAIA COM CALAGEM E FERTILIZAÇÃO NPK

RESUMO

Informações relacionadas ao manejo da calagem e da fertilização mineral no cultivo das espécies de pitaia são importantes para se alcançar o potencial produtivo dos pomares. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a calagem e a fertilização NPK na produtividade, os teores de P, K, Ca e Mg no solo e de N, P e K nos cladódios de *Hylocereus polyrhizus*, em duas safras consecutivas. Dois experimentos foram realizados em condições de campo, com e sem a realização de calagem em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico que apresentava pH inicial de 5,5. Nos dois experimentos, os tratamentos foram as doses de NPK, dispostos em esquema fatorial fracionado $1/2(4 \times 4 \times 4)$, distribuídos no delineamento em blocos casualizados, com quatro blocos. Os fatores foram as doses de N: 13, 124, 235 e 347 kg ha⁻¹; de P₂O₅: 9, 64, 120 e 231 kg ha⁻¹ e de K₂O: 26, 138, 249 e 360 kg ha⁻¹, no primeiro e no segundo ciclo de produção. A realização de calagem em solos ácidos adéqua as características químicas do solo para o cultivo de espécies de pitaia. A fertilização NPK em solo com baixos teores de nutrientes e matéria orgânica aumentou a produtividade do pomar de *Hylocereus polyrhizus*. No primeiro ciclo de produção o incremento foi de 312% e, no segundo ciclo, de 185% na produtividade, com a realização de calagem para correção de pH do solo (6,5), elevação da saturação por bases a 65%, o requerimento de Ca e Mg para 3,1 cmol_c dm⁻³ e fertilizações de 303 e 166 kg ha⁻¹ de N, 106 e 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 237 e 175 kg ha⁻¹ de K₂O, alcançando produtividade de 10,8 e 16,1 Mg ha⁻¹. Com o manejo das fertilizações NPK foi possível elevar os teores de P para 64 a 165 mg dm⁻³ e de K para 646 a 623 mg dm⁻³ no solo e para 10 a 12 g kg⁻¹ o N, 1,32 a 2,35 g kg⁻¹ o P e 40 a 52 g kg⁻¹ o K nos cladódios.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*, fruta do dragão, nutrição mineral, produção.

INCREASED PRODUCTIVITY AND NUTRIENT CONTENTS IN PITAYA CULTIVATION WITH LIMING AND FERTILIZATION NPK

ABSTRACT

Information related to the management of liming and mineral fertilization in the cultivation of pitaya species are important to reach the productive potential of the orchards. This work was carried out with the objective of evaluating the liming and NPK fertilization on productivity, the contents of P, K, Ca and Mg in the soil and N, P and K in the cladodes of *Hylocereus polyrhizus*, in two consecutive harvests. Two experiments were carried out under field conditions, with and without liming, in soil classified as LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (Ferralsols), which had an initial pH of 5.5. In two experiments, the treatments were the doses of NPK, arranged in a $1/2(4 \times 4 \times 4)$ fractional factorial scheme, distributed in a randomized block design, with four blocks. The factors were N doses: 13, 124, 235 and 347 kg ha⁻¹; of P₂O₅: 9, 64, 120 and 231 kg ha⁻¹; and of K₂O: 26, 138, 249 and 360 kg ha⁻¹, in the first and second production cycles. The performance of liming in acid soils adjusts the chemical characteristics of the soil for the cultivation of pitaya species. NPK fertilization in soil with low contents of nutrients and organic matter increased the productivity of the *Hylocereus polyrhizus* orchard. In the first production cycle, the increase was 312% and, in the second cycle, 185% in productivity, with liming to correct the soil pH (6.5), raising the base saturation to 65%, the Ca and Mg requirement for 3.1 cmol_c dm⁻³ and fertilizations of 303 and 166 kg ha⁻¹ of N, 106 and 96 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 237 and 175 kg ha⁻¹ of K₂O, reaching productivity of 10.8 and 16.1 Mg ha⁻¹. With the management of NPK fertilizations it was possible to increase the P contents to 64 to 165 mg dm⁻³ and of K to 646 to 623 mg dm⁻³ in the soil and to 10 to 12 g kg⁻¹ the N, 1.32 to 2.35 g kg⁻¹ the P and 40 to 52 g kg⁻¹ the K in cladodes.

Keywords: *Hylocereus polyrhizus*, dragon fruit, mineral nutrition, yield.

1 INTRODUÇÃO

A disponibilização de nutrientes para as espécies frutíferas perenes é realizada a partir do manejo da calagem e da fertilização dos pomares. No entanto, para as espécies de pitaia as informações ainda são insuficientes.

No cultivo de espécies frutíferas em solos ácidos e pobres em nutrientes é imprescindível a realização da calagem. A acidez do solo é um dos fatores que interferem na produtividade das plantas (NATALE *et al.*, 2012) e a fertilização mineral é necessária nos pomares de pitaia, especialmente quando se buscam altas produtividades, entre 20 a 45 Mg ha⁻¹ (MIZRAHI, 2014).

Os solos brasileiros, em sua maioria, são ácidos, caracterizados por terem baixo pH, baixa saturação por bases e elevado teor de alumínio. Informações adequadas relacionadas à calagem e à fertilização nos pomares de pitaia são importantes para o aumento da produtividade da frutífera, pois permitirão a elevação do pH, a redução dos efeitos tóxicos do alumínio, o fornecimento de cálcio e magnésio no solo e o aumento da disponibilização de nutrientes (RAIJ, 2011). Com isso, a calagem é considerada uma prática de manejo essencial para se alcançar produtividades elevadas e deve ser iniciada na implantação dos pomares (SILVA; CRUZ; SALDANHA, 2022).

No planejamento dos pomares é fundamental fornecer quantidades adequadas de nutrientes no solo para alcançar produtividades economicamente viáveis. Informações incipientes sobre o manejo nutricional das plantas podem acarretar menor produção e maiores custos, além da produção de frutas de baixa qualidade e aceitação comercial (RABELO *et al.*, 2020a). Para calibrar o manejo da fertilização é importante avaliar os teores de nutrientes nas plantas, visando repor os nutrientes minerais no solo. De tal modo, há aumento da eficiência do manejo do pomar, além de atingir produtividades elevadas, com a aplicação racional de fertilizantes agrícolas (NATALE *et al.*, 2012).

Trabalhos iniciais no Brasil evidenciam resultados promissores na resposta da calagem e da fertilização mineral com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) sobre o crescimento, os teores de nutrientes, a produção e a melhoria da qualidade das pitaias (MOREIRA *et al.*, 2016; FERNANDES *et al.*, 2018; RABELO *et al.*, 2020a, 2020b; REIS *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2021).

Entre os macronutrientes, o K é o mais exportado e com os maiores teores nas espécies de pitaia (MOREIRA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019; RABELO *et al.*, 2020b). A fertilização potássica nos pomares de pitaia é fundamental para a melhor composição e

qualidade das frutas, aumentando a aceitação pelos consumidores devido ao sabor mais adocicado, além de contribuir para o incremento de produção (FERNANDES *et al.*, 2018; RABELO *et al.*, 2020a, 2020b).

O N aparece como o segundo nutriente com as maiores quantidades nas pitaias (MOREIRA *et al.*, 2016; RABELO *et al.*, 2020b; ALVES *et al.*, 2021), sendo utilizado para estimular a emissão de raízes e cladódios mais vigorosos que sustentarão a produção, por isso é muito importante para as plantas, principalmente na fase de crescimento vegetativo (LUDERS; MCMAHON, 2006).

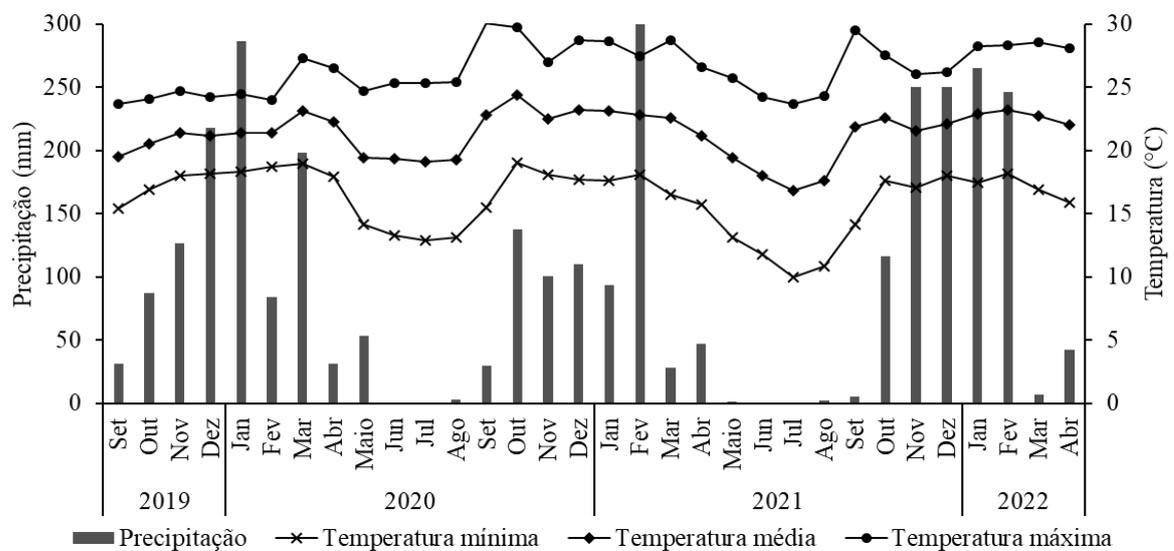
O P requer atenção no planejamento dos pomares, considerando que a maioria dos solos tropicais é caracterizada por apresentar baixos teores deste macronutriente. A disponibilidade adequada de P no solo favorece o desenvolvimento do sistema radicular, contribuindo para o rápido crescimento inicial e para a manutenção dos teores adequados de nutrientes nos cladódios das plantas de pitaia (CORRÊA *et al.*, 2014; MOREIRA *et al.*, 2016).

Os resultados divulgados da produtividade dos pomares de pitaia indicam que as espécies respondem satisfatoriamente ao manejo da fertilização do solo. Entretanto, há necessidade de mais trabalhos para avaliar o fornecimento dos nutrientes NPK, visando ampliar o conhecimento sobre o manejo da fertilização e possibilitar a tomada de decisão pelos produtores. A determinação de quantidades adequadas de NPK com a correção da acidez em condições de campo é relevante para a determinação das quantidades de nutrientes necessárias para se alcançar altas produtividades e a manutenção dos teores de nutrientes na planta e no solo para subsidiar sistemas de produção adequados para a exploração econômica dos pomares de pitaia. Além disso, a divulgação de informações contribui para aumentar a área cultivada e a produtividade comercial dos pomares de pitaia. Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a calagem e a fertilização NPK na produtividade, os teores de P, K, Ca e Mg no solo e de N, P e K nos cladódios de *Hylocereus polyrhizus*, em duas safras consecutivas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em um pomar situado a 18°04'43"S, 43°27'28"W e 728 m de altitude, no município de Couto de Magalhães de Minas, estado de Minas Gerais, Brasil. O clima é **Aw**, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen-Geiger. As médias anuais das temperaturas mínima, média e máxima são de 16,1 °C, 21,3 °C e 26,5 °C, respectivamente; e a média da precipitação anual é de 1.183 mm (Figura 1). O solo das áreas experimentais é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (SANTOS *et al.*, 2018).

Figura 1 – Precipitação acumulada e média mensal das temperaturas mínima, média e máxima, de setembro de 2019 a abril de 2022, no município de Couto de Magalhães de Minas, Minas Gerais, Brasil.



Fonte: AGRITEMPO (2022).

Antes da instalação do pomar, amostras de solo foram coletadas, na profundidade de 0 a 0,2 m, em duas áreas para a condução dos experimentos sem e com calagem, e enviadas para análise química (Tabela 1). Na área com a realização de calagem, aos 70 dias antes do plantio, foi realizada a aplicação de calcário dolomítico com PRNT de 80% para a correção da acidez do solo. A distribuição foi feita em área total, na profundidade de 0,2 m e nas covas, para aumentar a saturação por bases a 70% (REIS *et al.*, 2020). Nos dois experimentos, o preparo do solo foi realizado com arado e grade niveladora de discos, na profundidade de 0,2 m e abertura de covas com dimensões de 0,5 m de diâmetro por 0,5 m de profundidade. O

sistema de condução foi instalado utilizando-se postes de concreto de 1,7 m de altura do nível do solo e fixação de uma viga de 1 m de comprimento posicionada na extremidade do poste, formando uma estrutura em “T”.

Tabela 1 – Características do solo no plantio das mudas de *Hylocereus polyrhizus* nas áreas sem e com calagem.

Característica	Unidade	Sem calagem	Com calagem
pH	-	5,50	6,52
P	mg dm ⁻³	2,01	3,52
K	mg dm ⁻³	19,59	60,94
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,90	2,50
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,25	0,61
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,23	0,01
H + Al	cmol _c dm ⁻³	2,78	1,75
SB	cmol _c dm ⁻³	1,20	3,27
t	cmol _c dm ⁻³	1,43	3,28
T	cmol _c dm ⁻³	3,98	5,02
m	%	17	0
V	%	30	65
M.O.	dag kg ⁻¹	0,70	1,24
Areia	g kg ⁻¹	590	590
Argila	g kg ⁻¹	235	235
Silte	g kg ⁻¹	175	175

pH em água, relação solo:água 1:2,5; P e K, método Mehlich-1; Ca, Mg e Al, método KCl 1 mol L⁻¹; H + Al, método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7; SB, soma de bases; t, capacidade efetiva de troca de cátions; T, capacidade de troca de cátions a pH 7; m, saturação por alumínio; V, saturação por bases; M.O., matéria orgânica, método colorimétrico.

Os tratamentos nos experimentos sem e com calagem foram as doses de NPK, tendo sido dispostos em esquema fatorial fracionado 1/2(4×4×4) (CONAGIN; NAGAI; IGUE, 1997), distribuídos no delineamento em blocos casualizados, com quatro blocos e uma planta por parcela experimental. Os fatores foram as doses de N: 13, 124, 235 e 347 kg ha⁻¹; de P₂O₅: 9, 64, 120 e 231 kg ha⁻¹ e de K₂O: 26, 138, 249 e 360 kg ha⁻¹. Os experimentos foram avaliados no primeiro e no segundo ciclo de produção do pomar, safras 2020/2021 e 2021/2022. As doses de NPK foram baseadas em Rabelo *et al.* (2020b), Alves *et al.* (2021) e Silva; Cruz, Saldanha (2022).

A fertilização de pré-plantio foi realizada nas covas com a incorporação das doses de P₂O₅, conforme a disposição do esquema fatorial fracionado, 5 L de esterco bovino e 50 g de FTE BR12, constituído de 9% de Zn, 2,1% de Mn, 1,8% de B, 0,8% de Cu e 0,1% de Mo. O esterco bovino adicionado na cova de plantio forneceu 13 kg ha⁻¹ de N, 9 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 26 kg ha⁻¹ de K₂O. A adição de esterco é importante para as mudas de pitaita, por se tratar de

uma espécie que exige matéria orgânica para o seu desenvolvimento, especialmente porque o solo das duas áreas experimentais apresentava baixos teores (Tabela 1).

As mudas de *Hylocereus polyrhizus* utilizadas no plantio estavam com 1,6 m de altura, obtidas após dez meses da estaquia. O plantio foi realizado no espaçamento 3×3 m, na densidade de 1.111 plantas por hectare, em setembro de 2019. Após o pegamento das mudas no campo, observado a partir da emissão de novas brotações, iniciou-se a fertilização de crescimento com as doses de N e K_2O , conforme a disposição dos tratamentos no esquema fatorial fracionado, parcelando-se em três aplicações, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio.

