

ÍTALA TAVARES GUIMARÃES

**USO DO CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL NA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA
BATATA-DOCE**

Botucatu

2024

ÍTALA TAVARES GUIMARÃES

**USO DO CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL NA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA
BATATA-DOCE**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp, Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

Orientador: Adalton Mazetti Fernandes

Botucatu

2024

G963u Guimarães, Ítala Tavares
Uso do clorofilômetro portátil na adubação nitrogenada da batata-doce / Ítala Tavares Guimarães. -- Botucatu, 2024
81 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Adalton Mazetti Fernandes

1. Ipomoea batatas. 2. Nutrição mineral. 3. Clorofilômetro portátil. 4. Adubação nitrogenada. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

USO DO CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL NA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA BATATA-DOCE

AUTORA: ÍTALA TAVARES GUIMARÃES

ORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES (Participação Presencial)
Centro de Raizes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP

Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS (Participação Virtual)
Agronomia e Recursos Naturais / FCAVR - UNESP Registro

Pesquisador Dr. VALDEMIR ANTÔNIO PERESSIN (Participação Virtual)
Centro de Horticultura / Instituto Agronômico de Campinas

Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Dr.^a MAGALI LEONEL (Participação Presencial)
Centro de Raizes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP

Botucatu, 02 de agosto de 2024.

*A todas as pessoas vindas do ensino público,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

Gratidão ao senhor Deus e aos seres de luz por nunca me desepararem, pela força dada em todos os momentos, pela coragem em continuar e não desanimar diante das dificuldades ou tristezas. Não foram dias fáceis, mas cada momento foi uma aprendizagem de grande valia!

Agradeço profundamente à minha mãe, Ivanilda Tavares Irineu e ao meu irmão, Diego Sâmio Guimarães, por sempre me apoiarem incondicionalmente em todas as minhas decisões, incluindo a escolha de seguir na pós-graduação, mesmo enfrentando tempos difíceis, como iniciar o doutorado no auge de uma pandemia.

Aos amigos Hilbaty Rodrigues e Raoni Camatta, agradeço a calorosa acolhida quando cheguei em 2020, obrigada por me receberem tão bem em Botucatu.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, minha gratidão pela infinita paciência em todas as etapas do desenvolvimento desse projeto, sempre disponível para esclarecer dúvidas, com explicações detalhadas e pelo empenho em fazer com que o projeto fosse concluído.

Ao técnico de campo, Elder Mattos, agradeço o apoio durante a implantação e condução do projeto em todas as áreas de cultivo. Sua colaboração e dedicação foram fundamentais para o progresso dessa pesquisa.

Aos amigos que fiz durante minha estadia em Botucatu, agradeço o companheirismo em todos os momentos. Fabrício E. Rodrigues e Politon T. Guedes minha gratidão pela irmandade, amizade, apoio integral, paciência, conversas, troca de conhecimentos e conselhos. Vocês foram essenciais nos dias alegres, no auxílio em campo e laboratório.

Ao meu colega de doutorado e de CERAT, Yuji Watanabe pela amizade e pelo auxílio prestado em um dos meus experimentos.

Ao meu colega de departamento, Ricardo Tajra, agradeço o apoio durante todo o desenvolvimento do meu projeto.

Gratidão a Michelane Lima, pessoa com quem dividi moradia e amiga, agradeço por ter me acolhido em sua casa e pela amizade construída ao longo dos dias.

Expresso minha gratidão ao técnico de laboratório do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), Luís Henrique Urbano pelo apoio durante minhas análises, pela paciência em esclarecer dúvidas e pela amizade demonstrada durante meu período no CERAT.

Agradeço à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA)/ UNESP, Câmpus de Botucatu e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Horticultura), pela oportunidade de cursar o doutorado em suas dependências

Aos produtores rurais que disponibilizaram suas áreas agrícolas para a implantação dos experimentos e aos funcionários da Fazenda Experimental da UNESP em São Manuel, pela assistência recebida.

A todos os funcionários que fazem parte do CERAT, agradeço o apoio, assistência prestada e contribuições para o desenvolvimento do meu projeto de tese e a toda a equipe que auxiliou nos experimentos em campo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro e suporte ao projeto (Proc. FAPESP n. 2021/12973-0).

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

E por fim, agradeço a todos e todas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa. Afinal, “o trabalho é sempre uma atividade coletiva.

*“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela
tampouco a sociedade muda.”*

FREIRE, P. Pedagogia da Indignação: cartas pedagógicas e outros escritos.
Edição organizada por Ana Maria Araújo Freire. Carta- prefácio de Balduino
A. Andreola. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2000. p. 67.

RESUMO

O manejo da adubação mineral é tema de discussão, especialmente sobre o equilíbrio entre as necessidades das culturas e a redução dos impactos ambientais causados pelo excesso de fertilizantes. No caso da batata-doce, apesar de sua alta absorção de nitrogênio (N), doses excessivas favorecem o crescimento vegetativo em vez das raízes tuberosas, enquanto a carência de N reduz a produtividade. Tecnologias como o clorofilômetro portátil têm sido usadas para otimizar a adubação nitrogenada, permitindo uma avaliação rápida do estado nutricional da planta com base no índice relativo de clorofila (IRC). O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de biomassa na planta, a absorção e exportação de N e a produtividade de raízes em resposta a aplicação de diferentes doses de N aplicadas com base no índice de suficiência de nitrogênio (ISN) de 90% obtido com auxílio do clorofilômetro portátil. O experimento foi conduzido nos municípios de Braúna, São Manuel e Regente Feijó, ambos no estado de São Paulo, utilizando o delineamento de blocos ao acaso, com 4 repetições. Os tratamentos foram representados pelo tratamento controle (sem N no plantio ou cobertura), adubação recomendada de N (50 kg ha^{-1} de N), adubação de referência (150 kg ha^{-1} de N) e os tratamentos monitorados com clorofilômetro que receberam 0 ou 15 kg ha^{-1} de N no plantio e 0,4 ou $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de N por 0,1 unidade de ISN <90% em cobertura. Concluiu-se que o uso do clorofilômetro para previsão da adubação nitrogenada resultou em economia de N apenas quando a disponibilidade hídrica foi baixa. Entretanto, o clorofilômetro não se mostrou eficiente em prever a demanda de N da batata-doce durante estações de cultivo com maior regime de chuvas. A aplicação de 15 kg ha^{-1} de N no plantio, associada com o índice de 0,4 kg de N por 0,1 unidade de ISN, foi o tratamento que mais se aproximou das quantidades de N aplicadas no manejo recomendado, mantendo a produtividade comercial.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*; nutrição mineral; clorofilômetro portátil; adubação nitrogenada.

ABSTRACT

The management of mineral fertilization is a topic of discussion, especially regarding the balance between crop needs and the reduction of environmental impacts caused by excess fertilizers. In the case of sweet potato, despite its high nitrogen (N) absorption, excessive N rates favor vegetative growth instead of storage roots, while N deficiency reduces root yield. Technologies such as the chlorophyll meter have been used to optimize N fertilization, allowing a rapid assessment of the nutritional status of the plant based on the relative chlorophyll index (RCI). The objective of this study was to evaluate the accumulation of biomass in the plant, absorption and removal of N, and the root yield in response to the application of different N rates applied based on the nitrogen sufficiency index (NSI) of 90% obtained with the aid of the portable chlorophyll meter. The experiment was conducted in the municipalities of Braúna, São Manuel and Regente Feijó, both in the state of São Paulo, using a randomized block design with 4 replications. The treatments were represented by the control treatment (no N at planting or topdressing), recommended N fertilization (50 kg ha⁻¹ N), reference fertilization (150 kg ha⁻¹ N) and treatments monitored with a chlorophyll meter that received 0 or 15 kg ha⁻¹ N at planting and 0.4 or 1.0 kg ha⁻¹ N per 0.1 unit of ISN <90% in topdressing. It was concluded that the use of the chlorophyll meter to predict N fertilization resulted in N savings only when rainfall was low. However, the chlorophyll meter was not efficient in predicting the N demand of sweet potato during growing seasons with higher rainfall. The application of 15 kg ha⁻¹ N at planting, associated with the rate of 0.4 kg N per 0.1 unit of ISN, was the treatment that most closely matched the amounts of N applied in the recommended management, maintaining marketable root yield.

Keywords: *Ipomoea batatas*; mineral nutrition; portable chlorophyll meter; nitrogen fertilizer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1– Temperaturas máximas e mínimas e precipitação registradas nas áreas experimentais durante os ensaios nas áreas de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP29
- Figura 2 – Teores de matéria orgânica (M.O- A), amônio (NH_4^+ - B) e nitrato (NO_3^- - C) em amostras de solo incubadas das áreas de Braúna, São Manuel e Regente Feijó-SP, coletadas antes do plantio da batata-doce. Barras verticais indicam o erro padrão das médias.....40
- Figura 3 – Índice de suficiência de N nas folhas em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil durante o ciclo de desenvolvimento da batata-doce cultivada nos municípios de Braúna- SP (A), São Manuel-SP (B) e (C) Regente Feijó-SP.42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Épocas de aplicação e doses de N aplicadas (kg ha ⁻¹) em cada local de plantio de acordo com os tratamentos.....	30
Tabela 2- Atributos químicos do solo das áreas experimentais na profundidade de 0-0,20 m antes da instalação dos experimentos. Média de quatro repetições	32
Tabela 3- Índice relativo de clorofila nas folhas em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil durante o ciclo de desenvolvimento da batata-doce cultivada nos municípios de Braúna- SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP.....	45
Tabela 4- Teor de N nas folhas (g kg ⁻¹) em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da batata-doce cultivada nos municípios de Braúna, São Manuel e Regente Feijó.....	48
Tabela 5- Coeficientes de correlação de Pearson (r) do IRC (SPAD) com os teores de N (g kg ⁻¹) nas folhas da cultura da batata-doce cultivada nos municípios de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP.....	54
Tabela 6- Teores de macro (g kg ⁻¹) e micronutrientes (mg kg ⁻¹) na folha diagnóstica em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP.....	57
Tabela 7- População final de plantas (plantas ha ⁻¹), número de raízes por planta (nº planta ⁻¹), massa média das raízes (g raiz ⁻¹) e produtividade de raízes (t ha ⁻¹) em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna, São Manuel e Regente Feijó.....	60
Tabela 8- Quantidade de N acumulada (t ha ⁻¹) na parte aérea, raiz tuberosa e na planta inteira em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna, São Manuel e Regente Feijó.....	65

Tabela 9- Teores de N na parte aérea (g kg⁻¹) e raízes tuberosas (g kg⁻¹) e quantidades de N absorvidas (kg ha⁻¹) e exportadas (kg ha⁻¹) em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó- SP..... 67

Tabela 10- Teores matéria seca (MS), açúcares redutores, totais, amido e proteína nas raízes tuberosas em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP..... 70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	Origem e características batata-doce.....	22
2.2	Importância econômica.....	24
2.3	Manejo de adubação nitrogenada na cultura da batata-doce.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	Locais e características das áreas experimentais.....	28
3.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	30
3.3	Instalação e condução dos experimentos.....	31
3.4	Avaliações.....	33
3.4.1	<i>Teores de matéria orgânica, NH_4^+ e NO_3^- no solo incubado.....</i>	33
3.4.2	<i>Índice relativo de clorofila nas folhas.....</i>	34
3.4.3	<i>Teor de N nas folhas.....</i>	34
3.4.4	<i>Teor de nutrientes na folha diagnose.....</i>	34
3.4.5	<i>Acúmulo de matéria seca, teor, extração e exportação de N.....</i>	34
3.4.6	<i>População final de plantas.....</i>	35
3.4.7	<i>Número, massa média e produtividade de raízes tuberosas.....</i>	35
3.4.8	<i>Teor de MS nas raízes tuberosas.....</i>	36
3.4.9	<i>Teor de proteína nas raízes tuberosas.....</i>	36
3.4.10	<i>Teores de açúcares redutores, totais e amido nas raízes tuberosas.</i>	36
3.5	Análise estatística.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1	Teores de matéria orgânica, NH_4^+ e NO_3^- no solo incubado.....	39
4.2	Índice de suficiência de N (ISN), índice relativo de clorofila e teor de N nas folhas da batata-doce.....	41
4.3	Teor de nutrientes na folha diagnose.....	54
4.4	População final de plantas, massa média e produtividade das raízes de batata-doce em função do manejo da adubação nitrogenada.....	59

4.5	Quantidade de N acumulado nas partes da planta e na planta inteira, extração e exportação de n pela cultura da batata-doce.....	64
4.6	Teores de açúcares redutores, totais, amido, matéria seca e proteína nas raízes tuberosas.....	69
5	CONCLUSÕES.....	72
	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), originária das Américas do Sul e Central, é uma cultura de fácil cultivo e representa a quinta hortaliça mais consumida pelos brasileiros, além de ser uma importante fonte de amido. No entanto, para atingir altas produtividades, é essencial adotar técnicas de manejo que favoreçam o ótimo desenvolvimento das raízes de reserva (Echer; Creste, 2015; Montes; Pantano, 2013; Embrapa, 2021). O manejo eficiente da adubação, com aplicação precisa de nutrientes em quantidades e períodos adequados, de forma equilibrada e conforme as necessidades da planta, é crucial para otimizar a produtividade das raízes.