As plantas foram conduzidas com a realização de podas para a formação e a condução das plantas sobre o sistema de condução. As podas foram realizadas para manter apenas o cladódio principal até alcançar a extremidade dos tutores, eliminando-se os cladódios laterais e, a partir de 1,5 m de altura, os cladódios que cresceram foram orientados sobre o sistema de condução, para favorecer a emissão das brotações responsáveis pela produção (MOREIRA; CRUZ, 2022).

No primeiro e no segundo ano após o plantio, as fertilizações de produção com N e K_2O foram aplicadas de forma parcelada. O P_2O_5 foi aplicado na pré-floração, em novembro. As doses de N e K_2O foram aplicadas em três parcelas, sendo a primeira na pré-floração, em novembro, e as demais aos 60 e 120 dias após a primeira aplicação. Após a última parcela da fertilização mineral, em cada ciclo, 5 L de esterco bovino por planta foram adicionados, tendo as quantidades de nutrientes fornecidas sido consideradas no cálculo das doses de N, P_2O_5 e K_2O avaliadas.

Em todas as fertilizações, as fontes utilizadas foram o superfosfato simples, constituído por 19% de P_2O_5 , 18% de Ca e 20% de S; ureia, com 46% de N e cloreto de potássio, com 58% de K_2O . Os fertilizantes foram aplicados superficialmente ao solo, na projeção da copa das plantas.

A irrigação foi realizada com uma lâmina de 20 mm, semanalmente, fornecendo-se 10 L m^{-2} de água por planta (ALVES *et al.*, 2021), duas vezes por semana, durante os meses de seca (Figura 1). O manejo das plantas daninhas foi realizado manualmente até 0,4 m da planta e o restante da área foi roçado. A poda de limpeza foi realizada para eliminar os cladódios mal posicionados na copa.

No período de florescimento das plantas, de novembro a março, nos dois ciclos de produção, foram realizadas a contagem dos botões florais e a polinização cruzada manual, entre às 16h00 e às 18h00. Os grãos de pólen foram coletados em plantas da espécie *Selenicereus undatus* cultivadas na bordadura no mesmo pomar, tendo em vista a autoincompatibilidade

apresentada pelo genótipo de *H. polyrhizus* (SENA, 2022), cortando as anteras com uma tesoura e, em seguida, com o auxílio de um pincel, foi colocado no estigma das flores das plantas da espécie *H. polyrhizus* (GUIMARÃES *et al.*, 2022). Esse procedimento foi realizado polinizando-se todas as flores das plantas da *H. polyrhizus*. A primeira floração iniciou-se 14 meses após o plantio e em cada ciclo de produção avaliado ocorreram, em média, cinco fluxos de floração.

As colheitas foram realizadas quando as frutas apresentaram toda a superfície da casca de cor vermelha e escamas ainda verdes. Todas as frutas foram contadas e pesadas após cada colheita para determinar a produção por planta (kg por planta) e calcular a produtividade (kg ha^{-1}).

As avaliações dos teores de nutrientes no solo e nas plantas foram realizadas após o primeiro e o segundo ano de cultivo. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 0,2 m com distância de 0,2 m da planta, sendo três amostras simples para compor uma amostra composta, em cada parcela experimental, no período de entressafra de cada ciclo avaliado (120 dias após a última parcela da fertilização), para avaliação dos teores de P e K pelo extrator Mehlich-1 (TEIXEIRA *et al.*, 2017). Amostras de cladódio foram coletadas com tesoura de poda, antes do florescimento de cada ciclo produtivo que, na região do presente estudo, ocorre no início da primavera. As amostras foram compostas por cladódios de um ano aproximadamente, formados na primavera anterior, com tamanho médio de 0,3 m, aspecto sadio e que não haviam produzido (ALVES *et al.*, 2021). As amostras foram lavadas, seccionadas e colocadas para secar, para a obtenção da matéria seca.

Os teores de N, P e K foram determinados a partir de 0,5 g de matéria seca, adicionados de 10 mL de HNO_3 para digestão (SILVA, 2009). Após a digestão, nos extratos obtidos adicionou-se água destilada até o volume de 50 mL. Posteriormente, o teor de P foi determinado por espectrofotometria e o de K, por fotometria de chama (SILVA, 2009). O teor de N foi determinado por meio de um analisador elementar (LECO CHNS/O, modelo TruSpec Micro), de acordo com ASTM D5373-21 (2021), Método de Teste A.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a estudos de regressão. As equações foram ajustadas em função das doses de N, P_2O_5 e K_2O . A partir das equações ajustadas para a produtividade, estimaram-se as doses de N, P_2O_5 e K_2O necessárias para a obtenção de 90% da produtividade máxima, considerada como de máxima eficiência econômica (MALAVOLTA, 2006). Os teores de P e K no solo e de N, P e K nos cladódios foram estimados substituindo-se as doses de N, P_2O_5 e K_2O associadas à produtividade de máxima eficiência econômica (90% da produtividade máxima) nas equações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de N aplicadas no solo sem e com calagem aumentaram a produtividade da pitiaia nos dois ciclos de produção (Tabela 2). Não houve diferença entre as doses de P_2O_5 e K_2O , para a produtividade.

No primeiro ciclo de produção, no cultivo sem calagem, a resposta das plantas à fertilização com N foi quadrática, com aumento de 279% na produtividade, resultantes de incrementos de 296% no número de flores por planta e 277% no número de frutas por planta, com as doses estimadas de N de 280 kg ha^{-1} , 277 kg ha^{-1} e 260 kg ha^{-1} , respectivamente, em relação às plantas que não receberam fertilizante mineral com N (Tabela 2). No experimento com calagem, o efeito linear foi observado com acréscimos de 312% na produtividade, 287% no número de flores por planta e 265% no número de frutas por planta, com a dose de N de 347 kg ha^{-1} , em relação às plantas que não receberam fertilizante mineral com N.

No segundo ciclo de produção, sem calagem, a produtividade aumentou 428%, o número de flores por planta, 286%, e o número de frutas por planta, 258%, com as doses estimadas de N de 237 kg ha^{-1} , 244 kg ha^{-1} e 221 kg ha^{-1} , respectivamente, em relação às plantas que não receberam fertilizante mineral com N (Tabela 2). Na área com calagem, incrementos de 185% na produtividade, de 118% no número de flores por planta e de 123% no número de frutas por planta foram observados com as doses estimadas de N de 265 kg ha^{-1} , 347 kg ha^{-1} e 347 kg ha^{-1} , respectivamente, em relação às plantas que não receberam fertilizante mineral com N.

O aumento da produtividade nos dois ciclos de produção evidencia a importância do N no cultivo de espécies de pitiaia. Portanto, o planejamento do pomar deve viabilizar a disponibilização de N para as plantas desde a fase inicial, pois, durante o crescimento vegetativo, o N é essencial para o desenvolvimento do sistema radicular, que é responsável pela absorção de água e nutrientes e importante para a formação dos cladódios produtivos (LUDERS; MCMAHON, 2006).

O manejo da fertilização com N assegura a formação das plantas potencialmente produtivas na fase reprodutiva, tendo em vista o fato de que os pomares de pitiaia tendem a aumentar a produtividade até o 6º ano de cultivo, quando, geralmente, atingem a estabilidade da produção (NERD; TEL-ZUR; MIZRAHI, 2002). Diante disso, normalmente, o produtor deve monitorar o estado nutricional das plantas e a fertilidade do solo para fazer o ajuste das fertilizações conforme a idade das plantas. A resposta satisfatória da fertilização com N sobre

o aumento de produtividade e do teor de nutrientes nos cladódios das espécies *S. undatus*, *S. megalanthus* e *H. polyrhizus* também foi relatada por ALVES *et al.* (2021).

Sob condições de fertilidade adequada, as plantas de pitaia apresentam aumento de sua área fotossintética, ou seja, emitem maior quantidade de cladódios nos anos iniciais de cultivo do pomar, os quais serão os responsáveis pelo dossel de produção. O N está diretamente relacionado à síntese de proteínas e ao crescimento vegetal, aparecendo entre os nutrientes mais demandados pelas espécies de pitaia, nos cladódios e nas frutas (MOREIRA *et al.*, 2016, RABELO *et al.*, 2020b). De tal modo, no presente estudo, a disponibilidade de N crescente no solo contribuiu para o incremento de produtividade, sobretudo porque P_2O_5 e K_2O não estavam insuficientes para as plantas.

Embora a produtividade não tenha apresentado resposta significativa à aplicação das doses crescentes de P_2O_5 e K_2O (Tabela 2), a fertilização com fontes que disponibilizam estes nutrientes é essencial em solos com baixo teor, pois elas contribuem para elevar os teores no solo e para o equilíbrio nutricional das plantas. No presente trabalho, em se tratando de um pomar jovem, a incorporação de matéria orgânica possivelmente favoreceu a produção das plantas que não receberam as doses de P_2O_5 e K_2O , pois o esterco forneceu às plantas do tratamento controle 9 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 26 kg ha^{-1} de K_2O .

Nos trabalhos de Fernandes *et al.* (2018) e Rabelo *et al.* (2020b), a aplicação de doses crescentes de K_2O contribuíram para o incremento de produção das espécies *H. polyrhizus* e *S. undatus*, principalmente no quarto ano de produção, além de melhorar a qualidade das frutas. No entanto, nesses trabalhos, N foi fornecido em menor quantidade às plantas. Os resultados indicam a importância de equilibrar a disponibilidade de K_2O e N às plantas, tendo em vista que, a partir do quarto ciclo produtivo, a demanda de K_2O aumenta. No entanto, destaca-se a importância de realizar a fertilização adequada com NPK desde o início da implantação do pomar, pois, embora o P_2O_5 seja menos demandado que o K_2O e o N (MOREIRA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019; RABELO *et al.*, 2020b), a fertilização com P_2O_5 é fundamental em solos com baixo teor para propiciar o desenvolvimento do sistema radicular e o crescimento da parte aérea (CORRÊA *et al.*, 2014; MOREIRA *et al.*, 2016), além de ser exportado para as frutas na fase reprodutiva (LIMA *et al.*, 2019; RABELO *et al.*, 2020b).

A diferença da resposta linear e quadrática das plantas do primeiro para o segundo ciclo, no experimento com calagem (Tabela 2), provavelmente está relacionada aos benefícios da calagem com a decomposição da matéria orgânica. Considerando que, no manejo da fertilização, foi feita a aplicação da fonte orgânica, provavelmente, isso contribuiu para o ajuste do modelo de produtividade em função do N, considerando que os benefícios da decomposição

da matéria orgânica ocorrem de forma gradual, o que pode explicar a resposta quadrática de produtividade no segundo ciclo. Os efeitos benéficos para as plantas ocorrem porque, com a elevação do pH, há a neutralização de íons H^+ ligados às partículas do solo, que passam a ser ocupados por nutrientes como Ca e Mg (RAIJ, 2011), aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC), que é potencializada com a matéria orgânica, pois, além de fonte de nutrientes, apresenta cargas que contribuem para o aumento da CTC do solo. No entanto, o processo de acidificação do solo é dinâmico no cultivo de espécies perenes e acentua-se como consequência da redução de fertilidade, devido à remoção de cátions trocáveis da superfície dos coloides, que ocorrem normalmente com a incidência de chuvas, ou irrigação dos pomares, decomposição de minerais de argila, troca iônica das raízes, decomposição da matéria orgânica e adição de fertilizantes nitrogenados (NATALE *et al.*, 2012). Assim, além da calagem na implantação, devem ser feitas amostragens de solo para avaliar a necessidade de correção de manutenção do pomar.

As espécies de pitaiá respondem satisfatoriamente à adubação com fontes de matéria orgânica (MOREIRA *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2015), o que pode ter contribuído para o incremento de produtividade nos dois experimentos, mesmo sem a realização de calagem (Tabela 2). Assim, a utilização de fontes de matéria orgânica no plantio e em cobertura, associada à fertilização mineral, contribui para se alcançar altas produtividades no cultivo de espécies de pitaiá. Nesse caso, é importante a análise da composição química da fonte orgânica que será aplicada para que os nutrientes fornecidos sejam considerados no cálculo das quantidades de fertilizantes minerais (SILVA; CRUZ; SALDANHA, 2022), implicando numa economia no fornecimento das fontes minerais.

Em relação à máxima eficiência econômica, as doses de N para atingir 90% da produtividade máxima, no cultivo sem calagem, variou de 182 a 159 $kg\ ha^{-1}$, entre o primeiro e o segundo ciclo de produção (Tabela 3). No cultivo com calagem variou de 303 a 166 $kg\ ha^{-1}$, para o primeiro e o segundo ciclo de produção, respectivamente.

Tabela 2 – Produtividade (\hat{Y}), produção por planta, número de flores por planta, número de frutas por planta e massa da pitiaia *Hylocereus polyrhizus*, e equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de variação (CV), em função das doses (x) de N, P₂O₅ e K₂O aplicadas no solo, sem e com a realização de calagem, no primeiro e no segundo ciclo de produção.

Variável	Sem calagem	R ²	Valor máximo	CV (%)	Com calagem	R ²	Valor máximo	CV (%)
Doses de N (kg ha ⁻¹) ¹								
Produtividade (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 2.153,5 + 65,14x - 0,1162x^{2*}$	99,72	11.282,62	39,74	$\hat{Y} = 2.564,3 + 27,272x^*$	84,75	12.027,68	32,47
Produção (kg por planta)	$\hat{Y} = 1,8977 + 0,059x - 0,0001x^{2*}$	99,74	10,60	39,79	$\hat{Y} = 2,2978 + 0,0246x^*$	84,75	10,83	32,57
Número de flores por planta	$\hat{Y} = 4,9202 + 0,1659x - 0,0003x^{2**}$	95,24	27,86	37,26	$\hat{Y} = 7,1884 + 0,0696x^*$	79,64	31,34	34,52
Número de frutas por planta	$\hat{Y} = 4,6081 + 0,1557x - 0,0003x^{2**}$	99,12	24,81	37,08	$\hat{Y} = 6,4313 + 0,0568x^*$	81,38	26,14	37,46
Massa de fruta (kg)	$\hat{Y} = 0,434^{ns}$	-	-	26,90	$\hat{Y} = 0,390^{ns}$	-	-	31,06
Doses de P ₂ O ₅ e K ₂ O (kg ha ⁻¹) ¹								
Produtividade (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 8.319,25^{ns}$	-	-	39,74	$\hat{Y} = 7.471,52^{ns}$	-	-	32,47
Doses de N (kg ha ⁻¹) ²								
Produtividade (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 1.657,6 + 136,55x - 0,2876x^{2**}$	90,80	17.865,75	34,04	$\hat{Y} = 5.063,1 + 96,895x - 0,1825x^{2*}$	92,12	17.924,21	39,66
Produção (kg por planta)	$\hat{Y} = 1,4919 + 0,1229x - 0,0003x^{2**}$	90,80	14,08	34,04	$\hat{Y} = 4,5568 + 0,0872x - 0,0002x^{2*}$	92,12	14,06	39,66
Número de flores por planta	$\hat{Y} = 5,0072 + 0,1953x - 0,0004x^{2**}$	99,56	28,85	34,36	$\hat{Y} = 13,883 + 0,0512x^*$	74,07	31,65	31,06
Número de frutas por planta	$\hat{Y} = 4,4626 + 0,1764x - 0,0004x^{2**}$	97,28	23,91	35,86	$\hat{Y} = 12,833 + 0,0495x^*$	69,41	30,01	31,35
Massa de fruta (kg)	$\hat{Y} = 0,584^{ns}$	-	-	33,28	$\hat{Y} = 0,571^{ns}$	-	-	23,72
Doses de P ₂ O ₅ e K ₂ O (kg ha ⁻¹) ²								
Produtividade (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 12.476,94^{ns}$	-	-	34,04	$\hat{Y} = 13.774,03^{ns}$	-	-	39,66

¹ primeiro ciclo de produção. ² segundo ciclo de produção. ^{ns} não significativo. *, **, diferentes, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste t. Doses de P₂O₅: 9, 64, 120 e 231 kg ha⁻¹ e K₂O: 26, 138, 249 e 360 kg ha⁻¹.