O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais absorvido pela batata-doce. Ele participa da formação de aminoácidos, proteínas, enzimas e clorofila. Assim, plantas deficientes em N apresentam clorose uniforme nas folhas, crescimento lento e baixa produção de raízes comerciais (Alves *et al.*, 2009; Galeriani *et al.*, 2020).

Com o avanço da tecnologia, o monitoramento rápido e preciso das condições do campo se tornou mais acessível. O clorofilômetro portátil, por exemplo, é uma ferramenta que auxilia no manejo da adubação nitrogenada, permitindo a medição do Índice Relativo de Clorofila (IRC) nas folhas. A partir desses dados, é possível calcular o Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN), que orienta a necessidade de aplicação de N (Barbosa *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2024).

Estudos preliminares indicam que um ISN de 90% é o mais adequado para definir o momento de aplicar N, mas ainda não se sabe qual seria a dose ideal de N a ser aplicada quando o ISN sinaliza essa necessidade (Rodrigues, 2023).

Em outras culturas, como o feijão, adota-se uma dose entre 1,0 e 1,5 kg ha⁻¹ de N para cada 0,1 unidade de ISN abaixo de 90% (Silveira; Gonzaga, 2017). Entretanto, no caso da batata-doce, não há estudos em condições brasileiras que indiquem a dose ideal de N. Portanto, é necessário determinar a dose mais eficiente de N para maximizar a produtividade das raízes, melhorar sua qualidade e reduzir os custos com fertilizantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e características botânicas da batata-doce

A batata-doce [*Ipomoea batatas* L. (Lam).] é originária das Américas Central e do Sul, mais precisamente na região do México (Península de Yucatán), até a região da Colômbia. Entretanto, relata-se que seu registro mais antigo ocorreu em cavernas localizadas no Peru, há mais de 10 mil anos, baseado em referências encontradas e sua domesticação tenha ocorrido nos últimos 5 mil anos. Entretanto há uma discussão no meio científico sobre o exato período de descoberta, centro de origem e domesticação dessa hortaliça, sendo o mais aceito que ela é originária da América Central e Norte da América do Sul (Echer; Creste, 2015; Montes; Pantano, 2013; Roullier et al., 2013; Oliveira et al., 2015; Embrapa Hortaliças 2021).

Pertencente à família botânica Convolvulaceae, a batata-doce é uma planta dicotiledônea do gênero *Ipomoea* e da espécie [*Ipomoea batatas* L. (Lam).]. Apresenta um mecanismo fotossintético do tipo C₃, devido ao primeiro produto estável da assimilação do CO₂ ser um ácido de três carbonos (Taiz et al., 2017). Embora seja uma planta perene, é cultivada como cultura anual em regiões de clima tropical e temperadas quentes, sendo que dependendo do manejo e das condições climáticas, seu ciclo varia de 12 a 35 semanas (Montes e Pantano, 2013; Oliveira, et al., 2015; Embrapa Hortaliças, 2021).

A batata-doce dentro da família das Convolvuláceas é a única espécie hexaplóide, propagada clonalmente, com 90 cromossomos ($2n=6x=90$) com alta variabilidade, o que proporciona a diversidade genética em várias regiões de cultivo no Brasil e no mundo (Filgueira, 2008; Carmona et al., 2015; Echer; Creste, 2015; Montes; Pantano, 2013; Oliveira et al., 2015; Embrapa Hortaliças, 2021).

A espécie [*Ipomoea batatas* L. (Lam).] possui grande importância econômica, têm um papel social e nutricional crucial para a alimentação humana, alimento de grande aporte energético que faz parte da dieta do brasileiro. Nos últimos anos, o consumo vem aumentando e a procura pela hortaliça tem ocorrido principalmente por pessoas voltadas a prática esportiva, além de ser também

utilizada na alimentação animal (Oliveira; Matias; Mota, 2012; Montes; Pantano, 2013; Oliveira *et al.*, 2015).

A batata-doce é base alimentar em muitos países asiáticos, latino-americanos e africanos, possui versatilidade, sendo muito utilizada no setor industrial. Essa importância da batata-doce é possível devido à fácil adaptabilidade da cultura a diferentes condições de clima e solo, embora seja uma cultura que tenha melhor desenvolvimento de raízes em solos arenosos (Thiele *et al.*, 2017; Truong *et al.*, 2018; Bevilaquia *et al.*, 2019; Embrapa Hortaliças, 2021; Kakabouki *et al.*, 2021).

Há diversos métodos de propagação da batata-doce, como o uso de mudas, retiradas das ramas das plantas antes da colheita das raízes, mudas produzidas em viveiros, brotos removidos diretamente da batata, ou ainda por meio da batata-semente, estacas, além de mudas obtidas por cultura de tecidos (Neto; Lima; Ribeiro, 2022).

O método de propagação mais comum entre os produtores é o uso de ramas (propagação vegetativa). Para isso, são retiradas ramas do campo com cerca de 30 cm de comprimento, provenientes de plantas com 60 a 90 dias de desenvolvimento, quando estão no auge do crescimento vegetativo (Echer, Creste, 2015; Montes, Pantano, 2013; Rós; Narita; Hirata, 2014; Candido, 2022; Neto; Lima; Ribeiro, 2022).

A propagação da batata-doce por meio de ramas proporciona um bom desenvolvimento das plantas, além de ser uma alternativa econômica. No entanto, de cada planta adulta podem ser retiradas, no máximo, duas ramas. Essas ramas devem ser tratadas com fungicidas e inseticidas antes de serem levadas ao campo, garantindo assim a sanidade da lavoura (Echer; Creste, 2015; Rós; Narita; Hirata, 2014; Neto; Lima; Ribeiro, 2022).

O hábito de crescimento da planta de batata-doce é rasteiro, com ramas que se expandem de forma horizontal, ou ereto, dependendo do tamanho dos internódios e da disponibilidade de água. Além do caule ser comprido e cilíndrico, possui cores e pilosidade variáveis, suas folhas, a depender da cultivar, podem ser inteiras, dentadas ou lobuladas, com dois lóbulos direto ou arredondado, as flores são hermafroditas, com necessidade de fecundação cruzada, devido sua autoincompatibilidade (Echer; Creste, 2015; Montes; Pantano, 2013; Galeriani *et al.*, 2020; Candido, 2022).

O florescimento da batata-doce só ocorre em algumas cultivares, mesmo em condições favoráveis de campo. Apenas um pequeno número de botões florais floresce, entretanto, em algumas cultivares há uma alta floração. Os frutos são do tipo cápsula, de formato esférico, pontudos, podendo ser pubescente ou glabros (Echer; Creste, 2015).

A batata-doce possui dois tipos de sistema radicular, denominados de raízes de reserva (ou tuberosas) e raízes fibrosas (ou absorventes), sendo as últimas responsáveis pela absorção de nutrientes, água e pela fixação da planta no solo (Embrapa Hortaliças, 2021).

As raízes tuberosas são a parte de interesse comercial, localizam-se na parte lateral do sistema radicular e são órgãos de reserva da planta de batata-doce. Armazenam produtos da fotossíntese (especialmente amido), possuem colorações distintas de casca, a depender da variedade, e podem possuir diversas cores de polpa (branca, amarela, avermelhada, rosada, alaranjada ou roxa). O formato da batata-doce pode variar de acordo com a cultivar, podendo ser mais arredondado ou alongado (Montes; Pantano, 2013; Embrapa Hortaliças, 2021).

As raízes de armazenamento inicialmente são induzidas ao crescimento especialmente em dias curtos, com alta luminosidade, altos níveis de sacarose, entretanto, sua formação é inibida devido ao alto teor de nitrogênio (N) e substâncias como o ácido giberélico, além de altas temperaturas (Echer; Creste, 2015; Embrapa Hortaliças, 2021).

O período mais crítico de crescimento ocorre nas primeiras quatro semanas após o plantio, onde dá-se início a formação das raízes tuberosas, compreendendo seu ciclo de desenvolvimento entre 90 e 150 dias após o plantio, que pode variar de acordo com as condições climáticas de cada região (Echer; Creste, 2015; Oliveira *et al.*, 2015; Embrapa Hortaliças, 2021).

2.2 Importância econômica

A batata-doce é uma cultura com ampla utilidade, sendo produzida em 111 países. Sua produção mundial em 2019 chegou a 92 milhões de toneladas. O maior produtor mundial localiza-se no continente asiático, sendo a China detentora da maior área mundial de cultivo, atingindo em 2022 uma área plantada de 2,2 milhões de ha, com produção de 46,6 Mt e um rendimento médio de 21,7 t

ha⁻¹, além de serem os maiores consumidores da raiz tuberosa, no qual é responsável por aproximadamente 50% da produção mundial. Atualmente o segundo maior produtor da cultura é a Nigéria, localizada no continente africano, mais precisamente na África Central, possui atualmente a segunda maior área de cultivo com 1,5 milhões de ha (Bevilaquia *et al.*, 2019; Embrapa, 2021; Faostat, 2023).

O Brasil possui cerca de 58.540 ha de área plantada, e a produção brasileira de batata-doce em 2022 foi de 847,1 mil t, alcançando produtividade média de 14,5 t ha⁻¹ e ocupando a 14^a posição entre os países produtores de batata-doce. O estado de São Paulo, um dos principais produtores no país, se destaca com uma produção de 160,5 mil t, seguido do Rio Grande do Sul (155,1 mil t) e o Ceará (116,7 mil t), de acordo com o SIDRA/IBGE (2022).

2.3 Manejo de adubação nitrogenada na cultura da batata-doce

Embora o N seja o segundo nutriente mais absorvido pela cultura da batata-doce, a adubação nitrogenada deve ser feita de forma equilibrada. O excesso de N favorece o crescimento exagerado da parte aérea, prejudicando a formação das raízes tuberosas, devido à grande absorção do nutriente pela cultura (Alves *et al.*, 2009; Montes, 2013; Galeriani *et al.*, 2020).

Já a deficiência de N na batata-doce compromete a produtividade, com crescimento limitado dos rebentos, diminuição da atividade fotossintética, apresentando menor área foliar, modifica o ciclo vegetativo, reduz o acúmulo de amido, alterando a firmeza da polpa das raízes e o rendimento das raízes de reserva (Alves *et al.*, 2009; Rosado, 2016; Galeriani *et al.*, 2020; Fernandes *et al.*, 2024).

O desequilíbrio nutricional é um dos fatores que interferem na disponibilidade de nutrientes na batata-doce. A deficiência ou o excesso de N causam a produção de raízes tuberosas fora do padrão comercial ou com tamanho pequeno, além de interferir na produção de amido e glicose, alterando a firmeza e textura das batatas-doces e prejudicando a qualidade pós-colheita (Alves *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2009; Montes, 2013; Galeriani *et al.*, 2020).

As doses de N recomendadas pelos boletins técnicos para a cultura da batata-doce não são altas (Peressin *et al.*, 2022), porém, há indícios de que a

planta possa interagir com microrganismos do solo, se beneficiando do processo de fixação simbiótica do N atmosférico.

Dessa forma, a adubação nitrogenada na batata-doce deve ser feita com bastante critério para evitar excessos e fornecer as quantidades necessárias do nutriente para que a cultura atinja produtividade máxima de raízes com menores custos (Ankumah *et al.*, 2003; Alves *et al.*, 2009).

Em geral, as recomendações de adubação nitrogenada para a batata-doce indicam que aplicação do nutriente deve ser fracionada, aplicando-se uma parte no plantio (10 a 20 kg ha⁻¹) e o restante em cobertura (30 a 40 kg ha⁻¹), aproximadamente aos 30-45 dias após o plantio (Peressin *et al.*, 2022).

No entanto, para realizar uma adubação correta, equilibrada e que satisfaça todas as exigências das plantas, a inserção de novas ferramentas no campo se faz necessária. Uma tecnologia que pode auxiliar no manejo da adubação nitrogenada permitindo predizer de forma precisa e rápida os momentos ideais de fornecimento de N para as culturas como o clorofilômetro portátil (SPAD) é uma das alternativas no aprimoramento de um manejo adequado de adubação com N para a cultura da batata-doce como verificado em outras culturas (Peng, 1993; Furlani *et al.*, 1996; Hussain *et al.*, 2000; Argenta *et al.*, 2003; Carvalho *et al.*, 2003).

O clorofilômetro portátil é um equipamento que pode ser utilizado em campo, os dados são fornecidos de forma rápida e prática, medindo o índice relativo de clorofila nas folhas (IRC) ou índice SPAD. As leituras do SPAD quantificam a intensidade da cor verde das folhas, através da intensidade da luz, expressando os resultados em comprimentos de onda que vão de 650 nm, os quais são absorvidos pela molécula de clorofila até 940 nm, o qual não é absorvido pela molécula de clorofila (Yadava, 1986; Barbosa Filho *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2024).

O índice SPAD se correlaciona com o teor de clorofila das folhas e o teor de N foliar, o que permite detectar de modo eficaz e antecipado se há ou não deficiência de N. O equipamento detecta se há necessidade de adubação bem antes da planta mostrar sintomas visuais de deficiência (Samborski *et al.*, 2009).