Tabela 3 – Produtividade máxima e correspondente a 90% da produtividade máxima de *Hylocereus polyrhizus*, em função das doses de N aplicadas no solo, sem e com a realização de calagem, no primeiro e no segundo ciclo de produção.

Ciclo de produção	Calagem	Produtividade (kg ha ⁻¹)		Dose de N (kg ha ⁻¹)	
		90%	Máxima	90%	Máxima
Primeiro	Sem	10.154,36	11.282,62	182	280
Segundo	Sem	16.079,17	17.865,75	159	237
Primeiro	Com	10.824,92	12.027,68	303	347
Segundo	Com	16.131,79	17.924,21	166	265

Densidade de plantio: 1.111 plantas por hectare

No cultivo sem a realização de calagem, a demanda de N foi menor em relação à área com calagem (Tabela 3). Possivelmente, a diferença na demanda por N está relacionada com a sua menor disponibilidade para as plantas, quando a correção do solo não foi realizada. A correção do solo com a calagem melhora a estruturação do solo e favorece a decomposição da matéria orgânica e aumenta a disponibilidade de nutrientes (RAIJ, 2011). Em relação ao N, a maior disponibilidade desse nutriente no solo ocorre quando o pH está entre 6,0 e 6,5 (MALAVOLTA, 2006). De tal modo, os resultados observados no presente estudo, em relação às doses estimadas de N para a produtividade máxima e 90% da máxima, evidenciam a importância de correção do solo, pois é possível relacionar a diferença de N com os valores de pH do solo, 5,50 no solo sem calagem e 6,52 no solo com a realização de calagem, na ocasião do plantio das mudas (Tabela 1). Estes resultados indicam que, sem a realização de calagem, haverá menor disponibilidade de nutrientes e que, à medida que a demanda por nutrientes aumentar (com o crescimento e aumento de produção das plantas), haverá implicações na produtividade que, possivelmente, será menor. Os efeitos da acidez do solo já foram relatados no cultivo de espécies de pitaia, pois, sem a correção do solo há redução da produção de matéria seca, devido ao menor crescimento das plantas, pois são espécies que apresentaram maior crescimento em solos com pH entre 6,6 e 7,0 (REIS *et al.*, 2020).

As produtividades alcançadas no cultivo com calagem ocorreram com saturação por bases 65%, na ocasião do plantio das mudas (Tabela 1). Em cultivos em vaso, os melhores resultados em rendimento de matéria seca, crescimento e produtividade de *S. undatus*, *H. polyrhizus* e *H. monacanthus* foram observados com a saturação por bases entre 55% e 70% (REIS *et al.*, 2020; VIEIRA *et al.*, 2022). Portanto, é fundamental realizar a análise química do solo antes do plantio e para a manutenção, nos anos subsequentes da implantação dos pomares, para avaliar a necessidade de correção.

Além disso, avaliar e adequar os teores de Ca e Mg para o cultivo de espécies de pitaia são imprescindíveis porque deficiência destes nutrientes é decorrente de limitações da calagem. Com a realização da calagem foi possível elevar o requerimento de Ca e Mg no solo de $1,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para $3,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 1). Segundo Reis *et al.* (2020), a realização de calagem para a implantação de pomares de pitaia, além de corrigir o pH e elevar a saturação por bases (55% a 70%), é fundamental para manter o requerimento mínimo de Ca e Mg de $2,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Assim, a calagem é necessária para fornecer esses nutrientes, pois eles contribuem para o equilíbrio nutricional das plantas e a formação das frutas. Outro aspecto importante está relacionado ao estado fitossanitário do pomar. Plantas deficientes em Ca e N apresentam maior suscetibilidade à ação de fitopatógenos (BOTÍN; HERNÁNDEZ; CANTO, 2003) que, dependendo do nível de infestação, causam redução de produtividade.

A calagem é uma prática que deve ser realizada para o cultivo de espécies de pitaia em solos ácidos para elevar o pH e a saturação por bases, reduzir a saturação por alumínio e ajustar as exigências de Ca e Mg, devendo ser realizada de acordo com os atributos químicos de cada tipo de solo (REIS *et al.*, 2020). Além disso, a calagem, juntamente com a fertilização adequada, contribui para manter os teores equilibrados de nutrientes no solo, para evitar a deficiência para as plantas de alguns deles (FAQUIN, 2005).

Em relação aos teores de nutrientes, foram observados incrementos nos teores de N, P e K nos cladódios em função das doses de N, P_2O_5 e K_2O aplicadas ao solo, sem e com a realização de calagem, nos dois ciclos de produção (Tabela 4). No cultivo com a realização de calagem, os teores de nutrientes nos cladódios foram maiores. Nas plantas fertilizadas com as doses de máxima eficiência econômica de N, os teores variaram de $10,03 \text{ g kg}^{-1}$ a $11,99 \text{ g kg}^{-1}$ de N, de $1,32$ a $2,35 \text{ g kg}^{-1}$ de P e de $39,77$ a $52,04 \text{ g kg}^{-1}$ de K; no solo, foram de $64,4$ a $164,64 \text{ mg dm}^{-3}$ de P e de $646,6$ a $623,40 \text{ mg dm}^{-3}$ de K, no primeiro e no segundo ciclo de produção, respectivamente. Comparando-se estes teores de nutrientes avaliados nos cladódios das plantas e no solo com os teores de P ($5,09$ a $8,05 \text{ mg dm}^{-3}$) e K ($107,84$ a $26,67 \text{ mg dm}^{-3}$) no solo, de P ($0,90$ a $2,07 \text{ g kg}^{-1}$) e K ($16,57$ a $37,98 \text{ g kg}^{-1}$) nos cladódios, das plantas que não receberam a fertilização mineral (Tabela 4), é possível perceber que a demanda por estes nutrientes, para atingir 90% da produtividade máxima, não seria atendida. Portanto, as fertilizações foram fundamentais para elevação dos teores de P e K, que contribuíram para os incrementos de nutrientes e produtividade observados.

Considerando-se os teores de P e K do solo que contribuíram para a produtividade máxima eficiência econômica nas equações ajustadas em função das doses de P_2O_5 e K_2O aplicadas, as doses necessárias para alcançar esses teores foram estimadas (Tabela 4). Assim,

além da calagem e da fertilização nitrogenada (303 e 166 kg ha⁻¹), foram demandados 106 e 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 237 e 175 kg ha⁻¹ de K₂O, no primeiro e no segundo ciclo produção, respectivamente. A diferença em relação às doses calculadas no segundo ano de cultivo está relacionada com o incremento dos teores de nutrientes no solo em função das fertilizações que foram realizadas no pré-plantio e no pós-plantio das mudas. Por isso, é importante fazer a amostragem de solo para avaliar os teores de nutrientes e ajustar as fertilizações do pomar.

Os teores de nutrientes observados em maiores quantidades nos cladódios ocorreram na seguinte ordem: K>N>P, nos dois ciclos de produção (Tabela 4). Os valores dos teores no presente estudo são maiores e de mesma ordem em relação a outro estudo de pitaia de mesma espécie, sob condições edafoclimáticas semelhantes e com produtividade inferior (ALVES *et al.*, 2021). Os resultados indicam a necessidade de reposição dos nutrientes, pois, além do papel que eles exercem na planta, altas quantidades são exportadas para as frutas (RABELO *et al.*, 2020b) e retiradas por ocasião da colheita e de podas das plantas. Os teores de nutrientes observados no presente trabalho contribuíram para o aumento de produtividade do pomar de *H. polyrhizus* e servem como indicação para o planejamento da fertilização nos cultivos de pitaia.

Tabela 4 – Teores (\hat{Y}) de N, P e K no cladódio e de P e K no solo em função das doses de N (x) aplicadas no solo sem e com calagem que proporcionaram 90% da produtividade máxima de *Hylocereus polyrhizus*, e equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de variação (CV), teores máximos de P e K no cladódio e solo em função das doses de P_2O_5 e K_2O , no primeiro e no segundo ciclo de produção.

Variável	Sem calagem	R^2	90%	CV (%)	Com calagem	R^2	90%	CV (%)
Doses de N ($kg\ ha^{-1}$) ¹								
N cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 5,7847 + 0,0285x - 0,00006x^{2**}$	99,64	8,98	12,72	$\hat{Y} = 5,6169 + 0,0388x - 0,00008x^{2**}$	96,20	10,03	13,98
P cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 1,14^{ns}$	-	-	23,53	$\hat{Y} = 1,32^{ns}$	-	-	32,13
K cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 33,82^{ns}$	-	-	14,63	$\hat{Y} = 39,77^{ns}$	-	-	19,71
P solo ($mg\ dm^{-3}$)	$\hat{Y} = 58,77^{ns}$	-	-	36,92	$\hat{Y} = 64,4^{ns}$	-	-	25,13
K solo ($mg\ dm^{-3}$)	$\hat{Y} = 511,1^{ns}$	-	-	39,57	$\hat{Y} = 646,46^{ns}$	-	-	38,40
N^D ($kg\ ha^{-1}$)	182	-	-	-	303	-	-	-
Doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) ¹								
P cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 0,9367 + 0,0022x^{**}$	97,84	1,44 ^M	24,11	$\hat{Y} = 0,90135 + 0,00377x^{**}$	92,59	1,77 ^M	24,44
P solo ($mg\ dm^{-3}$)	$\hat{Y} = 1,2595 + 0,5735x^*$	99,73	133,74 ^M	36,92	$\hat{Y} = 5,0948 + 0,5609x^{**}$	98,93	134,66 ^M	25,13
P^D ($kg\ ha^{-1}$)	100	-	-	-	106	-	-	-
Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) ¹								
K cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 20,307 + 0,07x^{**}$	94,98	45,51 ^M	14,63	$\hat{Y} = 16,567 + 0,2341x - 0,0004x^{2**}$	98,88	50,82 ^M	19,71
K solo ($mg\ dm^{-3}$)	$\hat{Y} = 142,38 + 1,907x^{**}$	90,32	971,14 ^M	18,76	$\hat{Y} = 107,844 + 2,787x^{**}$	97,1	1.275,50 ^M	19,98
K^D ($kg\ ha^{-1}$)	195	-	-	-	237	-	-	-
Doses de N ($kg\ ha^{-1}$) ²								
N cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 7,878 + 0,0195x - 0,00003x^{2*}$	73,82	10,22	10,17	$\hat{Y} = 10,350 + 0,0182x - 0,00003x^{2**}$	98,67	11,99	6,74
P cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 2,12^{ns}$	-	-	26,73	$\hat{Y} = 2,35^{ns}$	-	-	16,98
K cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 47,52^{ns}$	-	-	21,75	$\hat{Y} = 52,04^{ns}$	-	-	14,23
P solo ($mg\ dm^{-3}$)	$\hat{Y} = 168,69^{ns}$	-	-	30,74	$\hat{Y} = 164,64^{ns}$	-	-	36,05
K solo ($mg\ dm^{-3}$)	$\hat{Y} = 465,75^{ns}$	-	-	32,64	$\hat{Y} = 623,40^{ns}$	-	-	34,75
N^D ($kg\ ha^{-1}$)	159	-	-	-	166	-	-	-
Doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) ²								
P cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 1,0937 + 0,00548x^{**}$	74,16	2,35 ^M	18,23	$\hat{Y} = 2,07 + 0,00374x^{**}$	87,16	2,93 ^M	10,79
P solo ($mg\ dm^{-3}$)	$\hat{Y} = 6,0618 + 2,4803x^*$	39,86	579,01 ^M	20,74	$\hat{Y} = 8,0495 + 1,6333x^*$	99,44	385,34 ^M	26,05
P^D ($kg\ ha^{-1}$)	80	-	-	-	96	-	-	-
Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) ²								
K cladódio ($g\ kg^{-1}$)	$\hat{Y} = 29,78 + 0,187x - 0,00035x^{2**}$	99,67	54,7 ^M	11,54	$\hat{Y} = 37,98 + 0,1636x - 0,0003x^{2**}$	97,87	60,28 ^M	14,23
K solo ($mg\ dm^{-3}$)	$\hat{Y} = 3,43 + 2,393x^{**}$	95,95	864,91 ^M	24,10	$\hat{Y} = 26,673 + 3,455x^{**}$	96,81	1.270,47 ^M	29,78
K^D ($kg\ ha^{-1}$)	195	-	-	-	175	-	-	-

N^D , P^D e K^D , dose de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, correspondente a 90% da produtividade máxima. ^M valor máximo. ¹ primeiro ciclo de produção. ² segundo ciclo de produção. ^{ns} não significativo. *, **, diferentes, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste t. Doses de P_2O_5 : 9, 64, 120 e 231 $kg\ ha^{-1}$ e de K_2O : 26, 138, 249 e 360 $kg\ ha^{-1}$. Densidade de plantio: 1.111 plantas por hectare.

CONCLUSÕES

A realização de calagem em solos ácidos adéqua as características químicas do solo para o cultivo de espécies de pitaiá. A realização da calagem em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico proporcionou a correção de pH do solo para 6,5 e elevou a saturação por bases a 65% e o requerimento de Ca e Mg para 3,1 cmol_c dm⁻³.

A fertilização NPK em solo com baixos teores de nutrientes e matéria orgânica aumentou a produtividade do pomar de *Hylocereus polyrhizus*.

A produtividade aumentou 312% no primeiro ciclo de produção e 185% no segundo ciclo, com a realização de calagem e fertilizações de 303 e 166 kg ha⁻¹ de N, 106 e 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 237 e 175 kg ha⁻¹ de K₂O, alcançando produtividade de 10,8 e 16,1 Mg ha⁻¹.

Com o manejo das fertilizações NPK foi possível elevar os teores de P para 64 a 165 mg dm⁻³ e de K para 646 a 623 mg dm⁻³ no solo e, nos cladódios, para 10 a 12 g kg⁻¹ o N, 1,32 a 2,35 g kg⁻¹ o P e 40 a 52 g kg⁻¹ o K.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001, e à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela infraestrutura disponibilizada para a realização do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**: estado de MG. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=MG>>. Acesso em: 6 maio 2022.
- ALVES, D. A.; CRUZ, M. C. M.; LIMA, J. E.; SANTOS, N. C.; RABELO, J. M.; BARROSO, F. L. Productive potential and quality of pitaya with nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e01882, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01882>.
- ASTM D5373-21. **Standard test methods for determination of carbon, hydrogen and nitrogen in analysis samples of coal and carbon in analysis samples of coal and coke**. v. 05.06. ASTM International: West Conshohocken, PA, 2021. 11 p. DOI: <https://doi.org/10.1520/D5373-21>.
- BOTÍN, A. J. V.; HERNÁNDEZ, P. C.; CANTO, A. R. Avances em la etiología y manejo de la pudrición blanda de tallos de pitahaya, *Hylocereus undatus* H. (Cactaceae). **Fitosanidad**, v. 7, n. 2, p. 11-17, 2003.
- CONAGIN, A.; NAGAI, V.; IGUE, T. Delineamento 1/2(4x4x4) em blocos de oito unidades. **Instituto Agrônomo de Campinas**, 1997. 9 p. (Boletim Científico, 36).
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-297/13>.
- COSTA, A. C.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; MENEZES, T. P.; MOREIRA, R. A.; DUARTE, M. H. Adubação orgânica e *Lithothamnium* no cultivo da pitaia vermelha. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 77-88, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p77>.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186 p.
- FERNANDES, D. R.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; RABELO, J. M.; OLIVEIRA, J. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e35290, p. 1-9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35290>.
- GUIMARÃES, A. G.; GIORDANI, S. C. O.; RECH, A. R.; COSTA, M. R. Biologia floral e polinização. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 70-91.
- LIMA, D. C.; MENDES, N. V. B.; CORRÊA, M. C. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; QUEIROZ, R. F.; NATALE, W. Growth and nutrient accumulation in the aerial part of red pitaya (*Hylocereus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452019030>.