Em culturas como arroz, café, algodão, feijão e batata, o clorofilômetro vem sendo adotado com bastante êxito para o monitoramento da adubação nitrogenada. Porém, como forma de padronizar as leituras do clorofilômetro e as

recomendações de adubação nitrogenada, criou-se o índice de suficiência de N (ISN), o qual é obtido pela relação entre as leituras com o aparelho nas parcelas estudadas e as leituras de uma parcela referência, na qual não há deficiência de N (aplica-se cerca de 2-3 vezes a dose recomendada) (Varvell *et al.*, 1997; Maia *et al.*, 2012; Silveira; Gonzaga, 2017; Fernandes *et al.*, 2021).

Em muitos estudos têm se observado que o manejo da adubação nitrogenada com clorofilômetro permite aumentar a eficiência no uso do N, detectando suficiência do nutriente e evitando sua aplicação desnecessária (Maia *et al.*, 2012; Fernandes *et al.*, 2021).

Além disso, estudos em feijão, por exemplo, têm mostrado que o ISN de 90% é mais adequado para definir o limite abaixo do qual deve ser aplicado N em cobertura para otimizar a eficiência de uso do N aplicado (Maia *et al.*, 2012).

Rodrigues (2023), em estudos prévios com batata-doce demonstrou que o ISN de 90% é mais adequado do que o ISN de 95% para definir o momento da aplicação de N nesta espécie tuberosa. Contudo, ainda não está claro qual seria a melhor dose de N a ser aplicada em cobertura nos momentos em que o clorofilômetro indicar a necessidade de adubação.

Dessa forma, com a definição do melhor valor de ISN (Rodrigues, 2023) e da dose ideal a ser aplicada, o manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil será uma ferramenta fundamental para otimizar o uso do N e reduzir os excessos.

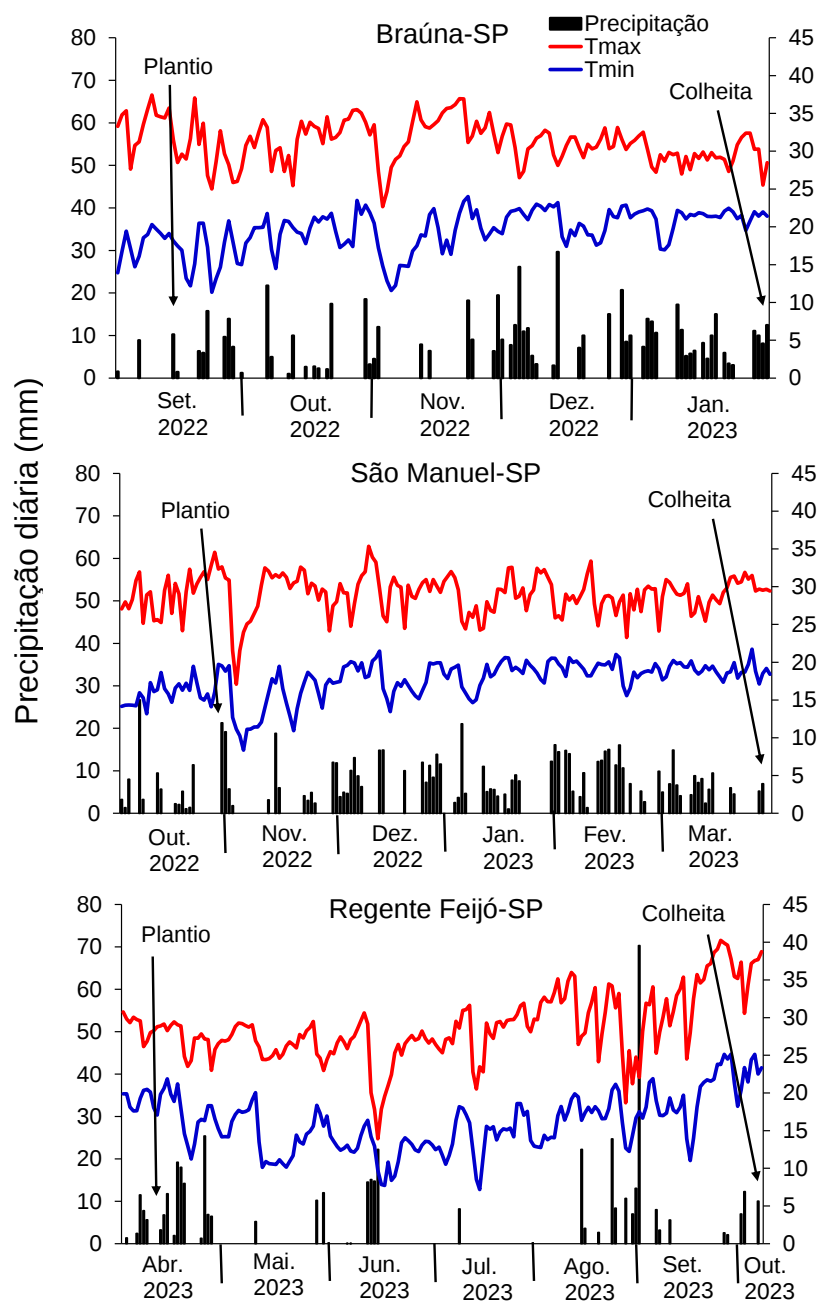
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais e características das áreas experimentais

Os experimentos foram conduzidos em três municípios do estado de São Paulo: Braúna (21°30' S; 50° 11' W e 430 m de altitude), São Manuel (22°46' S; 48° 34' W e 740 m de altitude) e Regente Feijó (22° 09' S; 51° 17' W e 463 m de altitude). Em Braúna- SP e Regente Feijó-SP, os experimentos foram conduzidos em área comercial de produção de batata-doce e em São Manuel-SP, o cultivo ocorreu na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP.

Os solos dos municípios de Braúna e São Manuel são classificados como Latossolos de textura arenosa e o solo de Regente Feijó é um Argissolo de textura arenosa no horizonte A (Santos *et al.*, 2006; Moroz *et al.*, 2016). Os dados de temperaturas máximas, mínimas e precipitação registradas durante a condução dos experimentos estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Temperaturas máximas e mínimas e precipitação registradas nas áreas experimentais durante os ensaios nas áreas de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP



Fonte: NASA/POWER (<https://power.larc.nasa.gov>)

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado em cada área foi o de blocos casualizados, com 4 repetições, cujos tratamentos são apresentados na Tabela 1. No tratamento controle não houve nenhuma aplicação de N no plantio ou em cobertura. No tratamento com adubação nitrogenada recomendada foram aplicados 15 kg ha⁻¹ de N no plantio e 35 kg ha⁻¹ de N em cobertura aos 29 dias após o plantio (DAP), totalizando 50 kg ha⁻¹ de N (Lorenzi *et al.*, 1997). No tratamento referência foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de N de forma parcelada, sendo 15 kg ha⁻¹ de N no plantio + 45 kg ha⁻¹ de N aos 15 DAP + 45 kg ha⁻¹ de N aos 29-30 DAP + 45 kg ha⁻¹ de N aos 57-60 DAP.

Tabela 1 – Épocas de aplicação e doses de N aplicadas (kg ha⁻¹) em cada local de plantio de acordo com os tratamentos.

Tratamentos ⁽¹⁾	Época de aplicação	Dose de N em cada época ⁽²⁾	Dose de N total
Braúna - SP			
Controle	-		0
Recomendado	Plantio, 29 DAP	15, 35	50
Referência	Plantio, 15, 29, 57 DAP	15, 45, 45, 45	150
0N-1,0	Plantio, 29 DAP	0, 81	81
15N-0,4	Plantio, 43, 50, 57 DAP	15, 26, 21, 12	74
15N-1,0	Plantio, 43, 50, 57 DAP	15, 43, 19, 14	91
São Manuel - SP			
Controle	-	-	0
Recomendado	Plantio, 29 DAP	0, 15, 35	50
Referência	Plantio, 15, 29, 57 DAP	0, 15, 45, 45, 45	150
0N-0,4	Plantio, 36, 43, 50, 57 DAP	0, 10, 3, 31, 26	70
0N-1,0	Plantio, 36, 50, 57 DAP	0, 24, 61, 53	138
15N-0,4	Plantio, 50, 57 DAP	15, 17, 27	59
15N-1,0	Plantio, 50, 57 DAP	15, 20, 53	88
Regente Feijó- SP			
Controle	-		0
Recomendado	Plantio, 29 DAP	15, 35	50
Referência	Plantio, 15, 29, 57 DAP	15, 45, 45, 45	150
0N-0,4	Plantio, 78 DAP	0, 5	5
0N-1,0	Plantio	0	0
15N-0,4	Plantio	15	15
15N-1,0	Plantio	15	15

⁽¹⁾ 0N: indica a aplicação de 0 kg ha⁻¹ de N no plantio; 15N: indica a aplicação de 15 kg ha⁻¹ de N no plantio.

⁽²⁾ Para os tratamentos manejados com clorofilômetro as doses de N aplicadas em cobertura foram calculadas multiplicando-se as doses de 0,4 e 1,0 kg ha⁻¹ de N para cada 0,1 unidade de ISN abaixo de 90%.

Nos tratamentos manejados com clorofilômetro foram aplicados 0 ou 15 kg ha⁻¹ de N no plantio de acordo com cada tratamento (Tabela 1). Em cobertura as aplicações foram realizadas de acordo com as leituras do clorofilômetro. As leituras com o clorofilômetro (SPAD-502) iniciaram-se aos 15 dias após a colheita (DAP) e foram realizadas semanalmente até os 85 DAP, período caracterizado pela fase final do ciclo da cultura, onde o crescimento das ramas diminui e os fotoassimilados produzidos pela planta são acumulados nas raízes de reserva, aumentando a produção de carboidratos (Andrade; Carvalho, 2022).

As leituras do índice SPAD foram realizadas em 15 folhas, selecionando as mais novas e totalmente expandidas, em cada parcela e evitando as nervuras do limbo foliar. As folhas usadas nas leituras foram coletadas para a determinação do teor de N total. Para o cálculo do ISN utilizou-se os valores das leituras do clorofilômetro em cada parcela (LP) e na parcela referência (LR) (sem limitação de N) como segue:

$$\text{ISN (\%)} = (\text{LP} / \text{LR}) \times 100$$

Dessa forma, sempre que os valores do ISN de cada parcela ficavam abaixo de 90% do ISN da parcela referência aplicava-se N. Para o cálculo das doses de N a serem aplicadas multiplicava-se cada 0,1 ponto percentual do ISN abaixo dos 90% por 0,4 ou 1,0 de acordo com cada tratamento. As doses de N aplicadas por tratamento com as respectivas datas de aplicação estão apresentadas na Tabela 1.

Cada parcela experimental foi composta de quatro fileiras de plantas com 4 m de comprimento, espaçadas em 1,45 m no experimento de Braúna e 1,30 nos experimentos de São Manuel e Regente Feijó. Para as avaliações foram consideradas as duas fileiras centrais de cada parcela, desprezando-se 0,5 m nas extremidades de cada fileira.

3.3 Instalação e condução dos experimentos

Antes da instalação dos experimentos, o solo das áreas experimentais foi coletado e analisado de acordo com a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001) (Tabela 2). O preparo do solo foi realizado utilizando gradagem pesada, aração e gradagem leve. Em seguida, foi coletada amostras dos blocos nas áreas

experimentais, o quais foram homogeneizados e incubados em laboratório em potes plásticos de 250 mL com a tampa furada para proporcionar a troca de gases pelo período de 150 dias, mantendo-se a umidade a 80% da capacidade de campo para avaliação dos teores de matéria orgânica, NH_4^+ e NO_3^- .

O levantamento das leiras para o plantio no campo foi realizado de forma mecanizada, utilizando um equipamento acoplado ao trator e equipado com distribuidor de fertilizantes.

Tabela 2 – Atributos químicos do solo das áreas experimentais na profundidade de 0-0,20 m antes da instalação dos experimentos. Média de quatro repetições.

Atributos	Braúna	São Manuel	Regente Feijó
pH (CaCl_2)	6,0	5,4	5,1
M.O. (g dm^{-3})	17,0	10,0	15,0
P_{resina} (mg dm^{-3})	30,0	16,0	7,0
K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,7	1,5	2,8
Ca ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	55,0	19,0	16,0
Mg ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	15,0	7,0	7,0
H+Al ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	13,0	14,0	17,0
CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	84,0	42,0	43,0
Saturação por bases (%)	84,0	65,0	60,0
S (mg dm^{-3})	24,0	15,5	11,0
B (mg dm^{-3})	0,34	0,08	0,07
Cu (mg dm^{-3})	1,7	1,1	0,5
Fe (mg dm^{-3})	31,0	19,2	81,0
Mn (mg dm^{-3})	1,2	11,3	9,2
Zn (mg dm^{-3})	0,5	1,3	1,2

Em Braúna, o plantio ocorreu em 07/09/2022. A adubação de plantio foi realizada de acordo com a análise de solo, aplicando-se 0 ou 15 kg ha^{-1} de N (nitrato de amônio, 34% de N) de acordo com os tratamentos, 103 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples, 18% de P_2O_5 , 16% de Ca e 10% de S), 30 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio, 60% de K_2O), 112 g ha^{-1} de B (ácido bórico, 17% de B), 186 g ha^{-1} de Mn (sulfato de Mn, 31% de Mn) e 372 g ha^{-1} de Zn (sulfato de Zn, 20% de Zn).