- LUDERS, L.; MCMAHON, G. **The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*)**. Darwin: Northern Territory Government, 2006. 4 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1. ed. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-452/13>.
- MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V. B.; MELO, P. C. Produtividade e teores de nutrientes em cladódios de pitaia vermelha utilizando-se adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, suppl., p. 714-719, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v7isa1551>.
- MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, J. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 230-237, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4640813>.
- MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M. Instalação de pomares e práticas culturais. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 120-151.
- NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S. É. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400041>.
- NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Fruits of vine and columnar cacti. In: NOBEL, P. S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Berkeley: University of California, 2002. p. 185-197. DOI: <https://doi.org/10.1525/california/9780520231573.003.0011>.
- RABELO, J. M.; CRUZ, M. C. M.; SENA, C. G.; PANTOJA, L. A.; SANTOS, A. S.; REIS, L. A. C.; GUIMARÃES, A. G. Potassium fertilization in the quality improvement and centesimal composition of pitaya. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 9, p. 658-665, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i9.2146>.
- RABELO, J. M.; CRUZ, M. C. M.; SANTOS, N. C.; ALVES, D. A.; LIMA, J. E.; SILVA, E. B. Increase of nutrients export and production of pitaya whit potassium fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3276, p. 1-8, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3276>.
- RAIJ, B. V. Acidez e calagem. In: RAIJ, B. V. (Ed.) **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. p. 173-200.
- 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**, v. 14, n. 11, p. 1756-1763, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.11.p2509>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SENA, C. G. **Biologia floral e polinização de espécies de pitaia**. 2022. 39 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Diamantina, 2022.

SILVA, E. B.; CRUZ, M. C. M.; SALDANHA, E. C. M. Calagem, adubação e nutrição das plantas. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 152-175.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017. 574 p.

VIEIRA, I. G.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. M.; EVANGELISTA, F. L.; DINIZ, J. G. L.; TANIGUCHI, C. A. K.; NETO, A. J. L.; DIAS, C. T. S. Soil fertility, growth, nutrition and production of red pitaya subjected to liming. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 15, p. 2277-2291, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2063735>.

ARTIGO CIENTÍFICO 2

EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES E QUALIDADE DE PITAIA EM POMAR COM CALAGEM E FERTILIZAÇÃO NPK

RESUMO

A exportação de nutrientes fornece informações importantes para o manejo da fertilização dos pomares de pitáia, pois mostra o requerimento de nutrientes para a produção. Assim, o manejo da fertilização pode ser planejado considerando as produtividades alcançadas pelo pomar, visando manter a qualidade das frutas exigida pelo mercado consumidor. Nesse contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a exportação de nutrientes e a qualidade das frutas de *Hylocereus polyrhizus* em função da fertilização NPK e da calagem no solo. As frutas foram colhidas de um pomar cultivado em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico que apresentava pH inicial de 5,5 e clima tropical de altitude. Os tratamentos foram as doses de NPK, dispostos em esquema fatorial fracionado 1/2(4×4×4), distribuídos no delineamento em blocos casualizados, com quatro blocos e duas áreas de cultivo, com e sem a realização de calagem do solo. Os fatores foram as doses de N: 13, 124, 235 e 347 kg ha⁻¹; de P₂O₅: 9, 64, 120 e 231 kg ha⁻¹ e de K₂O: 26, 138, 249 e 360 kg ha⁻¹. A exportação de nutrientes e a qualidade das pitaias foram avaliadas em frutas maduras colhidas em dois ciclos de produção. A exportação de nutrientes foi calculada por tonelada de fruta a partir da determinação dos teores de nutrientes e da matéria seca da casca e da polpa. As quantidades de nutrientes exportados por tonelada de frutas de *Hylocereus polyrhizus* foram: de K, 12,65 kg; de N, 3,24 kg; de Ca, 1,53 kg; de P, 0,54 kg; de Mg, 0,33 kg; de Mn, 166,0 g; de Fe, 12,67 g e de Zn, 3,49 g, com a realização de calagem no solo. A ordem de exportação de nutrientes pelas pitaias difere na casca e polpa, sendo, na casca, K>N>Ca>Mn>P>Mg>Fe>Zn e, na polpa, K>N>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn. A calagem aumenta a quantidade de nutrientes exportados para as frutas, principalmente Ca, P e Mg na casca. A fertilização com K₂O melhora a qualidade das frutas nos pomares de pitáia. A calagem e a fertilização NPK devem ser realizadas no cultivo de pitáia para adequar os teores de nutrientes no solo visando repor os nutrientes exportados pelas colheitas das frutas.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*, características físico-químicas, composição mineral, produtividade.

NUTRIENT EXPORT AND QUALITY OF PITAYA IN ORCHARD WITH LIMING AND NPK FERTILIZATION

ABSTRACT

The export of nutrients provides important information for the management of fertilization in pitaya orchards, as it shows the nutrient requirement for production. Thus, the management of fertilization can be planned considering the productivity reached by the orchard, aiming to maintain the quality of the fruits required by the consumer market. In this context, this work was carried out with the objective of evaluating the nutrient export and the quality of *Hylocereus polyrhizus* fruits as a function of NPK fertilization and liming in the soil. The fruits were harvested from an orchard cultivated in soil classified as LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (Ferralsols), which had an initial pH of 5.5 and a tropical highland climate. The treatments were the doses of NPK, arranged in a fractional factorial scheme $1/2(4 \times 4 \times 4)$, distributed in a randomized block design, with four blocks and two cultivation areas, with and without soil liming. The factors were the doses of N: 13, 124, 235 e 347 kg ha⁻¹; of P₂O₅: 9, 64, 120 e 231 kg ha⁻¹; and of K₂O: 26, 138, 249 e 360 kg ha⁻¹. The export of nutrients and the quality of pitaya were evaluated in ripe fruits harvested in two production cycles. Nutrient exports were calculated per ton of fruit based on the determination of nutrient contents and dry matter of the peel and pulp. The amounts of nutrients exported per ton of *Hylocereus polyrhizus* fruits were: K, 12.65 kg; of N, 3.24 kg; of Ca, 1.53 kg; of P, 0.54 kg; of Mg, 0.33 kg; of Mn, 166.0 g; of Fe, 12.67 g and of Zn, 3.49 g, with liming in the soil. The order of nutrients exported by pitaya differs in the peel and pulp, being K>N>Ca>Mn>P>Mg>Fe>Zn in the peel and K>N>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn in the pulp. Liming increases the amount of nutrients exported to fruits, mainly Ca, P and Mg in the peel. K₂O fertilization improves fruit quality in pitaya orchards. Liming and NPK fertilization should be carried out in pitaya cultivation to adjust the nutrient contents in the soil in order to replace the nutrients exported by fruit harvests.

Keywords: *Hylocereus polyrhizus*, physicochemical characteristics, mineral composition, productivity.

1 INTRODUÇÃO

A quantidade de nutrientes retirada dos pomares pelas colheitas das frutas é um indicativo da necessidade de fertilização para a reposição dos nutrientes. Em espécies frutíferas perenes, como a pitaia, o manejo adequado de práticas, como correção da acidez do solo e manutenção periódica dos teores de nutrientes e matéria orgânica, assegura o equilíbrio nutricional das plantas e influencia a produção e a qualidade das frutas.

Determinar a quantidade de nutrientes exportados pelas frutas auxilia o manejo da fertilização, visando repor os nutrientes minerais no solo para aumentar a área cultivada e a produtividade da pitaia com qualidade comercial. Pomares de pitaia de altas produtividades requerem maior quantidade de nutrientes no solo, devido à maior exportação pelas frutas (RABELO *et al.*, 2020b). Os produtores devem fornecer a quantidade adequada de nutrientes, considerando a exportação dos nutrientes pelas frutas para obter resultados satisfatórios em relação à produção e à qualidade das pitaias (SILVA; CRUZ; SALDANHA, 2022).

A exportação de nutrientes pelas pitaias depende do tipo solo, da disponibilização de nutrientes para as plantas mediante a correção e fertilização e da demanda da espécie (crescimento e produção). Além disso, devem-se considerar as funções dos nutrientes no estabelecimento do sabor, da cor, do tamanho, da resistência a pragas e a doenças, e na conservação durante o armazenamento pós-colheita das frutas. O manejo da fertilização nos pomares é um dos principais fatores que interferem diretamente na qualidade das pitaias (DUARTE *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*, 2018; RABELO *et al.*, 2020a; ALVES *et al.*, 2021). Trabalhos relacionados à calagem e à fertilização mineral são relevantes, mas ainda há muitos desafios devido à complexidade das pesquisas em condições de campo.

O potássio é apontado como o nutriente mais exigido pelas espécies de pitaia, o mais acumulado na parte aérea (MOREIRA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019) e o mais exportado pelas frutas (RABELO *et al.*, 2020b). Este macronutriente contribui para melhorar a qualidade das pitaias, fator importante para a aceitação pelos consumidores, pois, além do valor nutritivo, contribui para melhorar o sabor, tornando as frutas mais doces (RABELO *et al.*, 2020a). Entretanto, a ordem de exportação dos nutrientes, principalmente de N, P, Ca e Mg, tem sido variável na parte aérea e nas frutas (MOREIRA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019; RABELO *et al.*, 2020b). Assim, a avaliação com o manejo da calagem e da fertilização é importante para conhecer a ordem exportada para a produção de frutas com qualidade.

A avaliação da qualidade das frutas é necessária para a compreensão do manejo, pois todas as práticas de manejo estabelecidas em campo são realizadas visando alcançar

elevadas produtividades sem afetar o padrão de qualidade e a aceitação pelos consumidores. Assim, o desenvolvimento de trabalhos que gerem informações para o manejo adequado da fertilização dos pomares é necessário, assegurando a alta produtividade e a qualidade das frutas.

Avaliar a exportação de nutrientes para a produção das frutas nos pomares de pitaia contribui para o melhor planejamento do manejo da calagem e fertilização visando à reposição dos nutrientes no solo. Por se tratar de uma espécie perene, além da análise do solo para o ajuste de fertilidade, as fertilizações de manutenção dos pomares de pitaia devem ser realizadas considerando as exportações de nutrientes pelas colheitas das frutas, com valores estimados com base na expectativa de colheita em cada safra. Nesse contexto, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a exportação de nutrientes e a qualidade das frutas de *Hylocereus polyrhizus* em função da fertilização NPK e da calagem no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em um pomar de *Hylocereus polyrhizus*, situado a 18°04'43"S, 43°27'28"W e 728 m de altitude, no município de Couto de Magalhães de Minas, Minas Gerais, Brasil. O clima do local é classificado como **Aw**, segundo a classificação de Köppen-Geiger, o qual é caracterizado por apresentar inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 21,3 °C e a precipitação média anual de 1.183 mm.

Nos experimentos sem e com calagem os tratamentos foram as doses de NPK que foram dispostos em esquema fatorial fracionado 1/2(4×4×4) (CONAGIN; NAGAI; IGUE, 1997), distribuídos no delineamento em blocos casualizados com quatro blocos e uma planta por parcela experimental. Os fatores foram as doses de N: 13, 124, 235 e 347 kg ha⁻¹; de P₂O₅: 9, 64, 120 e 231 kg ha⁻¹ e de K₂O: 26, 138, 249 e 360 kg ha⁻¹. Essas doses foram baseadas nos resultados divulgados por Rabelo *et al.* (2020b) e Alves *et al.* (2021), que foram apresentados na recomendação de Silva, Cruz e Saldanha (2022).

O solo das áreas experimentais é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (SANTOS *et al.*, 2018). O manejo da fertilização do solo foi feito a partir da análise química de duas áreas de cultivo. Na área sem calagem, o solo apresentava as seguintes características químicas na época do plantio das mudas: pH 5,50 (água), P 2,01 mg dm⁻³ (extrator Mehlich-1), K 19,59 mg dm⁻³, Ca + Mg 1,15 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases 30%. Na área com a realização de calagem, os seguintes atributos foram avaliados no solo na época do plantio: pH 6,52 (água), P 3,52 mg dm⁻³ (extrator Mehlich-1), K 60,94 mg dm⁻³, Ca + Mg 3,11 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases 65%. A calagem foi realizada com calcário dolomítico, com PRNT 80%, na profundidade de 0,2 m em área total e, nas covas, 70 dias antes do plantio, buscando aumentar a saturação por bases a 70% (REIS *et al.*, 2020).

Nas covas de plantio, abertas nas dimensões de 0,5×0,5 m, nos dois experimentos, foram aplicadas as doses de P₂O₅, conforme a disposição do esquema fatorial fracionado, 5 L de esterco bovino e 50 g de FTE BR12 (9% Zn, 2,1% Mn, 1,8% B, 0,8% Cu, 0,1% Mo). A fonte de esterco bovino é importante para favorecer o crescimento das mudas e forneceu 13 kg ha⁻¹ de N, 9 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 26 kg ha⁻¹ de K₂O. O plantio foi realizado na densidade de 1.111 plantas por hectare, em setembro de 2019.

As fertilizações de produção com NPK foram realizadas no primeiro e no segundo ciclo de produção (safras 2020/2021 e 2021/2022). O P₂O₅ foi aplicado na pré-floração e as doses de N e K₂O foram parceladas em três aplicações, sendo a primeira realizada na pré-floração e as demais aos 60 e 120 dias após a aplicação da primeira, respectivamente. Após a

última parcela da fertilização mineral, em cada ciclo, foram aplicados 5 L de esterco bovino por planta. As quantidades de nutrientes fornecidas pela fonte orgânica foram consideradas no cálculo das doses de NPK. As fontes foram ureia (46% N), superfosfato simples (19% P₂O₅, 18% Ca e 20% S) e cloreto de potássio (58% K₂O). Os fertilizantes foram aplicados superficialmente ao solo, na projeção da copa das plantas.

O manejo da polinização foi adotado nos dois ciclos de produção para assegurar a frutificação das plantas de *H. polyrhizus* (espécie que apresenta autoincompatibilidade) e propiciar a produção de frutas de tamanho comercial. A polinização cruzada manual foi feita com grãos de pólen da espécie *Selenicereus undatus* (GUIMARÃES *et al.*, 2022), em todos os fluxos de florescimento das plantas, que ocorre de novembro a março, no local de cultivo dos experimentos.

As pitaias foram colhidas quando toda a superfície da casca tinha coloração vermelha e escamas ainda verdes. Após cada colheita foram medidos os diâmetros. Em amostras representativas foram avaliados o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT), a relação SS/AT, o pH da polpa, a espessura da casca e a umidade da casca e polpa, conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz (ZENEON; PASCUET; TIGLEA, 2008).

Os teores de nutrientes foram determinados a partir de 0,5 g de matéria seca de casca e polpa, adicionados de 10 mL de HNO₃, para digestão (SILVA, 2009). Após a digestão, nos extratos obtidos adicionou-se água destilada até o volume de 50 mL. Os teores de Ca, Mg, Fe, Mn e Zn foram determinados em espectrômetro de absorção atômica de chama ar-acetileno, o de P foi por espectrofotometria e o de K por fotometria de chama (SILVA, 2009). O teor de N foi determinado em analisador elementar, de acordo com ASTM D5373-21 (2021), Método de Teste A.

A exportação de nutrientes foi calculada por tonelada de frutas com base nos teores de nutrientes e na matéria seca da casca e da polpa das frutas, considerando a dose de N que proporcionou 90% da produtividade máxima, no primeiro ciclo de produção.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a estudos de regressão. As equações foram ajustadas em função das doses de N, P₂O₅ e K₂O. A partir das equações ajustadas para a produtividade, estimaram-se as doses de N, P₂O₅ e K₂O necessárias para a obtenção de 90% da produtividade máxima, considerada como sendo de máxima eficiência econômica (MALAVOLTA, 2006). A exportação de nutrientes foi estimada substituindo-se as doses de N, P₂O₅ e K₂O associadas à produtividade de máxima eficiência econômica nas equações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de nutrientes exportados por tonelada de casca e polpa apresentou diferenças em função das doses de N aplicadas no solo, nos dois experimentos, com e sem a realização de calagem (Tabela 1). Houve aumento da exportação de P e K em função as doses de P_2O_5 e K_2O .

A ordem de exportação de nutrientes no cultivo com calagem diferiu, contribuindo para a maior exportação de nutrientes, principalmente Ca, P e Mg na casca. Com calagem, a ordem avaliada na casca foi $K>N>Ca>Mn>P>Mg>Fe>Zn$ e, na polpa, $K>N>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn$, enquanto, no cultivo sem calagem, Ca, P e Mg na casca aparecem depois do Mn, $K>N>Mn>Ca>P>Mg>Fe>Zn$ e, na polpa, $K>N>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn$ (Tabela 1).

A diferença em relação ao manejo da calagem resultou nas seguintes quantidades de nutrientes exportados por tonelada de frutas (casca e polpa): 12,65 kg de K, 3,24 kg de N, 1,53 kg de Ca, 0,54 kg de P, 0,33 kg de Mg, 166,02 g de Mn, 12,67 g de Fe e 3,49 g de Zn, enquanto, no experimento sem calagem, foram 12,48 kg de K, 3,1 kg de N, 0,64 kg de Ca, 0,47 kg de P, 0,35 kg de Mg, 209,85 g de Mn, 15,06 g de Fe e 4,40 g de Zn. (Tabela 1). A quantidade exportada por tonelada de frutas (casca e polpa), em função das aplicações crescentes de P_2O_5 e K_2O , foi maior, 0,59 e 0,45 kg de P, e 14,09 e 14,03 kg de K, nos cultivos com e sem calagem, em comparação às quantidades exportadas em função da fertilização com N.

A ordem de exportação pode variar em função da espécie de pitaia cultivada, do tipo de solo, do manejo da fertilização e da produtividade. No presente trabalho, além do manejo da fertilização, houve aumento da exportação de nutrientes com o manejo da calagem e da produtividade (Tabela 2). A diferença está relacionada com o aumento da disponibilidade desses nutrientes no solo.

Tabela 1 – Quantidade (\hat{Y}) de nutrientes exportados (g), por tonelada de frutas, em função das doses de N (x) aplicadas no solo, no cultivo sem e com calagem, e equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de variação (CV), quantidade exportada máxima de P e K, em função das doses de P_2O_5 e K_2O .

Nutriente	Sem calagem	R^2	90% (g t ⁻¹)	CV (%)	Com calagem	R^2	90% (g t ⁻¹)	CV (%)
Casca								
N	$\hat{Y} = 546,25 + 3,2351x - 0,0061x^{2**}$	94,21	932,98	12,65	$\hat{Y} = 666,17 + 1,1006x^*$	93,07	999,65	24,90
P	$\hat{Y} = 145,69^{ns}$	-	-	22,59	$\hat{Y} = 149,04^{ns}$	-	-	19,06
K	$\hat{Y} = 7.586,90^{ns}$	-	-	16,81	$\hat{Y} = 7.672,83^{ns}$	-	-	19,71
Ca	$\hat{Y} = 106,44 + 0,279x^*$	92,83	157,22	17,76	$\hat{Y} = 443,27^{ns}$	-	-	36,32
Mg	$\hat{Y} = 133,61 - 0,3217x + 0,0006x^{2*}$	96,11	94,94	16,28	$\hat{Y} = 191,16 - 0,8636x + 0,0021x^{2**}$	94,16	122,29	23,25
Fe	$\hat{Y} = 7,8843 - 0,0305x + 0,00008x^{2*}$	92,59	4,98	42,41	$\hat{Y} = 5,84^{ns}$	-	-	36,24
Mn	$\hat{Y} = 28,426 + 1,374x - 0,0021x^{2*}$	98,83	208,93	30,04	$\hat{Y} = 41,681 + 0,374x^*$	98,24	155,02	36,84
Zn	$\hat{Y} = 1,2268 + 0,0082x - 0,00002x^{2*}$	88,76	2,06	25,78	$\hat{Y} = 1,53^{ns}$	-	-	32,12
Polpa								
N	$\hat{Y} = 2.169,31^{ns}$	-	-	21,99	$\hat{Y} = 2.241,11^{ns}$	-	-	30,84
P	$\hat{Y} = 254,82 + 0,5958x - 0,0011x^{2*}$	91,04	326,82	12,01	$\hat{Y} = 224,93 + 2,0123x - 0,0048x^{2**}$	95,57	393,97	26,41
K	$\hat{Y} = 4.888,72^{ns}$	-	-	11,11	$\hat{Y} = 4250,5 + 10,169x - 0,0256x^{2*}$	98,88	4.981,40	14,92
Ca	$\hat{Y} = 685,16 - 2,4297x + 0,0071x^{2*}$	64,42	478,14	35,91	$\hat{Y} = 1.091,09^{ns}$	-	-	7,95
Mg	$\hat{Y} = 254,48^{ns}$	-	-	10,53	$\hat{Y} = 205,72^{ns}$	-	-	21,57
Fe	$\hat{Y} = 10,08^{ns}$	-	-	33,57	$\hat{Y} = 6,83^{ns}$	-	-	33,32
Mn	$\hat{Y} = 4,3856 + 0,0359x^*$	94,64	10,92	33,94	$\hat{Y} = 3,3017 + 0,0254x^*$	95,87	11,0	37,91
Zn	$\hat{Y} = 2,34^{ns}$	-	-	14,87	$\hat{Y} = 1,96^{ns}$	-	-	21,15
Produtividade (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 2153,5 + 65,14x - 0,1162x^{2*}$	99,72	10.154,36 ^P	39,74	$\hat{Y} = 2564,3 + 27,272x^*$	84,75	10.824,92 ^P	32,47
N ^D (kg ha ⁻¹)	182	-	-	-	303	-	-	-
Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)								
P casca	$\hat{Y} = 112,6 + 0,313x^*$	98,17	184,90 ^M	22,59	$\hat{Y} = 113,48 + 0,3364x^*$	92,89	191,19 ^M	19,06
P polpa	$\hat{Y} = 311,25^{ns}$	-	-	12,01	$\hat{Y} = 303,11 + 1,5802x - 0,0063x^{2*}$	94,44	402,20 ^M	26,41
Doses de K_2O (kg ha ⁻¹)								
K casca	$\hat{Y} = 4077,4 + 31,729x - 0,0497x^{2*}$	99,92	9.141,43 ^M	16,81	$\hat{Y} = 4927,3 + 29,394x - 0,0556x^{2*}$	96,56	8.812,22 ^M	19,71
K polpa	$\hat{Y} = 4.888,72^{ns}$	-	-	11,11	$\hat{Y} = 3824 + 10,955x - 0,0206x^{2*}$	82,58	5.280,46 ^M	14,92

N^D, dose de N correspondente a 90% da produtividade máxima. ^P 90% da produtividade máxima. ^M valor máximo. ^{ns} não significativo. *, **, significativos, a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste t. ¹ Doses de P_2O_5 : 9, 64, 120 e 231 kg ha⁻¹ e K_2O : 26, 138, 249 e 360 kg ha⁻¹. Densidade de plantio: 1.111 plantas por hectare.

Tabela 2 – Quantidade de nutrientes exportados (kg) em função da estimativa de produtividade das plantas que não receberam fertilização mineral e correspondente a produtividade de máxima eficiência econômica, nos cultivos sem e com a realização de calagem, no primeiro e no segundo ciclo de produção de *Hylocereus polyrhizus*.

Produtividade (Mg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
	----- kg -----				
primeiro ciclo de produção com calagem					
2,92 ¹	9,46	1,58	36,94	4,47	0,96
10,82 ²	35,06	5,84	136,87	16,55	3,57
segundo ciclo de produção com calagem					
6,29 ¹	20,38	2,96	79,57	9,62	2,08
16,13 ²	52,26	7,58	204,04	24,68	5,32
primeiro ciclo de produção sem calagem					
2,98 ¹	9,24	1,40	37,19	1,91	1,04
10,15 ²	31,47	4,77	126,67	6,50	3,55
segundo ciclo de produção sem calagem					
3,38 ¹	10,48	1,59	42,18	2,16	1,18
16,08 ²	49,85	7,56	200,68	10,29	5,63

¹ sem fertilização mineral. ² dose de N correspondente a 90% da produtividade máxima. Densidade de plantio: 1.111 plantas por hectare.

Em relação ao tipo de solo, a ordem de exportação de nutrientes para os cladódios de espécies de pitaia cultivadas em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico e realização de calagem para elevar a saturação por bases para 60%, a ordem foi K>N>Ca>S>Mg>P (MOREIRA *et al.*, 2016), enquanto, em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico e calagem para elevar a saturação por bases para 70%, a ordem foi K>Ca>N>P>Mg>S (LIMA *et al.*, 2019). Para as frutas, resultados diferentes foram apresentados no estudo realizado por Rabelo *et al.* (2020b), em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico com calagem para elevar a saturação por bases a 60%, no qual Ca e Mg ficaram depois do P entre os macronutrientes: K>N>P>Ca>Mg>Mn>Fe>Cu>Zn>B. As diferenças na ordem de exportação refletem as características e a fertilidade dos solos, que variam de acordo com o clima das diferentes regiões de cultivo e as práticas de manejo, e servem de justificativas para as variações relatadas nos estudos citados.

A diferença relacionada ao manejo da calagem evidencia a importância da correção do solo. Sem a realização de calagem há menor exportação de Ca e aumento da exportação de micronutrientes como o Mn. Geralmente, em solos ácidos, os teores de Mn tendem a aumentar na matéria seca devido ao aumento da solubilidade e da disponibilidade deste nutriente quando

o pH do solo está baixo, entre 5,0 e 5,5 (MALAVOLTA, 2006), o que justifica a diferença na ordem de exportação no cultivo sem calagem.

Apesar das diferenças na ordem de exportação, o K tem sido apresentado como sendo o nutriente mais exportado (MOREIRA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2019; RABELO *et al.*, 2020b), assim como observado no presente estudo, em ambos os cultivos, com e sem a realização de calagem, com destaque para a casca. A maior quantidade exportada evidencia que a fertilização adequada de K é fundamental para a produção de frutas com maior composição de nutrientes, principalmente K, que é essencial para a qualidade (RABELO *et al.*, 2020a). De acordo com estes últimos autores, o K tem se destacado como o macronutriente que mais contribui para a melhoria da qualidade das pitaias e a sua deficiência resulta em redução do crescimento, da produção e da qualidade, principalmente no teor de açúcares das frutas. Isso ocorre porque ele é fundamental em processos metabólicos, como a síntese de proteínas e açúcares, sendo o responsável pelo transporte de açúcares e carboidratos produzidos pela fotossíntese para as frutas (MALAVOLTA, 2006). Além disso, os resultados observados no presente trabalho ampliam o aproveitamento tecnológico da casca na indústria, pois além de ser utilizada agente espessante e corante natural (PANTOJA, AMARAL; OTTONE, 2022), é uma fonte de nutrientes, principalmente K.

Considerando que a maioria dos solos tropicais é caracterizada por apresentar baixos teores de K, que é o principal nutriente acumulado na parte aérea e exportado para as frutas, a fertilização potássica é necessária nesses solos, assim como a reposição anual, ao final de cada ciclo de produção, pois, com a colheita, altas quantidades de K são retiradas do pomar, a exemplo das quantidades avaliadas no presente estudo, de 136,87 kg no primeiro e de 204,04 kg, no segundo ciclo de produção (Tabela 2).

O N aparece como o segundo nutriente mais exportado. A baixa disponibilidade de N limita o crescimento das plantas, influenciando a produção de matéria seca dos cladódios e das raízes, a emissão de novos cladódios, o comprimento dos cladódios formados, a produtividade e o tamanho das frutas (ALMEIDA *et al.*, 2014; ALVES *et al.*, 2021).

O destaque do Ca no cultivo com calagem, como o terceiro nutriente mais exportado, evidencia a importância da correção do solo com calcário para elevar os teores no solo e a disponibilidade para as plantas, sobretudo porque a redistribuição de Ca a partir dos cladódios para as frutas é baixa, devido a sua reduzida mobilidade no floema das plantas (MALAVOLTA, 2006). Para a produção de pitaias, o Ca é fundamental para evitar as rachaduras que podem ocorrer nas frutas, afetando a sua qualidade e tornando-as inadequadas para a comercialização. Ele atua na formação da parede celular, aumentando a resistência a pragas e a

doenças (SILVA; CRUZ; SALDANHA, 2022). A realização de calagem é a prática de manejo mais recomendada para o fornecimento de Ca e Mg nos cultivos de pitiaia (SILVA; CRUZ, SALDANHA, 2022), visando repor as quantidades exportadas pelas colheitas, além de melhorar outros atributos do solo (REIS *et al.*, 2020). Além disso, é possível a aplicação de fertilizantes com fontes de Ca e Mg, em situações que demandam o suprimento de forma rápida.

O P foi o quarto nutriente mais exportado para a polpa e o quinto para a casca, ficando entre os últimos macronutrientes exportados. Isso acontece porque o P é um dos macronutrientes primários menos exigidos pelas plantas, em termos quantitativos (MALAVOLTA, 2006). Entretanto, os solos brasileiros normalmente apresentam baixos teores de P e, assim, fertilizações que forneçam este nutriente são fundamentais para as plantas.

Em relação às características físico-químicas das frutas, não foram observadas diferenças em função das doses de N aplicadas no solo, nos experimentos sem e com calagem, nos dois ciclos de produção (Tabela 3). No cultivo com a realização da calagem, o teor de sólidos solúveis aumentou nas frutas em função da fertilização potássica. Os resultados observados em função do incremento da fertilização com K₂O proporcionou elevação do teor de sólidos solúveis de 14,6 °Brix para 19,1 °Brix, no primeiro ciclo de produção e de 17,1 °Brix para 19,7 °Brix, no segundo ciclo (Tabela 3).

A uniformidade no tamanho das frutas em relação aos diâmetros (transversal e longitudinal) e massa pode ser relacionada ao manejo da polinização manual, que foi uma prática de manejo comum a todas as plantas, independente da fertilização e da calagem. O aumento da quantidade de grãos de pólen que chega ao estigma das flores contribui para a uniformidade de tamanho das frutas porque influencia a quantidade de óvulos fecundados (GUIMARÃES *et al.*, 2022). Isso ocorre porque as sementes formadas secretam hormônios, como auxinas, que promovem o desenvolvimento do ovário, levando a frutas maiores (WEISS, NERD; MIZRAHI, 1994).

O aumento do teor de sólidos solúveis contribui para a melhoria da qualidade das frutas. O teor de sólidos solúveis é uma variável que serve de indicativo da doçura das frutas, que tem sido avaliada para definir o estágio adequado de colheita e assegurar a aceitação do consumidor (ARAÚJO *et al.*, 2022). De acordo com estes autores, é uma das características de qualidade mais importantes porque está relacionada com o sabor, correspondendo, principalmente, ao teor de açúcares, além de outros compostos nas frutas.

Tabela 3 – Características físico-químicas das frutas de *Hylocereus polyrhizus* em função das doses de N aplicadas no solo, nos cultivos sem e com calagem e valor máximo de sólidos solúveis em função das doses de K₂O, no primeiro e no segundo ciclo de produção.