Em São Manuel, o plantio ocorreu em 31/10/2022. A adubação de plantio foi realizada de acordo com a análise de solo, aplicando-se 0 ou 15 kg ha^{-1} de N (nitrato de amônio, 34% de N) de acordo com os tratamentos, 80 kg ha^{-1} de P_2O_5

(superfosfato triplo, 41% de P_2O_5 e 10% de Ca), 40 kg ha⁻¹ de K_2O (cloreto de potássio, 60% de K_2O), 37 kg ha⁻¹ de Ca e 27 kg ha⁻¹ de S (gesso agrícola, 16% de Ca e 13% de S), 112 g ha⁻¹ de B (ácido bórico, 17% de B), 186 g ha⁻¹ de Mn (sulfato de Mn, 31% de Mn) e 372 g ha⁻¹ de Zn (sulfato de Zn, 20% de Zn).

Em Regente Feijó, o plantio ocorreu em 10/04/2023 e a adubação de plantio foi a mesma adotada na área de São Manuel, exceto em relação ao K, uma vez que se aplicou 34 kg ha⁻¹ de K_2O no plantio ao invés de 40 kg ha⁻¹ de K_2O .

O plantio da batata-doce foi realizado nas leiras já fertilizadas, utilizou-se ramas de aproximadamente 30 cm de comprimento da cultivar Canadense. As ramas foram retiradas de matrizes jovens e foram plantadas uma rama por cova com 10-12 cm de profundidade no topo das leiras, utilizando o espaçamento entre plantas de 30 cm.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada de acordo com os tratamentos. Em cobertura também se aplicou K em todas as áreas para completar a dose total de 120 kg ha⁻¹ de K_2O . Portanto, foi aplicado aos 35 e aos 85 DAP as quantidades de 45 + 45 kg ha⁻¹ de K_2O na área de Braúna, 40 + 40 kg ha⁻¹ de K_2O na área de São Manuel e 43 + 43 kg ha⁻¹ de K_2O na área de Regente Feijó, respectivamente.

Durante todo o ciclo de cultivo da batata-doce adotou-se todas as práticas de manejo recomendadas para a cultura na região, sendo feitos o controle de plantas daninhas e o manejo de pragas e doenças, quando necessário. A colheita da batata-doce foi realizada em 31/01/2023 (146 DAP) em Braúna, em 31/03/2023 (151 DAP) em São Manuel e no dia 06/10/2023 (176 DAP) em Regente Feijó.

3.4 Avaliações

3.4.1. Teores de matéria orgânica, NH_4^+ e NO_3^- no solo incubado

As amostras de solo coletadas antes do plantio e da adubação foram incubadas pelo período de 0, 30, 60, 90 e 150 DAP. Em seguida, as amostras foram retiradas dos recipientes, secas ao ar, peneiradas e submetidas a análise do teor de matéria orgânica, NH_4^+ e NO_3^- no solo de acordo com a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001).

3.4.2. Índice relativo de clorofila nas folhas

Esta variável foi determinada utilizando um clorofilômetro digital, modelo SPAD-502, sendo este calibrado de acordo com as recomendações do manual antes das leituras. As leituras foram feitas em plantas sem sintomas atípicos (que indiquem problemas fitossanitários) e procurando sombrear as plantas com o corpo para não ocorrer interferência da luz solar. As leituras ocorreram aos 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57, 64, 71, 78 e 85 DAP, onde coletou-se 3 folhas de 5 plantas por parcela, e em cada folha coletada (folha mais recente totalmente expandida) foi feita 1 leitura para a obtenção do valor médio por parcela, totalizando 15 leituras por parcela.

3.4.3. Teor de N nas folhas

As folhas utilizadas nas leituras do clorofilômetro foram coletadas, lavadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar para secagem a 65 °C por 72 h. Depois estas foram moídas e analisadas para quantificar teor de N total (Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997).

3.4.4. Teor de nutrientes na folha diagnose

As folhas totalmente expandidas no ápice das ramas foram coletadas aos 64 DAP, acondicionadas em sacos de papel Kraft para secagem em estufa a 65 °C. Após secas foram moídas e levadas para as análises dos teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, seguindo a metodologia de Malavolta; Vitti; Oliveira (1997).

3.4.5. Acúmulo de matéria seca, teor, extração e exportação de N

Na colheita foram coletadas as plantas presentes em duas linhas de 1,5 m de comprimento na área útil de cada parcela experimental. Após colhidas, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes tuberosas, pesadas (massa fresca) e amostradas. As amostras foram lavadas, pesadas (massa fresca) e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 96 h.

Após a secagem, as amostras foram pesadas para se obter o peso seco delas. Com os dados de peso fresco das partes da planta, peso fresco e seco das amostras calculou-se as quantidades de matéria seca (MS) acumuladas em cada parte das plantas. Os dados de acúmulo de MS nas partes das plantas foram somados para se obter o acúmulo de MS na planta inteira. As amostras secas foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm.

A quantidade triturada foi utilizada para a determinação do teor de N, segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti; Oliveira (1997), onde multiplicou-se os teores de N pela quantidade de MS acumulada em cada parte da planta. Calculou-se a quantidade de N absorvida pela cultura da batata-doce mediante o somatório das quantidades de N acumuladas nas partes da planta. A exportação de N foi considerada como a quantidade de N acumulada nas raízes tuberosas.

3.4.6. População final de plantas

A população final de plantas foi determinada pela contagem do número de plantas presentes nas duas linhas centrais de 4,0 m de comprimento de cada parcela. Posteriormente, os valores foram convertidos para plantas por hectare.

3.4.7. Número, massa média e produtividade de raízes tuberosas

As raízes tuberosas colhidas em 2 linhas de 1,5 m de comprimento da área útil das parcelas foram escovadas, classificadas, contadas e pesadas para se obter as produtividades total, comercial e não- comercial. A massa média das raízes foi obtida pela relação entre a massa total de raízes e o número total de raízes por parcela. A classificação das raízes de batata-doce seguiu as normas de padronização da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp) (Silva; Gonçalves, 2022; Embrapa, 2024).

Foram consideradas raízes comerciais as batatas-doces lisas de formato alongado, uniforme e com peso entre 80 a 800 g. As raízes deformadas ou com peso inferior a 80 g e superior a 800 g foram consideradas não-comerciais classificadas como “tipos diversos” (Ceagesp, 2014; Silva; Gonçalves, 2022).

A produtividade total foi obtida pelo somatório das produtividades comercial e não comercial.

3.4.8. Teor de MS nas raízes tuberosas

O teor de matéria fresca das raízes tuberosas foi determinado no momento da colheita. Amostras de raízes tuberosas foram coletadas, pesadas (massa fresca), fatiadas e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante. Posteriormente, pesou-se as amostras e seus teores de MS foram calculados.

$$MS (\%) = MF / MS \times 100$$

3.4.9. Teor de proteína nas raízes tuberosas

As amostras secas foram moídas, pesadas e o teor de proteína foi determinado pelo método Kjeldahl (920.87 da AOAC) que é constituído por três etapas: digestão da amostra utilizando ácido sulfúrico concentrado e uma mistura catalítica para acelerar o processo, seguida da destilação do nitrogênio, utilizando-se hidróxido de sódio para liberação do amônio. Por último foi feito a titulação, para quantificar o teor de N total presente na amostra. Os dados foram convertidos para estimar indiretamente o teor de proteína bruta, utilizando-se no cálculo o fator de 6,25 para conversão do teor de N em proteína bruta (Horwitz; Latimer Júnior, 2005), de acordo com a fórmula: % proteína= %N x 6,25. Posteriormente, os dados foram convertidos para teores de proteína na matéria fresca.

3.4.10. Teores de açúcares redutores, totais e amido nas raízes tuberosas

As amostras moídas foram utilizadas para a determinação do teor de amido total das raízes tuberosas por hidrólise enzimática, segundo o método ISSO 66-47 (International Organization for Standardization – ISO, 1987). Nesse processo são utilizadas duas enzimas específicas: alfa-amilase e amilo-glucosidade (AMD ou glucoamilase), responsáveis pela hidrólise do amido em açúcares redutores.

Para a determinação do amido, foram transferidos 200 mg de amostra para um Erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se 42 mL de água destilada, 100 µL de

enzima alfa-amilase e 1 mL de solução tampão Acetato de Sódio 2 mol L⁻¹ em pH 5,35. As amostras foram condicionadas em banho térmico com agitação à temperatura de 90 °C por duas horas. Em seguida, foram resfriadas a temperatura ambiente e adicionados 100 µL de enzima amilo-glucosidase, retornando-as ao banho térmico com aquecimento por mais duas horas sob agitação constante a temperatura de 55 °C.

Após o resfriamento, o volume das amostras foi ajustado, com transferência de uma alíquota de 5 mL para o balão volumétrico de 100 mL, ajustando o pH entre 7 a 9 com hidróxido de sódio 4 mol L⁻¹. A seguir, transferiu-se alíquota de 1 mL do extrato para tubo de ensaio, onde foi adicionado 1 mL do reativo de trabalho Somogyi adaptada por Nelson (1944), sendo os tubos condicionados em banho térmico em ebulição por 10 minutos. Em seguida, os tubos foram resfriados em temperatura ambiente e adicionaram-se 1 mL do reativo de trabalho de Nelson e 7 mL de água deionizada e feito a leitura da absorbância no espectrofotômetro a 535 nm, zerando-o com a prova em branco. Os dados de teores de açúcares foram multiplicados pelo fator 0.9 para conversão em concentração de amido.

Na determinação do açúcar redutor pesou-se 1 g da amostra no erlenmeyer de 125 ml, onde foi adicionado 50 ml de água destilada e levado ao banho de aquecimento a 65°C durante 30 minutos em agitação, após os 30 minutos os erlenmeyers foram retirados do banho e resfriados em água corrente. Após o resfriamento, a quantidade foi transferida para um balão volumétrico de 100 ml, completando-o com água destilada e homogeneizada. Em seguida, as amostras foram filtradas em papel filtro simples, recebendo o filtrado em um becker pequeno.

A determinação dos açúcares redutores foi feita a partir do método de Somogyi adaptada por Nelson (1944). Para tal, 1ml da solução da amostra diluída foi pipetada e transferida para um tubo de ensaio de 15x160mm, depois foi acrescentado 1 ml do reativo de Somogy e levado ao banho térmico com água em ebulição por 10 minutos, depois foi retirado do banho e resfriado em água corrente, após foi acrescentado 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada, homogeneizado em um agitador de tubos Vortex e feito a leitura da absorbância no espectrofotômetro a 535 nm, zerando-o com a prova em branco.

Os teores de açúcares (totais e redutores) e amido obtidos nas amostras secas foram convertidos para teores na matéria fresca. A produtividade de amido

foi calculada multiplicando-se o teor de amido obtido nas raízes frescas pela produtividade de raízes tuberosas frescas.

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos em cada local de plantio foram submetidos a análise de variância de modo individual e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2000). A análise de correlação entre as variáveis foi realizada com o pacote corrplot (Wei; Simko, 2021) usando os softwares R 4.3.3 (R Core Team, 2021) e RStudio (RStudio Team, 2021) e os gráficos foram feitos utilizando o Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Teores de matéria orgânica, NH_4^+ e NO_3^- no solo incubado

Nas três áreas de cultivo os teores de matéria orgânica (MO) do solo apresentaram redução ao longo do período de incubação, especialmente na área de Braúna-SP, nos primeiros 90 dias (Figura 2A). Isso indica que houve mineralização da MO do solo durante o período de incubação, que foi feita durante 150 dias, paralelo ao desenvolvimento da batata-doce em campo.

Em relação aos teores de amônio (NH_4^+) para as áreas de Braúna-SP e Regente Feijó-SP, foi observada uma redução considerável, principalmente nos primeiros 90 dias de incubação, entretanto, após esse período, os níveis de NH_4^+ voltaram a aumentar de forma considerável, com destaque para a área de São Manuel-SP (Figura 2B).