Variável	Sem calagem	Com calagem
	Doses de N (kg ha ⁻¹) - primeiro ciclo de produção	
Diâmetro longitudinal (mm)	$\hat{Y} = 94,30^{ns}$	$\hat{Y} = 89,38^{ns}$
Diâmetro transversal (mm)	$\hat{Y} = 91,12^{ns}$	$\hat{Y} = 87,67^{ns}$
Sólidos solúveis (SS, °Brix)	$\hat{Y} = 16,38^{ns}$	$\hat{Y} = 16,84^{ns}$
Acidez titulável (AT, %)	$\hat{Y} = 0,15^{ns}$	$\hat{Y} = 0,17^{ns}$
SS/AT	$\hat{Y} = 111,13^{ns}$	$\hat{Y} = 101,71^{ns}$
pH da polpa	$\hat{Y} = 5,03^{ns}$	$\hat{Y} = 4,92^{ns}$
Espessura da casca (mm)	$\hat{Y} = 2,29^{ns}$	$\hat{Y} = 2,31^{ns}$
Umidade da polpa (%)	$\hat{Y} = 85,62^{ns}$	$\hat{Y} = 85,76^{ns}$
Umidade da casca (%)	$\hat{Y} = 88,78^{ns}$	$\hat{Y} = 89,06^{ns}$
	Doses de N (kg ha ⁻¹) - segundo ciclo de produção	
Diâmetro longitudinal (mm)	$\hat{Y} = 102,26^{ns}$	$\hat{Y} = 100,85^{ns}$
Diâmetro transversal (mm)	$\hat{Y} = 100,01^{ns}$	$\hat{Y} = 99,93^{ns}$
Sólidos solúveis (SS, °Brix)	$\hat{Y} = 18,08^{ns}$	$\hat{Y} = 18,40^{ns}$
Acidez titulável (AT, %)	$\hat{Y} = 0,32^{ns}$	$\hat{Y} = 0,33^{ns}$
SS/AT	$\hat{Y} = 60,43^{ns}$	$\hat{Y} = 58,45^{ns}$
pH da polpa	$\hat{Y} = 4,95^{ns}$	$\hat{Y} = 4,84^{ns}$
Espessura da casca (mm)	$\hat{Y} = 2,59^{ns}$	$\hat{Y} = 2,77^{ns}$
	Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	
Sólidos solúveis (°Brix) ¹	$\hat{Y} = 16,38^{ns}$	$\hat{Y} = 14,251 + 0,0134x^* R^2 = 91,79$ $\hat{Y} = 19,08^M$
Sólidos solúveis (°Brix) ²	$\hat{Y} = 18,08^{ns}$	$\hat{Y} = 16,941 + 0,0076x^* R^2 = 95,22$ $\hat{Y} = 19,68^M$

¹ primeiro ciclo de produção. ² segundo ciclo de produção. ^M valor máximo. ^{R²} coeficiente de determinação. ^{ns} não significativo. * diferentes, a 5% de probabilidade, pelo teste t. Doses de N: 13, 124, 235, 347 kg ha⁻¹ e K₂O: 26, 138, 249 e 360 kg ha⁻¹.

O aumento dos teores de sólidos solúveis é desejável porque valores acima de 12 °Brix proporcionam maior aceitação para consumo ao natural (WANITCHANG *et al.*, 2010). Além disso, frutas que são destinadas para a indústria que apresentam mais açúcares solúveis reduzem o custo de processamento, devido à dispensa ou à redução da incorporação de açúcar (SATO *et al.*, 2014). Os sólidos solúveis são associados à quantidade de açúcares na fruta e, portanto, é uma característica relacionada à aceitação para o consumo (RABELO *et al.*, 2020a).

A melhoria da qualidade das frutas das espécies *H. polyrhizus* e *S. undatus*, em função da fertilização potássica, foi relatada por Fernandes *et al.* (2018) e Rabelo *et al.* (2020a).

Nesses estudos, assim como observado no presente trabalho, os teores de sólidos (16,82 a 22,1 °Brix) foram superiores ao teor mínimo (12 °Brix) considerado para aceitação no mercado (WANITCHANG *et al.*, 2010). Esses estudos indicam a importância da fertilização com K₂O para a produção de pitaias com elevados teores de sólidos solúveis, o que é fundamental para a manutenção da sua qualidade após a colheita. Isso é importante porque as pitaias comumente apresentam variação nos teores de sólidos solúveis após a colheita, que podem reduzir significativamente em função da temperatura durante o armazenamento (BRUNINI; CARDOSO, 2011; DUARTE *et al.*, 2017). A redução do teor de sólidos solúveis durante o armazenamento sob condições de temperatura ambiente (sem refrigeração) ocorre pela utilização dos açúcares no processo respiratório (OSORIO; SCOSSA; FERNIE, 2013). Por isso é fundamental colher as frutas no estágio de maturação adequado para favorecer o teor de sólidos solúveis elevado, além do manejo da fertilização potássica e do armazenamento adequados.

A umidade da polpa e casca variou de 85,62% a 89,06%, o pH da polpa de 4,84 a 5,03 e a espessura da casca de 2,29 a 2,77 mm, no cultivo sem e com calagem (Tabela 3), nos dois ciclos de produção. As diferenças no cultivo com calagem também são importantes para a conservação das frutas após a colheita porque a maior parte da composição das pitaias é de água e o teor de umidade da fruta determina os cuidados com o armazenamento e a utilização de embalagens adequadas, além de influenciar o processamento, a qualidade e a composição nutricional (CRUZ; MOREIRA, 2022). O teor de água solubiliza importantes compostos, como vitaminas, minerais, açúcares e ácidos, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos, de forma que a segurança e a vida de prateleira sejam comprometidas (BOBBIO; BOBBIO, 2001). As pitaias apresentam tendência à baixa acidez, requerendo a administração de cuidados pós-colheita especiais para evitar as perdas das frutas, tendo em vista que os alimentos com pH maior que 4,5 são sujeitos à multiplicação microbiana (SATO *et al.*, 2014).

Os resultados do presente trabalho evidenciam que, no manejo da fertilização nos pomares de pitáia, além da análise de solo, é importante considerar as exportações de K>N>P pelas colheitas das frutas para o manejo das fertilizações de manutenção, ajustando com base na expectativa de colheita em cada safra. A calagem e a fertilização NPK para a manutenção dos pomares de pitáia são importantes, visando repor os nutrientes no solo. O manejo realizado adequadamente contribui para que todas as frutas atendam ao padrão de comercialização, possibilitando que o pomar atinja altas produtividades com a produção de frutas com qualidade comercial.

CONCLUSÕES

As quantidades de nutrientes exportados por tonelada de frutas de *Hylocereus polyrhizus* foram as seguintes: de K, 12,65 kg; de N, 3,24 kg; de Ca, 1,53 kg; de P, 0,54 kg; de Mg, 0,33 kg; de Mn, 166,0 g; de Fe, 12,67 g e de Zn, 3,49 g, com a realização de calagem no solo.

A ordem de exportação de nutrientes pelas pitaias diferiu na casca e na polpa, sendo, na casca, K>N>Ca>Mn>P>Mg>Fe>Zn e, na polpa, K>N>Ca>P>Mg>Mn>Fe>Zn.

A calagem aumenta a quantidade de nutrientes exportados para as frutas, principalmente Ca, P e Mg na casca.

A fertilização com K₂O melhora a qualidade das frutas nos pomares de pitaiá.

A calagem e a fertilização NPK devem ser realizadas no cultivo de pitaiá para adequar os teores de nutrientes no solo visando repor os nutrientes exportados pelas colheitas das frutas.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001 e à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por disponibilizarem a infraestrutura necessária para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, J. C. V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaiá [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 1018-1027, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-296/13>.

ALVES, D. A.; CRUZ, M. C. M.; LIMA, J. E.; SANTOS, N. C.; RABELO, J. M.; BARROSO, F. L. Productive potential and quality of pitaya with nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e01882, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01882>.

ARAÚJO, R. H. C. R.; SARMENTO, J. D. A.; TEODOSIO, A. E. M. M.; SANTOS, N. C. Colheita e pós-colheita. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaiá no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 238-265.

ASTM D5373-21. **Standard test methods for determination of carbon, hydrogen and nitrogen in analysis samples of coal and carbon in analysis samples of coal and coke**. v. 05.06. ASTM International: West Conshohocken, PA, 2021. 11 p. DOI: <https://doi.org/10.1520/D5373-21>.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 143 p.

BRUNINI, M. A.; CARDOSO, S. S. Qualidade de pitaias de polpa branca armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 78-84, 2011.

CONAGIN, A.; NAGAI, V.; IGUE, T. Delineamento 1/2(4x4x4) em blocos de oito unidades. **Instituto Agrônomo de Campinas**, 1997. 9 p. (Boletim Científico, 36).

CRUZ, M. C. M.; MOREIRA, R. A. Importância econômica, social e alimentar. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaiá no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 19-34.

DUARTE, M. H.; QUEIROZ, E. R.; ROCHA, D. A.; COSTA, A. C.; ABREU, C. M. P. Qualidade de pitaiá (*Hylocereus undatus*) submetida à adubação orgânica e armazenada sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2015115, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11515>.

FERNANDES, D. R.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; RABELO, J. M.; OLIVEIRA, J. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e35290, p. 1-9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35290>.

GUIMARÃES, A. G.; GIORDANI, S. C. O.; RECH, A. R.; COSTA, M. R. Biologia floral e polinização. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaiá no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 70-91.

LIMA, D. C.; MENDES, N. V. B.; CORRÊA, M. C. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; QUEIROZ, R. F.; NATALE, W. Growth and nutrient accumulation in the aerial part of red pitaya (*Hylocereus* sp.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452019030>.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1. ed. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, J. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 230-237, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4640813>.

OSORIO, S.; SCOSSA, F.; FERNIE, A. Molecular regulation of fruit ripening. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 198. p. 1-8, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00198>.

PANTOJA, L.; AMARAL, T. N.; OTTONE, M. Processamento e aproveitamento tecnológico. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitáia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 267-318.

RABELO, J. M.; CRUZ, M. C. M.; SENA, C. G.; PANTOJA, L. A.; SANTOS, A. S.; REIS, L. A. C.; GUIMARÃES, A. G. Potassium fertilization in the quality improvement and centesimal composition of pitaya. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 9, p. 658-665, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i9.2146>.

RABELO, J. M.; CRUZ, M. C. M.; SANTOS, N. C.; ALVES, D. A.; LIMA, J. E.; SILVA, E. B. Increase of nutrients export and production of pitaya whit potassium fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3276, p. 1-8, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3276>.

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**, v. 14, n. 11, p. 1756-1763, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.11.p2509>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SATO, S. T. A.; RIBEIRO, S. C. A.; SATO, M. K.; SOUZA, J. N. S. Caracterização física e físico-química de pitayas vermelhas (*Hylocereus costaricensis*) produzidas em três municípios paraenses. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 1, n. 2, p. 46-56, 2014.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

SILVA, E. B.; CRUZ, M. C. M.; SALDANHA, E. C. M. Calagem, adubação e nutrição das plantas. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitáia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 152-175.

WANITCHANG, J.; TERDWONGWORAKUL, A.; WANITCHANG, P.; NOYPITAK, S. Maturity sorting index of dragon fruit: *Hylocereus polyrhizus*. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 3, p. 409-416, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.025>.

WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1487-1492, 1994. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.12.1487>.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed., 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Versão eletrônica. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2022.

ARTIGO CIENTÍFICO 3

POLINIZAÇÃO CRUZADA MANUAL NA RENTABILIDADE DE POMAR DE PITAIA COM ESPÉCIES AUTOCOMPATÍVEIS E AUTOINCOMPATÍVEIS

RESUMO

A alta dependência da polinização cruzada em espécies de pitaia autoincompatíveis causa baixas produtividades. O objetivo, com a realização deste trabalho, foi comparar a rentabilidade do pomar de pitaia com o manejo da polinização cruzada manual e a polinização natural em espécies autocompatíveis e autoincompatíveis. Os dados foram obtidos de um pomar experimental formado com espécies *Hylocereus polyrhizus* (autoincompatível) e *Selenicereus undatus* (autocompatível). As flores das duas espécies foram polinizadas manualmente e naturalmente por polinizadores nativos, em todos os fluxos de floração das plantas. A avaliação da rentabilidade considerou as atividades estabelecidas desde a implantação e a manutenção até o terceiro ciclo produtivo do pomar. O manejo da polinização cruzada manual no pomar de pitaia incrementou a produtividade em mais de 150%, desde o primeiro ciclo de produção. A polinização cruzada manual possibilitou o retorno do capital investido em 1,0 hectare de pitaia no segundo ciclo produtivo do pomar, com rentabilidade de 76%. Com a polinização natural, o retorno do investimento inicial ocorreu no terceiro ciclo produtivo, com rentabilidade de 72%. A rentabilidade do pomar de pitaia é maior com a polinização cruzada manual em espécies autocompatíveis e autoincompatíveis em relação à polinização natural.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*, *Selenicereus undatus*, custos de produção, eficiência de produção, método de polinização, polinizadores naturais.

MANUAL CROSS-POLLINATION ON THE PROFITABILITY OF A PITAYA ORCHARD WITH SELF-COMPATIBLE AND SELF-INCOMPATIBLE SPECIES

ABSTRACT

The high dependence on cross-pollination in self-incompatible pitaya species causes low productivity. The objective, with the accomplishment of this work, was to compare the profitability of the pitaya orchard with the management of manual cross-pollination and natural pollination in self-compatible and self-incompatible species. Data were obtained from an experimental orchard formed with species *Hylocereus polyrhizus* (self-incompatible) and *Selenicereus undatus* (self-compatible). The flowers of both species were manually and naturally pollinated by native pollinators, in all flowering fluxes of the plants. The profitability assessment considered the established activities from implementation and maintenance to the third productive cycle of the orchard. The management of manual cross-pollination in pitaya orchards increased productivity by more than 150%, from the first production cycle. Manual cross-pollination made it possible to return the capital invested in 1.0 hectare of pitaya in the second productive cycle of the orchard, with a return of 76%. With natural pollination, the return on the initial investment occurred in the third production cycle, with a return of 72%. The profitability of pitaya orchard is higher with manual cross-pollination in self-compatible and self-incompatible species compared to natural pollination.

Keywords: *Hylocereus polyrhizus*, *Selenicereus undatus*, production costs, production efficiency, pollination method, natural pollinators.

1 INTRODUÇÃO

A alta dependência da polinização cruzada é considerada a principal causa da baixa produtividade em espécies de pitaia autoincompatíveis, como a *Hylocereus polyrhizus* (F. A. C. Weber) Britton & Rose (LICHTENZVEIG *et al.*, 2000). No entanto, é questionado se a polinização manual é totalmente dispensável em espécies de pitaia autocompatíveis. Nas espécies que ocorrem a autofecundação, a exemplo de alguns clones de *Selenicereus undatus* (Haw.) D. R. Hunt (TRAN; YEN, 2014; MENEZES *et al.*, 2015a; TRAN; YEN; CHEN, 2015), há uma discussão sobre a polinização manual ser necessária ou se a autopolinização e a polinização feita por polinizadores nativos são suficientes para alcançar altas produtividades. Há resultados de trabalhos que evidenciam, na espécie *S. undatus*, a produção de frutas com mais sementes, mais pesadas, quando as flores foram polinizadas manualmente, comparadas às que foram autopolinizadas espontaneamente ou polinizadas naturalmente por insetos (MENEZES *et al.*, 2015a, 2015b).

Mesmo nos clones autocompatíveis ocorre deficiência na autopolinização ou na polinização realizada pelos visitantes florais nos pomares de pitaia. Isso pode ocorrer devido à morfologia floral, ou seja, a diferença de altura do estigma e das anteras (GUIMARÃES *et al.*, 2022). No caso da polinização natural, a ação de polinizadores nativos no transporte de grãos de pólen até o estigma das flores pode ser insuficiente. Além disso, a polinização natural pode ser influenciada pelas condições climáticas do local de cultivo, pois a ocorrência de chuva, por exemplo, durante a antese, reduz a visitação dos polinizadores. Além disso, a presença de alguns visitantes florais, como as abelhas arapuás (*Trigona spinipes*), espécie muito comum nos pomares de pitaia no Brasil, pode interferir negativamente na polinização (MUNIZ *et al.*, 2019). Outros fatores, como a diversidade de espécies na área de cultivo e o tamanho do pomar, podem também afetar a polinização.