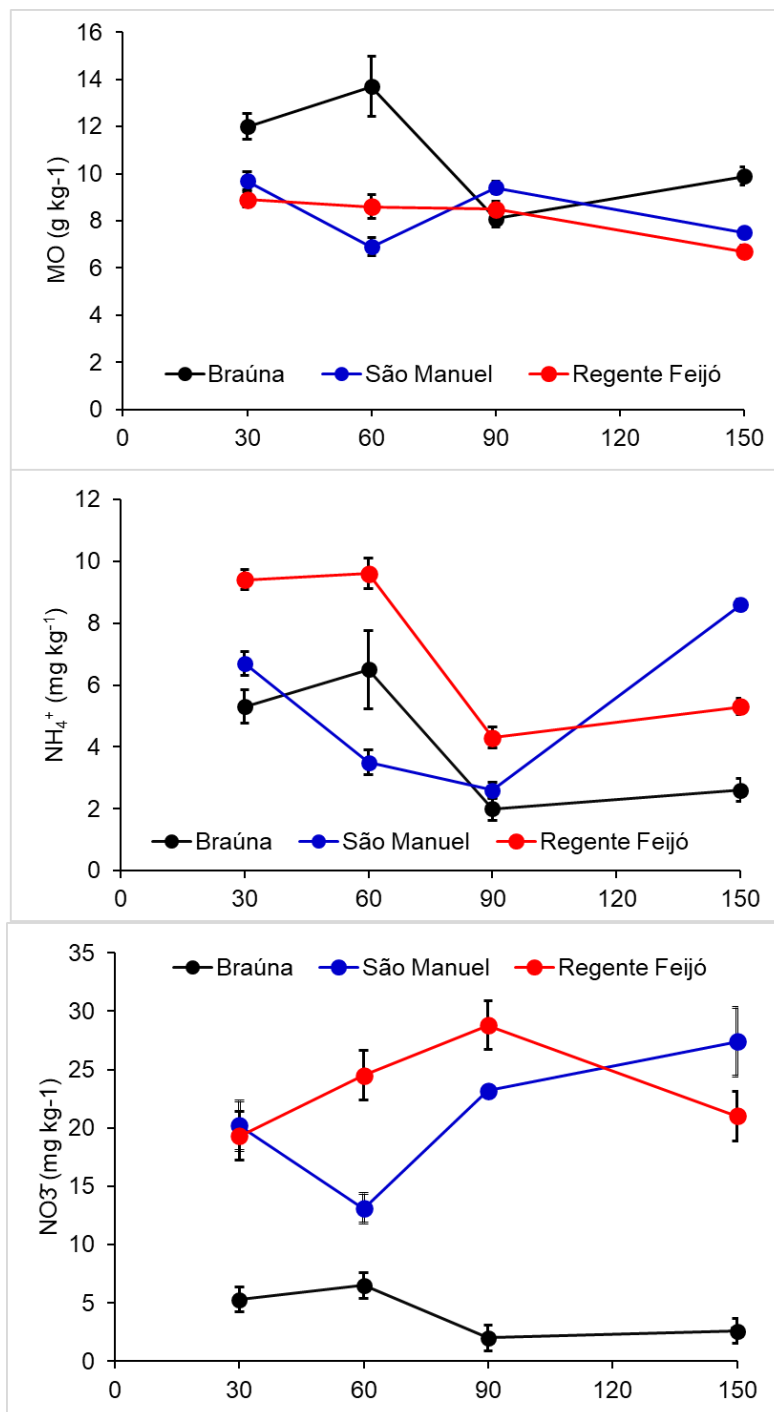
Quanto aos teores de nitrato do solo (NO_3^-), na área de Braúna-SP estes mantiveram-se relativamente estáveis nos primeiros 60 dias de incubação e diminuíram nos últimos dias (Figura 3C). Porém, na área de Regente Feijó-SP os teores de NO_3^- aumentaram dos 30 aos 90 dias de incubação, mas na área de São Manuel-SP esse aumento foi maior apenas depois dos 60 dias de incubação (Figura 3C). Tais resultados mostram que o processo de nitrificação foi intensificado neste período, uma vez que os teores de NH_4^+ diminuíram e os teores de NO_3^- aumentaram.

Embora os teores de MO da área de Braúna inicialmente tenham sido superiores aos das outras áreas durante a fase inicial da incubação, nesse período os teores de NO_3^- foram menores do que nas áreas de São Manuel e Regente Feijó (Figura 2 A). Aos 90 de incubação, os teores de MO do solo das três áreas se comportaram de forma semelhante, após esse período o teor de MO em Braúna demonstrou um leve aumento, quando comparado com as demais áreas e se manteve elevado até os 150 dias. Já para São Manuel e Regente Feijó o teor de MO aos 150 dias reduziu.

No solo de Regente Feijó, os teores de NH_4^+ e NO_3^- apresentaram-se mais elevados em relação aos demais solos nos primeiros 90 dias de incubação (Figuras 2B, 2C). Após esse período, houve uma leve redução nos últimos 150

dias de incubação, embora os níveis tenham permanecido elevados em todos os períodos de avaliação, em comparação aos solos de Braúna e São Manuel.

Figura 2 – Teores de matéria orgânica (M.O- A), amônio (NH_4^+ - B) e nitrato (NO_3^- - C) em amostras de solo incubadas das áreas de Braúna, São Manuel e Regente Feijó-SP, coletadas antes do plantio da batata-doce. Barras verticais indicam o erro padrão das médias



4.2 Índice de suficiência de N (ISN), índice relativo de clorofila e teor de N nas folhas da batata-doce

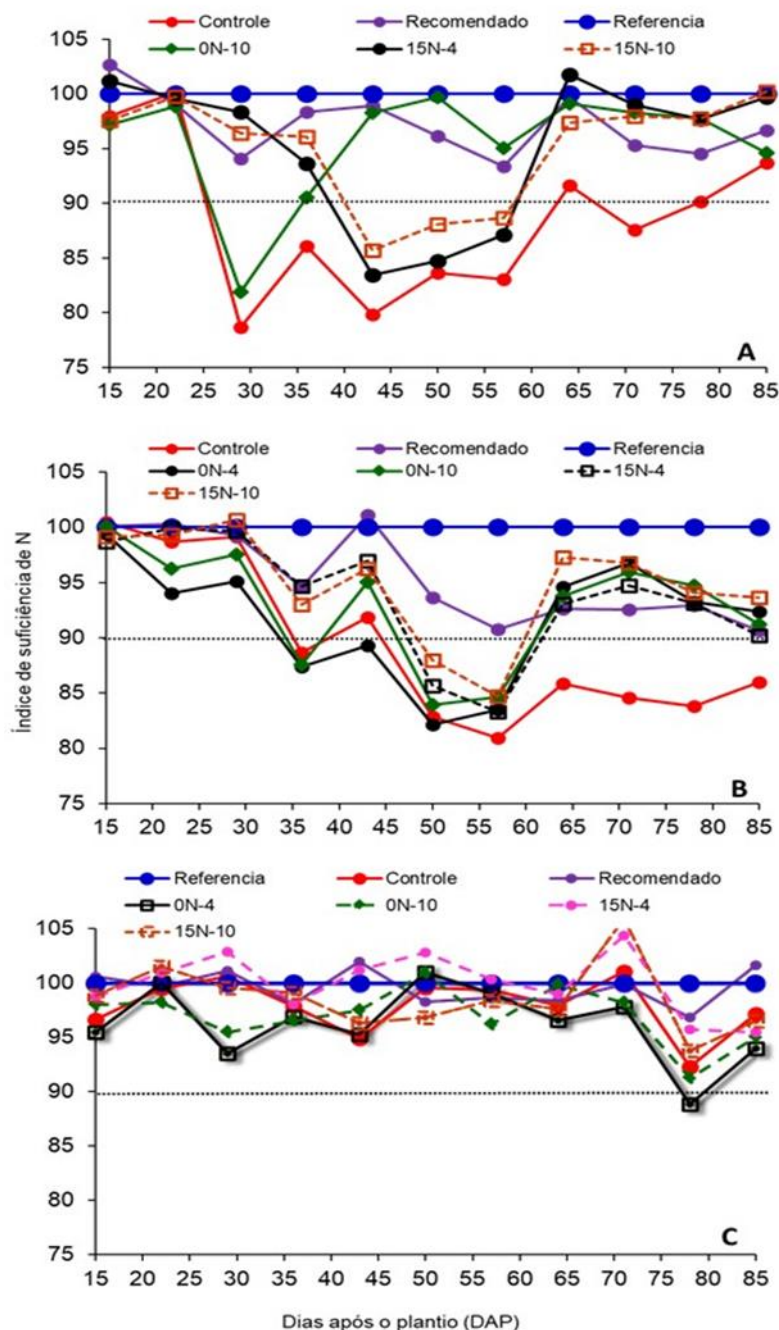
Na área de Braúna-SP o tratamento controle e o tratamento manejado com clorofilômetro sem aplicação de N no plantio (0N-1,0) foram os primeiros a apresentar valores de ISN menores que 90% (Figura 3A). Assim, o tratamento 0N-1,0 recebeu a aplicação de 81 kg ha⁻¹ de N aos 29 DAP e com isso seus valores de ISN ficaram acima de 90% nas avaliações posteriores (Tabela 1 e Figura 3A).

Os tratamentos da área de Braúna manejados com clorofilômetro que receberam 15 kg ha⁻¹ de N no plantio só apresentaram valores de ISN menores que 90% mais tardiamente, aos 43 DAP (Figura 3A). Nestes tratamentos (15N-0,4 e 15N-1,0) os valores de ISN ficaram abaixo de 90% no período de 43–57 DAP, mesmo tendo sido aplicado N em cobertura (Figura 3 e Tabela 1).

Após os 60 DAP, nenhum tratamento manejado com clorofilômetro na área de Braúna apresentou ISN menor que 90%, inclusive o tratamento controle, onde os valores de ISN foram aumentando a partir dos 50 até os 85 DAP (com exceção dos 71 DAP), quando eles atingiram valores acima de 90% (Figura 3A). O aumento do ISN ocorreu devido à mineralização da MO do solo, que foi diminuindo significativamente durante a incubação do solo, apesar dos teores de NH₄⁺ e NO₃⁻ do solo incubado não terem aumentado expressivamente (Figuras 2 e 3A).

Na área de São Manuel-SP, os tratamentos manejados com clorofilômetro e que não receberam a aplicação de N no plantio (0N-0,4 e 0N-1,0) juntamente com o controle, foram os primeiros a apresentarem valores de ISN inferiores a 90% aos 36 DAP (Figura 3B). Esses tratamentos manejados com clorofilômetro receberam aplicação de N em cobertura dos 36 aos 57 DAP (Tabela 1 e Figura 3B). Os tratamentos manejados com clorofilômetro e que receberam N no plantio apresentaram o ISN menor que 90% apenas a partir dos 50 DAP, permanecendo abaixo de 90% entre 50 e 57 DAP (Figura 3B). Com a suplementação de N em cobertura, após esse período não houve a necessidade de suplementação com N nos tratamentos manejados com o clorofilômetro (Tabela 1 e Figura 3B).

Figura 3 – Índice de suficiência de N nas folhas em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil durante o ciclo de desenvolvimento da batata-doce cultivada nos municípios de Braúna- SP (A), São Manuel-SP (B) e (C) Regente Feijó-SP



Legenda: Controle - sem adubação nitrogenada; Recomendado - aplicação de 50 kg ha^{-1} parcelados entre plantio e uma cobertura; Referência - aplicação de 150 kg ha^{-1} de N parcelados entre o plantio e 3 aplicações em cobertura; 0N ou 15N: indica a dose de zero (0) ou 15 kg ha^{-1} de N aplicados no momento do plantio, respectivamente; 4 e 10: indicam as doses de 0,4 e 1,0 kg de N aplicadas em cobertura por 0,1 unidade de ISN abaixo de 90%.

É importante ressaltar que nas áreas de Braúna e São Manuel, o tratamento recomendado que recebeu 15 kg ha⁻¹ de N no plantio e 35 kg ha⁻¹ de N aos 29 DAP, manteve os valores de ISN acima dos 90% durante todo o período de avaliação (Figuras 3A, 3B).

Em Regente Feijó (Tabela 1 e Figura 3C) apenas o tratamento 0N-4, manejado com clorofilômetro sem a aplicação de N no plantio e com aplicação de 0,4 kg de N por 0,1 unidade de ISN apresentou valor de ISN abaixo de 90% aos 78 DAP, ocasião em que se aplicou N (Tabela 1 e Figura 3C). Nos demais tratamentos, os valores de ISN permaneceram durante todo o ciclo da batata-doce acima de 90%, fato este que pode ser atribuído a mineralização da MO e aos elevados teores de NO₃⁻ no solo, especialmente no período que compreendeu a fase intermediária do ciclo da batata-doce, isto é, entre 60 e 120 dias (Figuras 2A e 3C).

Na área de Braúna- SP, o índice relativo de clorofila nas folhas (IRC) não diferiu entre os tratamentos nas avaliações realizadas aos 22, 78 e 85 DAP (Tabela 3). De maneira geral, nas primeiras avaliações o IRC nos tratamentos controle e o tratamento manejado com o clorofilômetro que não recebeu aplicação de N no plantio (0N-1,0) apresentaram valores de IRC inferiores que os demais tratamentos que receberam a aplicação de 15 kg ha⁻¹ de N no plantio. Como resultado, o tratamento manejado com clorofilômetro, que não recebeu adubação nitrogenada no plantio (0N-1,0) necessitou de uma alta dose de N em cobertura de forma mais precoce em comparação aos demais tratamentos manejados com clorofilômetro (Tabela 1).

Dessa forma, entre os 43 e 57 DAP, em geral, os valores de IRC nos tratamentos manejados com clorofilômetro, que receberam 15 kg ha⁻¹ no plantio com doses de 0,4 e 1,0 kg de N por unidade de ISN foram menores que nos tratamentos referência, recomendado e 0N-1,0 (Tabela 3). Na fase final do ciclo, a partir dos 71 DAP, houve uma tendência de padronização nos valores de IRC entre todos os tratamentos, com exceção do controle que manteve valores de IRC mais baixos.

Aos 78 e 85 DAP não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação as leituras de IRC na área de Braúna (Tabela 3), o que indica que mesmo no tratamento controle a mineralização da MO pode ter suprido em N para

a batata-doce (Figura 2), resultando em elevação dos teores foliares de clorofila e incrementando os valores de IRC.