A eficiência da polinização depende do número de flores polinizadas e da quantidade de óvulos fecundados, pois assim maior será a quantidade de sementes na fruta com consequência direta em seu tamanho e massa. Esse aspecto é altamente desejável para a produção de pitaia em escala comercial, uma vez que frutas maiores alcançam melhores preços no mercado, enquanto as frutas que alcançam massa inferiores a 0,150 kg, normalmente, não são destinadas a comercialização (FAO-WHO, 2004).

O aumento da rentabilidade em pomares de pitaia pode estar relacionado com o aumento da produtividade e da qualidade das frutas e a redução dos custos de produção. Em relação aos custos, os produtores preferem o cultivo de espécies de pitaia que são

autocompatíveis para reduzir os custos com mão de obra, pois, quando há presença de polinizadores naturais, os serviços manuais podem ser reduzidos.

O manejo da polinização manual pode ser uma alternativa para mercados que desejam frutas maiores, pois há o incremento de massa, quando a fecundação ocorre com grãos de pólen de outras plantas (DAG; MIZRAHI, 2005; SILVA; MARTINS; CAVALLARI, 2011; LONE; TAKAHASHI; FARIA, 2017). Dessa forma, informações relacionadas à rentabilidade da produção de pitaia com a polinização cruzada manual e natural possibilitam a avaliação da viabilidade desta prática de manejo nos pomares. Assim, este trabalho foi realizado visando comparar a rentabilidade do pomar de pitaia com o manejo da polinização cruzada manual e a polinização natural em espécies autocompatíveis e autoincompatíveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um pomar situado a 18°04'41"S, 43°27'27"W e 729 m de altitude, no município de Couto de Magalhães de Minas, estado de Minas Gerais, Brasil. O clima é **Aw**, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen-Geiger. As médias anuais das temperaturas mínima, média e máxima são de 16,1 °C, 21,3 °C e 26,5 °C, respectivamente, e a média da precipitação anual é de 1.183 mm. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (SANTOS *et al.*, 2018), com 59% de areia, 24% de argila e 17% de silte e baixos teores de nutrientes e matéria orgânica.

O preparo do solo foi feito a partir do resultado da análise química, procedendo-se à aração, gradagem, correção da acidez com calcário dolomítico em área total, abertura de covas e fertilização de plantio. A fertilização foi calculada a partir do resultado da análise química do solo, que apresentava teores de matéria orgânica e de nutrientes classificados como baixo e muito baixos (ALVAREZ V. *et al.*, 1999) e nas quantidades de nutrientes necessários para se obter 90% da produtividade máxima, considerada a produtividade de máxima eficiência econômica (MALAVOLTA, 2006), e na exportação de nutrientes por tonelada de pitaiá produzida, a partir de trabalhos realizados nas regiões nordeste e sudeste do Brasil (CORRÊA *et al.*, 2014; MOREIRA *et al.*, 2016; FERNANDES *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2019; SANTANA, 2019; RABELO *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2021).

O pomar foi implantado com as espécies *H. polyrhizus* e *S. undatus*, visando assegurar a polinização natural, realizada naturalmente por agentes polinizadores, na espécie *H. polyrhizus*, que é autoincompatível e depende da polinização cruzada (LICHTENZVEIG *et al.*, 2000).

O plantio foi realizado no espaçamento de 3 × 3 m, com uma muda por cova, totalizando 48 mudas já enraizadas para cada espécie, plantadas intercaladas nas linhas de plantio. O sistema de condução utilizado foi a partir da aquisição de postes de concreto de 2,5 m, instalados a 1,7 m de altura do solo, e de vigas de 1 m, para a estrutura horizontal em forma de "T".

As fertilizações de crescimento e produção foram parceladas em três aplicações (RABELO *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2021) para disponibilizar as doses de N, P₂O₅ e K₂O e as fontes utilizadas foram ureia (46% N), superfosfato simples (19% P₂O₅, 18% Ca e 20% S) e cloreto de potássio (58% K₂O). A complementação foi realizada com esterco bovino, adicionado na cova (10 kg) e em cobertura (5 kg) (SILVA; CRUZ; SALDANHA, 2022).

As práticas culturais manuais estabelecidas para o manejo do pomar foram as podas de formação, para favorecer a condução das plantas sobre o tutor; de limpeza, realizadas anualmente para distribuir os cladódios produtivos e o manejo das plantas daninhas no período das chuvas, de outubro a março, a partir da capina manual na projeção da copa e roçagem no restante da área.

No período de florescimento das plantas, novembro a março, nas condições climáticas do local de cultivo, foi realizado o manejo da polinização cruzada manual. Os grãos de pólen foram coletados nas flores das plantas cortando-se as anteras com uma tesoura, acondicionando-os em um recipiente, e, logo após, com o auxílio de um pincel, foram colocados no estigma das flores da outra espécie (GUIMARÃES *et al.*, 2022). Este procedimento foi realizado nas duas espécies, polinizando-se todas as flores das plantas, em 24 plantas para cada espécie. Nas outras plantas correspondentes à polinização natural, as flores das espécies *H. polyrhizus* e *S. undatus* foram polinizadas pelos visitantes florais naturalmente, em 24 plantas para cada espécie.

A cada colheita, todas as frutas foram contadas e pesadas para determinar a massa, o número de frutas por planta e a produção por planta, calculando-se a produtividade. A produtividade foi determinada considerando-se a comercialização de todas as frutas colhidas.

Os coeficientes técnicos dos custos de implantação e manutenção de 1,0 ha para a produção da pitaita foram obtidos a partir da cotação de preços na região em que foi realizado este trabalho, em 2021, considerando as informações técnicas de manejo estabelecidas no pomar experimentalmente (FERNANDES *et al.*, 2018; RABELO *et al.*, 2020; ALVES *et al.*, 2021), visando estimar o tempo de retorno do investimento no pomar.

A metodologia para o cálculo de custo de produção utilizada foi adaptada de Matsunaga *et al.* (1976) e Conab (2020). Os custos de produção levantados basearam-se no custo operacional efetivo (COE), nas despesas demandadas com insumos, nas operações mecanizadas e manuais utilizadas para a implantação e a manutenção do pomar durante os ciclos produtivos e no custo operacional total (COT), nas despesas relacionadas com a aquisição de mudas, no sistema de condução, além de ferramentas e embalagens, entre outros itens necessários. Buscou-se contemplar todos os itens de dispêndio, explícitos ou não, que devem ser assumidos pelo produtor, desde as fases iniciais até a colheita da pitaita.

Os valores considerados nos cálculos de receita bruta foram baseados em pesquisas feitas na Central de Abastecimento de Minas Gerais, Grande BH (CeasaMinas, 2020-2021). A receita bruta foi estimada a partir da produtividade, multiplicada pelo preço de comercialização,

em cada ciclo de produção avaliado, visto que as despesas com transporte são custeadas pelo comprador.

Os cálculos referentes ao custo de mão de obra consideraram o pagamento de meio salário mínimo mensal (salário bruto), referente à contratação de um funcionário fixo numa jornada de meio período, para as operações manuais como a demarcação de área e alinhamento, fertilizações, capinas, podas, roçadas e monitoramento de pragas, e de diárias para a realização de atividades esporádicas, como a polinização manual e colheita. O custo de mão de obra foi expresso pelo valor de diária paga aos trabalhadores rurais, e o das operações mecanizadas, pelo valor pago por hora-máquina de um trator médio (75 cv), praticados na região em que foi realizado este trabalho. A depreciação de máquinas não foi considerada por utilizar o preço de alocação, prática adotada na região.

O fator terra própria (CONAB, 2020) foi calculado com base no município de Couto de Magalhães de Minas, MG, para pomar de aptidão regular (EMATER, 2020). O valor das mudas mais o do frete foi calculado em um viveiro registrado no Sistema Nacional de Sementes e Mudas (Renasem).

A análise da rentabilidade da cultura constitui-se na diferença entre a receita bruta e o custo operacional total por hectare e mede a rentabilidade da atividade no curto prazo, para cada ciclo produtivo. Neste trabalho, a análise da rentabilidade foi realizada de forma simplificada, considerando os custos de produção do pomar a ser implantado até o terceiro ciclo de produção. Assim, os dados foram avaliados a partir de uma análise descritiva de todas as variáveis para comparar o manejo com a polinização cruzada manual e natural, nas duas espécies.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes técnicos para a manutenção de um pomar de 1,0 ha de pitaiá mostraram que, adotando-se a prática da polinização cruzada manual, o custo operacional total foi, em média, 40% maior nos três ciclos de produção, em relação à polinização natural (Tabela 1).

Os resultados de produtividade foram semelhantes para as duas espécies e por isso são apresentados os dados médios, ou seja, independentemente de a espécie ser ou não autocompatível, a resposta para manejo da polinização cruzada manual foi satisfatória (Tabela 2). O manejo da polinização cruzada manual contribuiu para aumentar a produtividade do pomar desde o primeiro ciclo de produção das espécies *H. polyrhizus* e *S. undatus*, alcançando 6,3 Mg ha⁻¹, enquanto que com a polinização natural a produtividade foi de 2,43 Mg ha⁻¹ (Tabela 2). No segundo e no terceiro ciclos de produção as produtividades médias foram de 18,3 e 28,1 Mg ha⁻¹, com a polinização cruzada manual e de 6,29 e 10,6 Mg ha⁻¹, com a polinização natural, respectivamente.

O incremento de produtividade da polinização cruzada manual em relação à polinização natural foi de 159%, 191% e 165%, nos três ciclos de produção avaliados (Tabela 2). Esse incremento em produtividade pode ser atribuído ao aumento da massa das frutas e do número de frutas produzidas por planta. A massa média nos três ciclos de produção foi de 0,471 kg e o número de frutas produzidas por planta foi crescente com o manejo da polinização cruzada manual, enquanto que com a polinização natural a produção média de frutas por planta foi menor nos três ciclos de produção, alcançando massa média de 0,190 kg.

A diferença de produtividade em função das polinizações cruzada manual e natural reflete a porcentagem de frutificação; na polinização cruzada manual a fecundação ocorreu em 97% das flores polinizadas, resultando em frutas de maiores massas (Tabela 2). Por outro lado, com a polinização natural, a porcentagem de frutificação média foi de 87%, resultando em frutas de menores massas. Isso indica que, além da fecundação, a quantidade de grãos de pólen depositada no estigma das flores é importante para os ganhos em produtividade.

Tabela 1 – Coeficientes técnicos para a manutenção de 1,0 ha de *Hylocereus polyrhizus* e *Selenicereus undatus*, com manejo da polinização cruzada manual e polinização natural, do primeiro ao terceiro ciclo de produção, densidade de 1.111 plantas por hectare.

Especificação	Unidade	Primeiro ciclo de produção			Segundo ciclo de produção			Terceiro ciclo de produção		
		Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor (R\$)	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor (R\$)	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor (R\$)
Insumos agrícolas										
Superfosfato simples 19% P ₂ O ₅	saco de 50 kg	6	109,00	654,00	7	109,00	763,00	8	109,00	872,00
Ureia 46% N	saco de 50 kg	6	155,00	930,00	7	155,00	1.085,00	8	155,00	1.240,00
Cloreto de potássio 58% K ₂ O	saco de 50 kg	4	154,00	616,00	5	154,00	770,00	6	154,00	924,00
Esterco bovino cobertura	tonelada	6	150,00	900,00	6	150,00	900,00	6	150,00	900,00
Subtotal 1				3.100,00			3.518,00			3.936,00
Operações manuais										
Roçagem (3×)*										
Adubação orgânica (1×)*										
Capina*										
Fertilização de produção (3×)*										
Podas*										
Monitoramento de pragas*										
Funcionário fixo	meio salário mínimo mensal	12	826,84	9.922,08	12	826,84	9.922,08	12	826,84	9.922,08
Polinização (5×) PM	homem-dia	5	30,00**	150,00	15	30,00**	450,00	25	30,00**	750,00
Colheita (5×) PM	homem-dia	15	60,00	900,00	35	60,00	2.100,00	60	60,00	3.600,00
Colheita (5×) PN	homem-dia	5	60,00	300,00	15	60,00	900,00	20	60,00	1.200,00
Subtotal 2 PM				10.972,08			12.472,08			14.272,08
Subtotal 2 PN				10.222,08			10.822,08			11.122,08
Custo operacional efetivo PM				14.072,08			15.990,08			18.208,08
Custo operacional efetivo PN				13.322,08			14.340,08			15.058,08
Outras despesas										
Caixa papelão 11 kg*** PM	unidade	578	5,20	3.005,60	1.680	5,20	8.736,00	2.810	5,20	14.612,00
Caixa papelão 11 kg*** PN	unidade	223	5,20	1.159,60	578	5,20	3.005,60	1.060	5,20	5.512,00
Subtotal 3 PM				3.005,60			8.736,00			14.612,00
Subtotal 3 PN				1.159,60			3.005,60			5.512,00
Custo operacional total PM				17.077,68			24.726,08			32.820,08
Custo operacional total PN				14.481,68			17.345,68			20.570,08

PM, polinização manual. PN, polinização natural. Custo operacional efetivo PM = Subtotal 1 + Subtotal 2 PM. Custo operacional efetivo PN = Subtotal 1 + Subtotal 2 PN. Custo operacional total PM = Custo operacional efetivo PM + Subtotal 3 PM. Custo operacional total PN = Custo operacional efetivo PN + Subtotal 3 PN. * operações manuais realizadas pelo funcionário fixo. ** trabalho em meio período. *** 56,4×37,6×14,4 cm (C×L×A).

Tabela 2 – Rentabilidade de 1,0 ha de pitaia das espécies *Hylocereus polyrhizus* e *Selenicereus undatus*, com manejo da polinização cruzada manual e polinização natural, do primeiro ao terceiro ciclo de produção, densidade de 1.111 plantas por hectare.

Especificação	Unidade	Primeiro ciclo de produção		Segundo ciclo de produção		Terceiro ciclo de produção	
		Polinização natural	Polinização manual	Polinização natural	Polinização manual	Polinização natural	Polinização manual
Preço médio (P)	R\$/kg	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80
Massa média das frutas	kg	0,210	0,502	0,190	0,489	0,170	0,423
Número de frutas por planta	unidade	11	13	30	35	50	60
Produtividade (PT)	kg/ha	2.430	6.300	6.290	18.300	10.600	28.100
Receita bruta (RB)	R\$/ha/ciclo	23.814,00	61.740,00	61.642,00	179.340,00	103.880,00	275.380,00
COT manutenção	R\$/ha/ciclo	14.481,68	17.077,68	17.345,68	24.726,08	20.570,08	32.820,08
COT implantação	R\$/ha	62.221,03	62.221,03	52.888,71	17.558,71	8.592,39	0,00
Rentabilidade (RT)	R\$/ha/ciclo	-52.888,71	-17.558,71	-8.592,39	137.055,21	74.717,53	242.559,92
Índice de rentabilidade (IR)	%	-222,09	-28,44	-13,94	76,42	71,93	88,08

RB = P x PT. RT = RB - (COT manutenção + COT implantação). IR = RT/RB*100. COT, custo operacional total. A produtividade é a média das duas espécies.

A diferença observada ao custo operacional total se deve à demanda por mão de obra para o manejo da polinização cruzada manual e colheita. Além disso, a aquisição de embalagens para o transporte e a comercialização das frutas colhidas da polinização cruzada manual também eleva os custos em relação à polinização natural, tendo em vista a maior produtividade do pomar em relação à polinização natural. O manejo adotado no pomar influencia nos custos de produção, que podem ser variáveis. Em um pomar que adotou a polinização natural e a fertilização com fontes orgânicas, em torno de 70% dos custos, foram para a aquisição de adubos orgânicos e mão de obra (MARQUES *et al.*, 2012). No entanto, a demanda por mão de obra nas práticas de polinização e colheita é importante para o desenvolvimento das regiões produtoras de pitaita, a partir da geração de emprego e renda, tendo em vista que os pomares de pitaita são perenes, com vida útil de 20 a 30 anos, sendo estas atividades uma alternativa de renda extra (EVANS; HUNTLEY, 2011). Mesmo assim, os resultados observados no presente trabalho evidenciam um aspecto relevante para a tomada de decisão dos produtores em relação à adoção do manejo da polinização cruzada manual, mesmo para o cultivo de espécies que são autocompatíveis, pois é possível aumentar a rentabilidade e reduzir o tempo para o retorno de seu investimento inicial.