Gil et al. (2002), ao estudarem adubação mineral, em batata, destacaram o uso do clorofilômetro SPAD como uma ferramenta promissora na avaliação do estado nutricional da cultura, baseando-se no IRC, esse dispositivo permite detectar os níveis de clorofila nas folhas. Da mesma forma, em pesquisas com a cultura do abacaxizeiro Leonardo *et al.*, (2013) encontraram uma correlação positiva entre os índices de clorofila e as doses de N aplicadas à cultura.

Na área de São Manuel-SP, os valores de IRC não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, de acordo com as leituras feitas dos 15 aos 29 DAP, portanto, nesse período não houve adubação de N em cobertura nos tratamentos manejados com clorofilômetro (Tabela 3). A ausência de variação entre os tratamentos, quanto aos valores de IRC na fase inicial da cultura na área de São Manuel, pode estar atribuída aos maiores teores iniciais de NO_3^- no solo (Figura 2), que podem ter suprido a demanda inicial da cultura.

Em geral, aos 36 DAP, os tratamentos manejados com clorofilômetro que não receberam adubação nitrogenada no plantio apresentaram valores de IRC menores, o que resultou em necessidade de aplicação de N, sendo aplicado 10 e 24 kg ha⁻¹ de N em cobertura a cada 0,1 ISN < 90% (Tabelas 1 e 3).

Já aos 50 e 57 DAP, todos os tratamentos manejados com clorofilômetro apresentaram valores de IRC inferiores aos tratamentos referência e recomendado, resultando na necessidade de adubação nitrogenada. Nas fases mais tardias do ciclo da batata-doce observou-se uma tendência de uniformização dos valores de IRC entre os tratamentos. De modo geral, valores de IRC no tratamento controle foram menores, mesmo com o solo apresentando características de alta capacidade de disponibilização de NO_3^- (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 3 – Índice relativo de clorofila nas folhas em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil durante o ciclo de desenvolvimento da batata-doce cultivada nos municípios de Braúna- SP, São Manuel- SP e Regente Feijó-SP.

Tratamentos ⁽¹⁾	Dias após o plantio (DAP)										
	15	22	29	36	43	50	57	64	71	78	85
Braúna-SP											
Controle	46,7ab	35,2a	42,2b	42,7e	39,7b	48,5b	47,2d	48,7b	50,2b	49,2a	44,7a
Recomendado	48,7a	36,0a	50,5a	49,0ab	48,5a	55,7a	53,0abc	53,0a	54,2a	51,5a	46,0a
Referência	47,5ab	35,2a	54,5a	50,2a	49,0a	58,0a	56,5a	53,2a	57,0a	54,5a	47,5a
0N-1,0	46,2b	34,5a	44,0b	45,0de	48,0a	57,7a	53,7ab	52,7a	56,2a	53,2a	45,0a
15N-0,4	48,0ab	34,2a	52,7a	46,5cd	40,7b	49,2b	49,5cd	54,0a	56,5a	53,5a	47,5a
15N-1,0	46,5b	36,0a	52,2a	47,5bc	41,7b	51,0b	50,2bcd	52,5a	55,7a	53,2a	47,2a
CV (%)	2,0	6,4	3,6	2,2	3,0	3,4	3,4	2,2	2,9	4,6	3,9
São Manuel-SP											
Controle	55,5a	52,0a	52,2a	45,5ab	44,2ab	43,0b	42,5b	45,0b	47,5b	50,7b	51,0b
Recomendado	55,2a	53,2a	52,5a	48,2ab	48,7a	48,7ab	48,0ab	48,5ab	52,0ab	56,5a	53,5ab
Referência	55,2a	53,0a	53,0a	51,2a	48,2a	52,2a	52,7a	52,7a	56,2a	60,7a	59,5a
0N-0,4	54,7a	49,7a	50,0a	44,5b	42,7b	42,7b	44,0b	49,7ab	54,5a	56,5a	54,7ab
0N-1,0	55,2a	50,7a	51,2a	45,0ab	44,7ab	43,7b	44,5b	49,5ab	54,0a	57,2a	54,0ab
15N-0,4	54,5a	53,0a	52,7a	48,7ab	46,5ab	44,7b	43,7b	49,0ab	53,2a	56,2a	53,7ab
15N-1,0	55,0a	52,7a	53,0a	47,5ab	46,2ab	45,7b	44,7b	51,2ab	54,7a	57,0a	55,3ab
CV (%)	3,5	3,7	3,6	5,7	4,7	5,9	5,2	6,1	4,2	3,4	5,7
Regente Feijó- SP											
Controle	44,7a	48,5a	47,2ab	50,2a	53,2b	53,0a	56,0a	51,5a	52,0a	55,2bc	53,7a
Recomendado	46,7a	48,5a	47,5ab	50,2a	57,0a	52,2a	55,5a	52,0a	51,2a	58,0ab	56,5a
Referência	46,5a	49,0a	47,2ab	51,5a	56,0ab	53,2a	56,2a	52,7a	51,5a	60,0a	55,7a
0N-0,4	44,5a	49,0a	44,0b	49,7a	53,5b	53,7a	55,7a	50,7a	50,2a	53,0c	52,5a
0N-1,0	45,7a	48,0a	44,7ab	49,5a	54,5ab	54,0a	54,2a	52,5a	50,2a	54,7bc	52,7a
15N-0,4	46,0a	49,2a	48,5a	50,5a	56,7a	55,0a	56,5a	52,0a	53,7a	57,5ab	53,2a
15N-1,0	46,0a	49,7a	46,7ab	50,7a	54,0ab	51,2a	55,5a	51,5a	54,5a	56,2abc	53,5a
CV (%)	4,3	5,0	3,5	3,3	2,5	3,1	3,2	2,8	3,9	2,9	3,2

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada local, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

⁽¹⁾ controle: sem adubação nitrogenada; recomendado: aplicação de 50 kg ha⁻¹ parcelados entre plantio e uma cobertura; referência: aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N parcelados entre o plantio e 3 aplicações em cobertura; 0N ou 15N: indica a dose de zero (0) ou 15 kg ha⁻¹ de N aplicados no momento do plantio, respectivamente; 0,4 e 1,0: indicam as doses de N aplicadas em cobertura por 0,1 unidade de ISN abaixo de 90.

Os tratamentos monitorados com o clorofilômetro no município de Regente Feijó-SP, não apresentaram diferença significativa até os primeiros 22 DAP, mantendo os valores homogêneos durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, já aos 29 DAP os tratamentos diferiram significativamente, mas não houve necessidade de adubação nos tratamentos manejados com o clorofilômetro, sendo aplicado N em cobertura apenas nos tratamentos recomendado e referência, conforme demonstrado nas Tabelas 1 e 3.

Durante o período de desenvolvimento da cultura, os tratamentos que receberam adubação no plantio (15N-0,4 e 15N-1,0) não demonstraram necessidade de suplementação com N em cobertura ao longo do ciclo (Tabelas 1 e 3) exceto o tratamento 0N-0,4 que necessitou da suplementação de N aos 78 DAP, sendo aplicado 5 kg ha⁻¹ de N e apresentando IRC de 53,0 (unidade SPAD) (Tabelas 1 e 3).

Ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento da batata-doce no município de Regente Feijó-SP, observa-se uniformidade nos valores de IRC (Tabela 3). Pode-se atribuir esse fato aos altos níveis de N no solo (Figura 2), uma vez que no solo incubado os teores de NO₃⁻ mantiveram-se elevados durante os 150 dias de incubação.

O N por ser um dos minerais constituintes de vários componentes vegetais dentre eles a clorofila, desempenha um papel fundamental no processo de desenvolvimento da planta. Sua ausência ou o fornecimento em quantidades que não supram as necessidades do vegetal, podem afetar seu desenvolvimento (Taiz; Zeiger, 2017).

A necessidade de uma boa suplementação nitrogenada na cultura da batata-doce é identificada em um estudo desenvolvido em Papua Nova Guiné por Hartermink *et al.* (2000), que trabalharam com as culturas da batata-doce e do taro na identificação da eficiência do uso do N. Estipularam que a batata-doce possui altas necessidades de N (Echer; Dominato; Creste, 2009; Fernandes *et al.*, 2018), absorvendo durante todo o seu desenvolvimento grandes quantidade de N atmosférico.

Além disso, observou-se que a cultura pode absorver parcialmente o N atmosférico através de bactérias de atividade simbiótica e não nodulantes e diazotróficos endofíticos, entretanto isso irá depender da fertilidade do solo, cultivar trabalhada e das condições climáticas (Hartermink *et al.*, 2000; Yonebayashi *et al.*, 2014; Ueda; Yano, 2023).

Hurtado *et al.* (2010) destacam a relevância do clorofilômetro no monitoramento da adubação nitrogenada em milho, evidenciando sua utilidade na avaliação dos teores de clorofila. No entanto, Argenta *et al.* (2001) apontam que em estágios iniciais de desenvolvimento da cultura, o clorofilômetro não foi muito preciso para determinar os teores de N, destacando a viabilidade de uso do equipamento apenas ao longo do ciclo da cultura no monitoramento dos teores de clorofila.

De modo semelhante, Ferreira *et al.* (2006) ao trabalharem com tomate, obtiveram resultados significativos e com altos coeficientes de determinação do índice SPAD e teor de clorofila durante o ciclo de desenvolvimento do tomateiro.

Quanto as avaliações do teor de N nas folhas de batata-doce cultivada em Braúna-SP, os dados apontam que aos primeiros 15 DAP o tratamento referência demonstrou maior teor de N, quando comparado com os tratamentos controle e 0N-1,0 (Tabela 4). Neste período houve aplicação de N mineral apenas no tratamento referência quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 1 e 4) e aos 22 DAP os tratamentos não necessitaram de adubação, não diferindo entre si.

Tabela 4 – Teor de N nas folhas (g kg⁻¹) em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da batata-doce cultivada nos municípios de Braúna, São Manuel e Regente Feijó.

Tratamentos ⁽¹⁾	Dias após o plantio (DAP)										
	15	22	29	36	43	50	57	64	71	78	85
Braúna-SP											
Controle	39,8b	44,4a	35,5c	31,3c	32,2c	31,5b	27,4b	34,4b	35,8c	35,4b	34,2c
Recomendado	45,4ab	45,0a	49,7a	50,0a	42,2b	43,0ab	32,9ab	37,5ab	38,1bc	38,1ab	35,2bc
Referência	48,3a	52,6a	54,2a	50,3a	48,8a	48,1a	40,8a	42,5a	43,9ab	45,3a	43,0a
0N-1,0	39,6b	42,3a	36,9bc	45,9bc	47,5a	41,3ab	37,1ab	40,0ab	41,6abc	40,4ab	37,5abc
15N-0,4	44,7ab	48,6a	47,7ab	38,4bc	28,9c	32,2b	30,7b	40,9ab	47,4a	40,5ab	42,2a
15N-1,0	46,0ab	45,3a	47,5abc	42,2abc	29,1c	36,2b	32,2ab	44,4a	47,5a	43,8a	41,3ab
CV (%)	8,1	12,1	11,7	11,3	5,4	13,2	12,5	7,9	6,1	7,8	7,2
São Manuel-SP											
Controle	33,7a	34,2ab	31,0a	39,5abc	32,4b	30,6ab	29,0b	28,2b	38,3ab	33,4b	24,6c
Recomendado	33,4a	37,3a	32,2a	40,5ab	36,7ab	34,4ab	34,6ab	36,2ab	33,9b	36,9ab	27,7c
Referência	35,7a	37,1a	30,6a	46,3a	42,1a	39,2a	40,7a	41,2a	42,4a	38,4ab	37,1b
0N-0,4	34,7a	32,1b	30,6a	33,2c	31,2b	30,8ab	30,2b	43,2a	45,4a	39,1ab	35,1ab
0N-1,0	34,8a	33,3ab	31,0a	38,7bc	30,1b	31,7ab	34,2ab	43,5a	45,0a	42,2a	36,1ab
15N-0,4	34,4a	36,6a	31,0a	43,3ab	33,9b	29,1b	28,6b	37,8a	39,1ab	38,2ab	32,2b
15N-1,0	35,4a	37,3a	30,7a	41,5bc	33,3b	31,5ab	31,4b	39,6a	42,8a	41,2ab	37,7a
CV (%)	5,2	5,4	7,8	7,6	9,8	11,5	11,4	9,6	7,7	9,3	5,7
Regente Feijó- SP											
Controle	36,2a	32,6b	35,3a	35,6a	40,6a	41,1a	38,9a	42,1a	39,3a	42,8abc	35,9b
Recomendado	33,9a	41,9a	34,6a	36,4a	40,5a	40,0a	41,0a	41,6a	42,2a	44,9ab	43,0ab
Referência	34,9a	40,3ab	39,3a	37,3a	42,1a	42,9a	39,5a	46,4a	43,4a	48,0a	46,7a
0N-0,4	33,3a	34,2ab	35,5a	35,2a	42,6a	40,0a	38,9a	42,5a	41,7a	41,0bc	39,1ab
0N-1,0	37,1a	37,1ab	35,2a	37,7a	45,8a	41,5a	38,2a	42,9a	41,5a	38,1c	41,7ab
15N-0,4	35,9a	39,8ab	40,2a	37,6a	44,9a	40,3a	37,7a	44,2a	39,9a	37,3c	40,1ab
15N-1,0	38,1a	39,4ab	38,8a	34,3a	40,1a	37,6a	38,6a	42,2a	40,6a	41,9abc	34,7b
CV (%)	5,9	9,0	7,4	12,1	8,2	7,7	7,5	4,7	5,6	6,2	8,8

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada local, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ⁽¹⁾ controle: sem adubação nitrogenada; recomendado: aplicação de 50 kg ha⁻¹ parcelados entre plantio e uma cobertura; referência: aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N parcelados entre o plantio e 3 aplicações em cobertura; 0N ou 15N: indica a dose de zero (0) ou 15 kg ha⁻¹ de N aplicados no momento do plantio, respectivamente; 0,4 e 1,0: indicam as doses de N aplicadas em cobertura por 0,1 unidade de ISN abaixo de 90%.

No período entre 29 e 36 DAP os tratamentos recomendado e referência mantiveram os teores de N elevados, quando comparados aos tratamentos manejados com o clorofilômetro com adubação e sem adubação no plantio, de modo semelhante ocorreu dos 43 aos 57 DAP onde o tratamento referência apresentou maior teor de N foliar quando comparado com os tratamentos manejados com o clorofilômetro que receberam 15 kg ha⁻¹ de N no plantio (0,4 e 0,1).

Os tratamentos que receberam adubação de 15 kg ha⁻¹ de N no plantio (15N-1,0) dos 64 aos 85 DAP, com exceção dos 78 DAP (onde os teores permaneceram semelhantes) apresentaram teor de N superior quando comparados com o tratamento referência, que apresentou teores elevados de N foliar. De modo semelhante ocorreu para o tratamento que não recebeu adubação no plantio (0N-0,1) que apresentou dados semelhantes aos tratamentos adubados de acordo com a recomendação para a cultura e o tratamento referência.

Os demais tratamentos demonstraram que a cultura manteve seus níveis de teores foliares de N dentro da faixa considerada adequada para a cultura que é de 33 a 45 g kg⁻¹ de N, mesmo apresentando diferenças estatísticas (Lorenzi; Monteiro; Miranda, 1997).

Em São Manuel-SP, aos 15 e 29 DAP os teores de N nas folhas não apresentaram diferenças significativas e se mantiveram dentro da faixa de adubação considerada adequada pela cultura (Lorenzi; Monteiro; Miranda, 1997). O mesmo não ocorreu aos 22 DAP onde os dados apresentados (Tabela 4), demonstram que os teores de N foliares nos tratamentos manejados com o clorofilômetro com adubação no plantio (15N-0,4 e 0,1) e sem adubação no plantio (0N-1,0), diferem do tratamento controle que não recebeu nenhum tipo de manejo nutricional e do tratamento 0N-0,4 que comparado aos tratamentos avaliados, apresentou menor teor de N nas folhas.

O' Sullivan; Asher; Blamey (1997) trabalhando com a cultura da batata-doce, perceberam que os níveis críticos de N ocorriam quando as folhas atingiam teores abaixo de 30 a 38 g kg⁻¹ de N. Já Foloni *et al.*, (2013), citados por Thumé *et al.*, (2013) ao estudarem os níveis de N na cultivar Canadense, encontraram teores de N variando de 14 a 37 g kg⁻¹.

O intervalo de suficiência de N nas folhas nesse período de avaliação em São Manuel-SP ficou próximo aos teores avaliados por Thumé *et al.*, (2013) nesse mesmo período e apenas os tratamentos que não receberam adubação com N no plantio (0N-

0,4 e 0N-1,0) necessitaram de suplementação com N de acordo com a avaliação pelo clorofilômetro (Tabelas 1 e 4).

Entre as avaliações feitas aos 43 e 57 DAP, os tratamentos apresentaram diferenças significativas em relação aos teores de N na folha (Tabela 4). O tratamento referência aos 43 DAP, apresentou maior teor de N, quando comparado com todos os tratamentos manejados com o clorofilômetro (15N-0,4; 15N-1,0 e 0N-0,4; 0N-1,0) e o recomendado. Nesse período foram feitas aplicações de N aos 50 e 57 DAP nos tratamentos com e sem adubação em plantio, de acordo com as avaliações feitas com o clorofilômetro portátil (Tabela 1).

Aos 64 DAP, os tratamentos (15N-0,4; 15N-1,0 e 0N-0,4; 0N-1,0) na área de São Manuel-SP mantiveram os níveis superiores de N nas folhas quando comparados ao tratamento controle (Tabela 4). Nas avaliações feitas aos 71 DAP os tratamentos que não receberam adubação nitrogenada no plantio (0N-0,4 e 0N-1,0) demonstraram valores de N superiores ao tratamento com adubação recomendada para a cultura. Ao final das avaliações, entre 78 e 85 DAP os teores de N foliar dos tratamentos manejados com o clorofilômetro se mativeram superiores aos teores de N dos tratamentos recomendado e referência. Aos 85 DAP como observado na Tabela 4, o tratamento que recebeu 15 kg ha⁻¹ de N no plantio e 1,0 kg por 0,1 unidade de ISN (15N-1,0) apresentou maior teor de N que o tratamento referência que recebeu 150 kg ha⁻¹ de N parceladamente.

A necessidade de N na batata-doce varia de acordo com a fertilidade do solo, material genético, condições climáticas do local de plantio bem como práticas agrícolas (Kaupa; Rao, 2014; Duan *et al.*, 2018).

Em Regente Feijó-SP, aos 22 DAP o teor N nas folhas apresentou diferença significativa entre os tratamentos. As plantas manejadas com o clorofilômetro apresentaram teores mais elevados de N em comparação as do tratamento controle, que apresentaram o menor teor de N foliar. O tratamento recomendado obteve um teor de N nas folhas superior aos demais tratamentos.

O monitoramento da adubação feito dos 29 aos 71 DAP não apresentou diferença estatística nos tratamentos e manteve os teores de N semelhantes, não havendo necessidade de adubação em praticamente todo o ciclo de avaliações (Tabela 4).

Aos 78 DAP os tratamentos (0N-1,0 e 15 N-1,0) manejados com clorofilômetro apresentaram menores teores de N foliar, mas apenas o tratamento que não recebeu

adubação nitrogenada no plantio (0N-0,4), necessitou de adubação, sendo aplicado apenas 5 kg ha⁻¹ de N em cobertura o que se pode estar relacionado com a alta mineralização da MO durante o período de desenvolvimento da cultura (Figura 2) minimizando a necessidade de aplicação de N.

Altas doses de fertilizantes nitrogenados podem ocasionar perdas de N por lixiviação, volatilização e desnitrificação, eutrofização, acidificação do solo, aumento da poluição ambiental com a emissão de gases de efeito estufa, bem como perdas econômicas (Liu *et al.*, 2020; Guo; Liu; He, 2022; Zhang *et al.*, 2023; Ju *et al.*, 2009).

O fornecimento de N em solos tropicais está intimamente relacionado com o alto teor de MO e a rapidez em seu processo de mineralização no solo, o que mantém em alta a fertilidade do solo (Kaupa; Rao, 2014).

Durante todo o período de desenvolvimento da batata-doce em Regente Feijó-SP, percebe-se que além dos teores de MO, os teores de N inorgânico, na forma de NO₃⁻ se mantiveram elevados no solo incubado por 150 dias (Figura 2). Fazendo-se uma relação dos resultados obtidos com o solo incubado com o desenvolvimento da batata-doce no campo percebe-se que o alto teor de NO₃⁻, possivelmente contribuiu substancialmente para suprir parte da demanda de N da planta, diminuindo a necessidade de incremento por adubação nitrogenada.

Kaupa; Rao (2014), trabalhando com a mineralização do N e sua eficiência de aplicação atrelado a uso de esterco de animais, na cultura da batata-doce produzida em Papua Nova Guiné, verificaram que a associação do N mineral (50%) a uma fonte de N orgânico (50%), aplicando-se 50 kg ha⁻¹ de N auxiliou no desenvolvimento da cultura e sua produtividade, quando comparado apenas com a aplicação do N mineral, além de fornecer a quantidade necessária a planta, manteve a atividade microbiana no solo.

No plantio feito em Regente Feijó-SP, foi identificado um alto teor de MO no solo durante o período de incubação do solo (Figura 2), e relacionando-se as amostras de solo incubado com o ciclo de desenvolvimento da batata-doce há um indicativo de que a mineralização da MO disponibilizou N para a cultura da batata-doce, o que contribuiu para a baixa necessidade de aplicação de N na cultura.

Nota-se que na área de Braúna-SP o IRC não se correlacionou de modo significativo com o teor de N nas folhas nas avaliações realizadas aos 15 e 22 DAP, fato que não ocorreu nas demais épocas de avaliação em que houve correlação

positiva e significativa do IRC com os teores de N nas folhas devido as aplicações de N ao longo do desenvolvimento da cultura (Tabela 5).

Em São Manuel-SP, o IRC correlacionou-se negativamente com o teor de N nas folhas na avaliação feita aos 15 DAP. Aos 29 DAP ambas as variáveis não se correlacionaram entre si, mas nas demais épocas de avaliação houve correlação positiva e significativa do IRC com os teores foliares de N, indicando que as leituras com clorofilômetro ajudam a prever o status nutricional de N da batata-doce.

Para os tratamentos avaliados em Regente Feijó-SP, o IRC não se correlacionou com os teores foliares de N, possivelmente porque quase todos os tratamentos manejados com N não receberam adubação nitrogenada de cobertura e a adubação nitrogenada aplicada no plantio foi baixa ou ausente na maioria dos tratamentos (Tabelas 1 e 2; Figura 2). Portanto, os resultados deste estudo indicam que em condições de cultivo em que a cultura da batata-doce apresenta resposta positiva ao N mineral, o uso do clorofilômetro portátil é uma ferramenta para auxiliar no manejo da adubação nitrogenada de cobertura, uma vez que nessas condições o IRC se correlaciona positivamente com o status de N das folhas.

O monitoramento da adubação feito dos 29 aos 71 DAP não apresentou diferença estatística nos tratamentos e manteve os teores de N semelhantes, não havendo necessidade de adubação em praticamente todo o ciclo de avaliações (Tabela 4).

Aos 78 DAP os tratamentos (0N-1,0 e 15 N-1,0) manejados com clorofilômetro apresentaram menores teores de N foliar, mas apenas o tratamento que não recebeu adubação nitrogenada no plantio (0N-0,4), necessitou de adubação, sendo aplicado apenas 5 kg ha⁻¹ de N em cobertura o que se pode estar relacionado com a alta mineralização da MO durante o período de desenvolvimento da cultura (Figura 2) minimizando a necessidade de aplicação de N.

Altas doses de fertilizantes nitrogenados podem ocasionar perdas de N por lixiviação, volatilização e desnitrificação, eutrofização, acidificação do solo, aumento da poluição ambiental com a emissão de gases de efeito estufa, bem como perdas econômicas (Liu *et al.*, 2020; Guo; Liu; He, 2022; Zhang *et al.*, 2023; Ju *et al.*, 2009).

O fornecimento de N em solos tropicais está intimamente relacionado com o alto teor de MO e a rapidez em seu processo de mineralização no solo, o que mantém em alta a fertilidade do solo (Kaupa; Rao, 2014).

Durante todo o período de desenvolvimento da batata-doce em Regente Feijó-SP, percebe-se que além dos teores de MO, os teores de N inorgânico, na forma de NO_3^- se mantiveram elevados no solo incubado por 150 dias (Figura 2). Fazendo-se uma relação dos resultados obtidos com o solo incubado com o desenvolvimento da batata-doce no campo percebe-se que o alto teor de NO_3^- , possivelmente contribuiu substancialmente para suprir parte da demanda de N da planta, diminuindo a necessidade de incremento por adubação nitrogenada.

Kaupa; Rao (2014), trabalhando com a mineralização do N e sua eficiência de aplicação atrelado a uso de esterco de animais, na cultura da batata-doce produzida em Papua Nova Guiné, verificaram que a associação do N mineral (50%) a uma fonte de N orgânico (50%), aplicando-se 50 kg ha^{-1} de N auxiliou no desenvolvimento da cultura e sua produtividade, quando comparado apenas com a aplicação do N mineral, além de fornecer a quantidade necessária a planta, manteve a atividade microbiana no solo.

No plantio feito em Regente Feijó-SP, foi identificado um alto teor de MO no solo durante o período de incubação do solo (Figura 2), e relacionando-se as amostras de solo incubado com o ciclo de desenvolvimento da batata-doce há um indicativo de que a mineralização da MO disponibilizou N para a cultura da batata-doce, o que contribuiu para a baixa necessidade de aplicação de N na cultura.

Nota-se que na área de Braúna-SP o IRC não se correlacionou de modo significativo com o teor de N nas folhas nas avaliações realizadas aos 15 e 22 DAP, fato que não ocorreu nas demais épocas de avaliação em que houve correlação positiva e significativa do IRC com os teores de N nas folhas devido as aplicações de N ao longo do desenvolvimento da cultura (Tabela 5).