Quanto à produtividade, com a polinização natural, a quantidade de grãos de pólen depositada no estigma das flores tende a ser menor, resultando em frutas de menor tamanho, em todos os ciclos avaliados (Tabela 2), o que se deve à autoincompatibilidade dos clones da mesma espécie e à deficiência da polinização (LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006). A eficiência da polinização cruzada manual torna-se maior devido à maior quantidade de grãos de pólen que é depositada nas flores (DAG; MIZRAHI, 2005; SENA, 2022) e, conseqüentemente, maior produtividade. Nas espécies autocompatíveis a polinização natural diminui com a incidência de chuva na abertura das flores, pois esse fator reduz a visitação dos insetos polinizadores e a oferta de grãos de pólen, diminuindo o índice de frutificação e o tamanho das frutas (SILVA; MARTINS; CAVALLARI, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2022). Além disso, a ocorrência de precipitação no dia da antese tem sido apontada como um elemento responsável pela redução da viabilidade dos grãos de pólen (MENEZES *et al.*, 2015b).

Nas espécies autoincompatíveis tem sido observada ausência de frutificação em *S. undatus* polinizada com os próprios grãos de pólen (SILVA; MARTINS; CAVALLARI, 2011) e, quando a polinização é feita manualmente, utilizando-se grãos de pólen de *H. polyrhizus* e *Selenicereus costaricensis*, ocorre a produção de frutas com maior massa (LONE; TAKAHASHI; FARIA, 2017). Além disso, a origem dos grãos de pólen pode influenciar as características relacionadas ao sabor da fruta. A produção de frutas utilizando grãos de pólen

de *Selenicereus setaceus* resultou em frutas mais ácidas comparadas às frutas provenientes da polinização com grãos de pólen de *H. polyrhizus* (SILVA; MARTINS; CAVALLARI, 2011).

A morfologia floral é outro fator que também limita a polinização natural em espécies autocompatíveis, que pode ocasionar menor produtividade em relação à polinização cruzada manual (Tabela 2). Nas flores da maioria das espécies de pitiaia as anteras localizam-se abaixo do estigma, dificultando a autopolinização, o que pode ser considerado um indicador da necessidade de realização da polinização manual (TRAN; YEN; CHEN, 2015). Isso porque essa característica aumenta a dependência de agentes polinizadores para a produção em escala comercial.

Considerando os coeficientes técnicos levantados para a implantação e a manutenção do pomar das espécies *H. polyrhizus* e *S. undatus*, adotando-se o manejo da polinização cruzada manual, o índice de rentabilidade positivo de 76,42% foi alcançado no segundo ciclo de produção, pagando-se o custo operacional total da implantação e manutenção (Tabela 2). Por outro lado, ao estabelecer a polinização natural no pomar, a rentabilidade foi negativa em 13,94%, no segundo ciclo de produção, sendo necessário mais um ciclo produtivo para se alcançar o retorno positivo do investimento realizado. Somente no terceiro ciclo de produção foi possível pagar todos os custos envolvidos na implantação e na manutenção de 1,0 ha de pitiaia com a polinização natural, obtendo-se rentabilidade positiva de 71,93%; por outro lado, com o manejo da polinização cruzada manual, a rentabilidade atinge 88,08% nesse mesmo ciclo.

Outro aspecto importante a ser considerado na tomada de decisão de adotar o manejo da polinização cruzada manual é a classificação das frutas para a comercialização. Sem a realização de práticas de manejo que favoreçam a qualidade e aumentem a produtividade comercial, os produtores podem perder, em média, 46% da produção, pelo fato de as frutas não apresentarem padrão para a comercialização (SANTOS, 2020). Neste presente trabalho considerou-se a comercialização de todas as frutas colhidas, entretanto, na polinização natural, as frutas têm menor massa e podem não atingir o padrão comercial, que é de, no mínimo, de 0,150 kg (FAO-WHO, 2004; ASEAN STAN 42, 2015), o que pode acarretar menor rentabilidade, pois a produção de frutas de padrões comerciais será menor.

No planejamento de um pomar de pitiaia, a fonte de grãos de pólen e o método de polinização são importantes para a produção. O manejo da polinização cruzada manual propicia a produção de frutas de maiores massas, aumenta a produtividade do pomar, antecipa o retorno do investimento inicial e mantém o índice de rentabilidade superior ao da polinização natural (Tabela 2). Assim, a polinização cruzada manual é uma alternativa em regiões onde

polinizadores naturais são escassos, devendo ser considerada, inclusive, para espécies autocompatíveis, principalmente para grandes áreas e quando as condições climáticas são desfavoráveis. Com isso, a polinização cruzada manual pode ser recomendada para aumentar a frutificação e a produtividade dos pomares de pitaia.

O investimento inicial para a implantação de um pomar de pitaia tende a ser alto porque, no levantamento dos coeficientes técnicos, na densidade de 1.111 plantas por hectare, as despesas com a aquisição dos insumos agrícolas representam 6,5%, as operações manuais e mecanizadas, 17,9% e outras despesas necessárias, 75,5%, em relação ao custo operacional total (Tabela 3). A aquisição do sistema de condução e das mudas representa 53,6% do custo operacional total.

Os valores da rentabilidade relatados neste trabalho não contemplam possíveis prejuízos que podem ocorrer na cadeia de produção da pitaia, seja por ataque de pragas e doenças, por problemas no manejo, por alterações meteorológicas ou por fatores na relação entre a oferta e a demanda dos consumidores, o que pode alterar a rentabilidade. A probabilidade é menos de 1% para que a produção de pitaia não seja uma atividade lucrativa (EVANS; HUNTLEY, 2011).

Tabela 3 – Coeficientes técnicos para a implantação de 1,0 ha de pitaiá, na região do Alto Jequitinhonha, estado de Minas Gerais, densidade de 1.111 plantas por hectare.

Especificação	Unidade	Implantação		
		Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor (R\$)
Insumos agrícolas				
Superfosfato simples 19% P ₂ O ₅	saco de 50 kg	10	109,00	1.090,00
Ureia 46% N	saco de 50 kg	4	155,00	620,00
Cloreto de potássio 58% K ₂ O	saco de 50 kg	2	154,00	308,00
Calcário dolomítico PRNT 80%	tonelada	2	114,00	228,00
Esterco bovino plantio	tonelada	12	150,00	1.800,00
Subtotal 1				4.046,00
Operações mecanizadas				
Aração (2×)	hora-máquina	2,5	80,00	200,00
Gradagem (1×)	hora-máquina	1,5	80,00	120,00
Calagem	hora-máquina	1	80,00	80,00
Covas	hora-máquina	6	80,00	480,00
Subtotal 2				880,00
Operações manuais				
Demarcação de área*				
Instalação de tutores	homem-dia	3	60,00	180,00
Fertilização plantio (covas)*				
Plantio e condução	homem-dia	3	60,00	180,00
Roçagem (3×)*				
Capina*				
Fertilização pós-plantio (3×)*				
Poda de formação*				
Monitoramento de pragas*				
Funcionário fixo	meio salário mínimo mensal	12	826,84	9.922,08
Subtotal 3				10.282,08
Custo operacional efetivo				15.208,08
Outras despesas				
Terra própria	hectare	1	3.466,75	3.466,75
Tutor em concreto “T”	unidade	1.111	25,00	27.775,00
Mudas + frete	unidade	1.111	5,00	5.555,00
Roçadeira costal	unidade	1	2.348,90	2.348,90
Enxada	unidade	2	57,50	115,00
Tesoura de poda	unidade	2	134,00	268,00
Pá	unidade	1	26,00	26,00
Cavadeira articulada	unidade	1	40,00	40,00
Fita plástica para condução	kg	6	23,00	138,00
Caixa plástica 25 kg	unidade	12	26,00	312,00
Carrinho de mão	unidade	2	200,00	400,00
Análise de solo	unidade	2	30,00	60,00
Galpão de metal 4 × 9 m	m ²	36	180,00	6.480,00
Subtotal 4				46.984,65
Impostos	R\$/ha/ano	1	28,30	28,30
Custo operacional total				62.221,03

Custo operacional efetivo = Subtotal 1 + Subtotal 2 + Subtotal 3. Custo operacional total = Custo operacional efetivo + Subtotal 4 + Impostos. * operações manuais realizadas pelo funcionário fixo.

CONCLUSÕES

O manejo da polinização cruzada manual no pomar de pitaia incrementou a produtividade em mais de 150%, desde o primeiro ciclo de produção.

A polinização cruzada manual possibilitou o retorno do capital investido em 1,0 hectare de pitaia no segundo ciclo produtivo do pomar, com rentabilidade de 76%. Com a polinização natural, o retorno do investimento inicial ocorreu no terceiro ciclo produtivo, com rentabilidade de 72%.

A rentabilidade do pomar de pitaia é maior com a polinização cruzada manual em espécies autocompatíveis e autoincompatíveis em relação à polinização natural.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001. Agradecemos à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por propiciarem a infraestrutura necessária para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-32.
- ALVES, D. A.; CRUZ, M. C. M.; LIMA, J. E.; SANTOS, N. C.; RABELO, J. M.; BARROSO, F. L. Productive potential and quality of pitaya with nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e01882, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01882>.
- ASEAN STAN 42. **Asean standard for dragon fruit**. 2015. 8 p.
- CONAB. **Norma metodologia do custo de produção 30.302**. 2020. 45 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000_sistema_de_operacoes/30.302_Norma_Metodologia_de_Custo_de_Producao.pdf. Acesso em: 10 maio 2021.
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-297/13>.
- DAG, A.; MIZRAHI, Y. Effect of pollination method on fruit set and fruit characteristics in the vine cactus *Selenicereus megalanthus* ("yellow pitaya"). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 80, n. 5, p. 618-622, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511987>.
- EMATER. **Valor de terra nua 2020**. Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/portal.do?flagweb=novosite_pagina_interna&id=191. Acesso em: 10 maio 2021.
- EVANS, E. A.; HUNTLEY, J. Economics of establishing and producing pitaya in Southern Florida: a stochastic budget analysis. **HorTechnology**, v. 21, n. 2, p. 246-251, 2011.
- FAO-WHO, Codex Alimentarius, International food standards. **Standard for Pitahayas**. CODEX STAN (237-2003). 2004. 4 p.
- FERNANDES, D. R.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; RABELO, J. M.; OLIVEIRA, J. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e35290, p. 1-9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35290>.
- GUIMARÃES, A. G.; GIORDANI, S. C. O.; RECH, A. R.; COSTA, M. R. Biologia floral e polinização. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 70-91.

- LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits:2006021>.
- LICHTENZVEIG, J.; ABBO, S.; NERD, A.; TEL-ZUR, N.; MIZRAHI, Y. Cytology and mating system in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. **American Journal of Botany**, v. 87, n. 7, p. 1058-1065, 2000. DOI: <https://doi.org/10.2307/2657005>.
- LIMA, D. C.; MENDES, N. V. B.; CORRÊA, M. C. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; QUEIROZ, R. F.; NATALE, W. Growth and nutrient accumulation in the aerial part of red pitaya (*Hylocereus* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-29452019030>.
- LONE, A. B.; TAKAHASHI, L. S. A.; FARIA, R. T. Influência dos diferentes tipos de pólen sobre a qualidade do fruto de pitaya. **Agropecuária Catarinense**, v. 30, n. 2, p. 51-53, 2017.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1. ed. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MARQUES, V. B.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MOREIRA, R. A. Custo de produção e rentabilidade na cultura da pitaya sob o efeito de adubação orgânica. **Científica**, v. 40, n. 2, p. 138-149, 2012.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MENEZES, T. P.; RAMOS, J. D.; BRUZI, A. T.; COSTA, A. C.; RAMOS, P. S. Autopolinização e qualidade de fruto em pitaya vermelha (*Hylocereus undatus*). **Magistra**, v. 27, n. 3/4, p. 387-394, 2015a.
- MENEZES, T. P.; RAMOS, J. D.; BRUZI, A. T.; COSTA, A. C. Artificial pollination and fruit quality in red pitaya. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 801-807, 2015b. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-22424>.
- MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, J. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 230-237, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4640813>.
- MUNIZ, J. P. O.; BOMFIM, I. G. A.; CORRÊA, M. C. M.; FREITAS, B. M. Floral biology, pollination requirements and behavior of floral visitors in two species of pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 4, p. 640-649, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190076>.
- RABELO, J. M.; CRUZ, M. C. M.; SANTOS, N. C.; ALVES, D. A.; LIMA, J. E.; SILVA, E. B. Increase of nutrients export and production of pitaya whit potassium fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3276, p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3276>.

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

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, N. C. **Quantidade de frutas por cladódios na qualidade e na produtividade comercial de pitaia**. 2020. 44 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

SENA, C. G. **Biologia floral e polinização de espécies de pitaia**. 2022. 39 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Diamantina, 2022.

SILVA, A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1162-1168, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400014>.

SILVA, E. B.; CRUZ, M. C. M.; SALDANHA, E. C. M. Calagem, adubação e nutrição das plantas. In: CRUZ, M. C. M.; MARTINS, R. S. (Orgs.). **Pitaia no Brasil, nova opção de cultivo**. Florianópolis: Epagri, 2022. p. 152-175.

TRAN, D. H.; YEN, C. R. Morphological characteristics and pollination requirement in red pitaya (*Hylocereus* spp.). **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, v. 8, n. 3, p. 202-206, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1091526>.

TRAN, H. D.; YEN, C. R.; CHEN, Y. K. H. Effect of pollination method and pollen source on fruit set and growth of red-peel pitaya (*Hylocereus* spp.) in Taiwan. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 90, n. 3, p. 254-258, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.11513179>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam que, para o cultivo de espécies de pitaia em áreas que apresentam solo ácido e baixos teores de nutrientes, é necessário o manejo da calagem, visando corrigir o pH, elevar a saturação por bases e o requerimento de Ca e Mg, aliado a fertilização adequada com NPK, para repor os nutrientes que são exportados pelas colheitas das frutas, a fim de assegurar a produção de pitaias com qualidade comercial e o aumento de produtividade dos pomares.

O manejo da polinização cruzada manual aumenta a produtividade e a rentabilidade dos pomares de pitaia, possibilitando que os produtores tenham renda maior em relação à polinização natural. Espécies de pitaia autocompatíveis e autoincompatíveis alcançam maior produtividade quando polinizadas manualmente e, mesmo que o custo de produção seja maior com esse manejo, no segundo ciclo de produção do pomar a rentabilidade é maior em relação a pomares com polinização natural, resultando em frutas com maior tamanho e uniformes, além de mais frutas por planta.

APÊNDICE – Doses de NPK dispostas em esquema fatorial fracionado 1/2(4×4×4), distribuídas no delineamento em blocos casualizados com quatro blocos de oito tratamentos.

Número da parcela	Tratamento NPK	Doses (kg ha ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bloco I				
1	111	13	9	26
2	122	13	64	138
3	133	13	120	249
4	144	13	231	360
5	212	124	9	138
6	221	124	64	26
7	234	124	120	360
8	243	124	231	249
Bloco II				
9	313	235	9	249
10	324	235	64	360
11	331	235	120	26
12	342	235	231	138
13	414	347	9	360
14	423	347	64	249
15	432	347	120	138
16	441	347	231	26
Bloco III				
17	114	13	9	360
18	123	13	64	249
19	132	13	120	138
20	141	13	231	26
21	213	124	9	249
22	224	124	64	360
23	231	124	120	26
24	242	124	231	138
Bloco IV				
25	312	235	9	138
26	321	235	64	26
27	334	235	120	360
28	343	235	231	249
29	411	347	9	26
30	422	347	64	138
31	433	347	120	249
32	444	347	231	360