Em São Manuel-SP, o IRC correlacionou-se negativamente com o teor de N nas folhas na avaliação feita aos 15 DAP. Aos 29 DAP ambas as variáveis não se correlacionaram entre si, mas nas demais épocas de avaliação houve correlação positiva e significativa do IRC com os teores foliares de N, indicando que as leituras com clorofilômetro ajudam a predizer o status nutricional de N da batata-doce.

Para os tratamentos avaliados em Regente Feijó-SP, o IRC não se correlacionou com os teores foliares de N, possivelmente porque quase todos os tratamentos manejados com N não receberam adubação nitrogenada de cobertura e a adubação nitrogenada aplicada no plantio foi baixa ou ausente na maioria dos tratamentos (Tabelas 1 e 2; Figura 2).

Tabela 5 – Coeficientes de correlação de Pearson (r) do IRC (SPAD) com os teores de N (g kg^{-1}) nas folhas da cultura da batata-doce cultivada nos municípios de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP.

Variável	DAP	Teor de N nas folhas (g kg^{-1})					
		Braúna		São Manuel		Regente Feijó	
		<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
IRC (SPAD)	15	0,20	NS	-0,67	<0,001	0,34	NS
	22	-0,19	NS	0,64	<0,001	-0,22	NS
	29	0,79	<0,001	0,17	NS	-0,05	NS
	36	0,72	<0,001	0,59	<0,001	-0,27	NS
	43	0,89	<0,001	0,62	<0,001	0,26	NS
	50	0,86	<0,001	0,70	<0,001	-0,03	NS
	57	0,78	<0,001	0,80	<0,001	-0,04	NS
	64	0,45	0,025	0,58	0,001	0,28	NS
	71	0,70	<0,001	0,49	0,008	-0,32	NS
	78	0,69	<0,001	0,46	0,014	0,24	NS
	85	0,55	0,005	0,57	0,002	0,30	NS

Portanto, os resultados deste estudo indicam que em condições de cultivo em que a cultura da batata-doce apresenta resposta positiva ao N mineral, o uso do clorofilômetro portátil é uma ferramenta para auxiliar no manejo da adubação nitrogenada de cobertura, uma vez que nessas condições o IRC se correlaciona positivamente com o status de N das folhas.

4.3 Teor de nutrientes na folha diagnose

A análise foliar é um dos métodos utilizados para avaliação do estado nutricional das plantas. A diagnose foliar uma prática adotada a fim de monitorar se os nutrientes aplicados na planta estão desempenhando a atividade nutricional esperada ou não, possibilitando o produtor corrigir os níveis nutricionais da cultura (Faquin, 2002; Echer; Dominato; Creste, 2009; Fageria *et al.*, 2009; Nascimento *et al.*, 2012; Cordeiro *et al.*, 2024).

As plantas de batata-doce avaliadas aos 64 DAP no município de Braúna-SP, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao teor de N foliar (Tabela 6). Nos tratamentos referência e 15N-0,1 (manejado com o clorofilômetro) os teores de N na folha diagnóstica foram maiores (43,0; 42,5 g kg^{-1}), quando comparados com o tratamento controle (sem adubação) e os demais tratamentos com e sem adubação no plantio. Os teores de N avaliados na folha diagnóstica para a área

de Braúna encontram-se dentro da faixa recomendada para a cultura da batata-doce no estado de SP que é de 33 a 45 g kg⁻¹ (Peressin *et al.*, 2022).

Em relação aos teores de fósforo (P), o tratamento controle apresentou um teor maior do nutriente (5,0 g kg⁻¹, teor máximo recomendado para a cultura) em comparação aos tratamentos manejados com clorofilômetro, os quais não diferiram entre si. Embora, os tratamentos que receberam 15 kg ha⁻¹ de N no plantio e 0,4 ou 1,0 kg ha⁻¹ de N por 0,1 unidade de ISN < 90%, tenham apresentado teores foliares de P maiores do que os tratamentos referência e recomendado, e os resultados destes também foram inferiores ao do tratamento controle (sem adubação), esse fato pode estar relacionado a baixa atividade fotossintética das plantas no tratamento controle devido ao não suprimento de N na adubação.

Nas avaliações dos teores de K na folha diagnóstica foi observado que o tratamento que não recebeu N no plantio e 1,0 kg ha⁻¹ de N por 0,1 unidade de ISN < 90% apresentou teores foliares de K maiores (31,0 g kg⁻¹) do que os tratamentos referência e recomendado (Tabela 6). O tratamento referência apresentou menor teor de K (26,2 g kg⁻¹), nas folhas quando comparado aos demais tratamentos, inclusive ao tratamento controle, ficando abaixo da faixa adequada para a cultura que é de 31-45 g kg⁻¹ de K (Peressin *et al.*, 2022).

Em relação ao Mg e o S, os teores destes nutrientes na folha não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e mantiveram-se dentro da faixa ideal para a cultura da batata-doce (3-12 g kg⁻¹ para o Mg e 4-7 g kg⁻¹ para o S) (Peressin *et al.*, 2022).

De modo semelhante ocorreu para os micronutrientes B, Cu e Zn, que não diferiram entre os tratamentos e permaneceram dentro da faixa ideal para a cultura (25-75 mg kg⁻¹, 10-20 mg kg⁻¹ e 20-50 mg kg⁻¹, para B, Cu e Zn, respectivamente) (Peressin *et al.*, 2022). Mas houve diferença para os teores de Fe, onde o tratamento monitorado com o clorofilômetro que recebeu 15 kg ha⁻¹ de N no plantio (15N-1,0) apresentou maior teor foliar de Fe que os demais tratamentos. Os teores foliares de Fe em todos os tratamentos mostraram-se acima da faixa adequada para a cultura da batata-doce que é de 40-100 mg kg⁻¹ (Peressin *et al.*, 2022).

Já para os teores de Mn, o tratamento referência apresentou maior teor foliar (155,2 mg kg⁻¹), quando comparados aos outros tratamentos e manteve-se dentro da faixa ideal (7-12 mg kg⁻¹) (Peressin *et al.*, 2022).

Na área de São Manuel-SP os teores dos nutrientes P, K, Ca, Mg, S, B e Zn na folha não foram afetados pelo manejo dos tratamentos, embora o S tenha se mantido abaixo da faixa ideal para a cultura (4-7 g kg⁻¹) (Peressin *et al.*, 2022), com exceção do tratamento 0N-1,0 (4,0 g kg⁻¹).

Tabela 6 – Teores de macro (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) na folha diagnóstica em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP.

64 Dias após o plantio (DAP)											
Tratamentos ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Braúna-SP											
Controle	34,4b	5,0a	30,0ab	11,3b	6,0a	4,5a	49,2a	15,5a	241,0ab	98,5c	26,0a
Recomendado	37,5ab	4,0b	28,2bc	10,9b	6,2a	4,0a	48,7a	12,7a	206,3b	119,0bc	26,5a
Referência	42,5a	4,0b	26,2c	11,3b	7,0a	4,0a	45,5a	13,0a	220,5ab	155,2a	28,2a
0N-1,0	40,0ab	4,2ab	31,0a	11,4b	7,0a	4,5a	46,5a	14,7a	235,8,2ab	123,7abc	27,5a
15N-0,4	40,9ab	4,2ab	30,0ab	15,0a	7,5a	4,7a	49,0a	13,7a	243,1ab	134,2ab	28,2a
15N-1,0	44,4a	4,5ab	30,0ab	12,0b	6,7a	4,2a	47,0a	16,5a	258,5a	113,7bc	32,7a
CV (%)	7,9	9,4	3,4	6,3	10,5	11,6	4,8	12,4	9,5	11,4	11,0
São Manuel-SP											
Controle	28,2b	3,7a	30,0a	7,0a	5,2a	3,2a	35,0a	13,7ab	291,5ab	68,0ab	28,7a
Recomendado	36,2ab	3,7a	28,2a	7,0a	5,5a	3,2a	37,5a	13,0b	261,7abc	60,5b	25,2a
Referência	41,2a	3,7a	29,0a	7,2a	6,0a	3,2a	34,5a	14,0ab	191,5c	82,2a	27,2a
0N-0,4	43,2a	4,5a	28,5a	8,2a	6,2a	3,5a	37,0a	16,5a	253,5abc	66,5ab	27,7a
0N-1,0	43,5a	4,2a	30,7a	8,0a	7,0a	4,0a	37,2a	15,0ab	267,5ab	68,5ab	27,2a
15N-0,4	37,8a	4,0a	30,0a	7,7a	6,5a	3,7a	36,7a	15,5ab	319,2a	78,7ab	26,2a
15N-1,0	39,6a	3,5a	30,7a	8,2a	6,7a	3,2a	37,2a	13,7ab	233,5bc	65,2ab	26,2a
CV (%)	9,6	13,2	5,0	15,7	12,9	14,2	5,0	10,2	12,4	12,0	9,2
Regente Feijó- SP											
Controle	42,1a	3,4a	30,2a	7,0bc	4,3ab	4,5a	32,5b	12,7a	490,5a	94,6d	26,5a
Recomendado	41,6a	3,4a	30,2a	8,0abc	4,5ab	4,2a	27,9e	11,0a	436,7a	141,7b	28,7a
Referência	46,4a	2,8a	29,5a	8,5a	5,1a	4,2a	29,0de	11,0a	386,7a	135,0b	27,0a
0N-0,4	42,5a	3,3a	30,7a	6,7c	3,9b	4,0a	34,4a	12,0a	415,2a	113,3c	26,2a
0N-1,0	42,9a	3,4a	28,5a	7,7abc	4,7ab	4,2a	30,5cd	13,0a	479,5a	98,1cd	26,0a
15N-0,4	44,2a	3,4a	31,0a	8,2ab	4,6ab	4,5a	30,5d	10,7a	392,2a	164,5a	29,0a
15N-1,0	42,2a	3,2a	30,2a	7,5abc	3,9b	4,5a	32,0bc	12,7a	480,5a	150,9ab	28,7a
CV (%)	4,7	8,8	6,6	8,1	10,6	10,1	2,4	12,8	12,6	5,8	9,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada local, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ⁽¹⁾ controle: sem adubação nitrogenada; recomendado: aplicação de 50 kg ha⁻¹ parcelados entre plantio e uma cobertura; referência: aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N parcelados entre o plantio e 3 aplicações em cobertura; 0N ou 15N: indica a dose de zero (0) ou 15 kg ha⁻¹ de N aplicados no momento do plantio, respectivamente; 0,4 e 1,0: indicam as doses de N aplicadas em cobertura por 0,1 unidade de ISN abaixo de 90%.

No entanto, os teores foliares dos tratamentos manejados com o clorofilômetro que não receberam adubação nitrogenada no plantio e os que receberam 0,4 e 1,0 kg ha⁻¹ por 0,1 unidade de ISN (0N-0,4; 1,0 e 15N-0,4; 1,0) no plantio e em cobertura, foram maiores do que nos tratamentos controle e recomendado (Tabela 6).

Os teores foliares de Cu no tratamento que não recebeu adubação de N no plantio (0N-0,4) foram maiores (16,5 mg kg⁻¹) quando comparados aos tratamentos que receberam 15 kg ha⁻¹ de N no plantio e foram suplementados com 0,4 e 1,0 kg ha⁻¹ de N por 0,1 unidade de ISN < 90% (15,0; 15,5 mg kg⁻¹), além do tratamento recomendado (13,0 mg kg⁻¹). Quanto ao Fe, os teores foliares no tratamento 15N-0,4 (319,2 mg kg⁻¹) foram maiores do que no tratamento referência que apresentou menor teor do micronutriente (191,5 mg kg⁻¹) em comparação aos tratamentos avaliados.

O teor de Mn na folha diagnóstica no tratamento referência foi mais elevado (82,2 mg kg⁻¹) em relação aos tratamentos manejados com o clorofilômetro, que não apresentaram diferenças entre si e aos tratamentos controle e recomendado (Tabela 6).

Na área de Regente Feijó-SP, os resultados obtidos na análise foliar demonstraram que para os nutrientes N, P, K, S, Cu, Fe e Zn não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 6). No entanto, observou-se diferença significativa nos teores foliares de Ca, Mg, B e Mn.

O tratamento que não recebeu adubação nitrogenada no plantio e 0,4 kg ha⁻¹ para cada 0,1 unidade de ISN (0N-0,4) apresentou teores foliares de Ca (6,7 g kg⁻¹) e Mg (3,9 g kg⁻¹) menores do que o tratamento referência (8,5; 5,1 g kg⁻¹). Para o Mn, o tratamento manejado com clorofilômetro que não recebeu N no plantio e 0,4 kg de N por 0,1 unidade de ISN (0N-0,4) apresentou teores menores (113,3 mg kg⁻¹) que os tratamentos manejados com clorofilômetro que receberam 15 kg ha⁻¹ de N no plantio (15N-0,4 e 15N-1,0), bem como do tratamento referência.

Para as áreas de Braúna-SP e São Manuel-SP, os teores foliares de N permaneceram dentro da faixa recomendada para a cultura da batata-doce no estado de São Paulo, sendo 33-45 g kg⁻¹ (Lorenzi *et al.*, 1997; Peressin *et al.*, 2022). Para a área de Regente Feijó-SP, os teores foliares de N foram ligeiramente mais elevados, esse fato pode ter ocorrido devido à elevados teores de MO, NH₄⁺ e NO₃⁻ no solo (Figura 2), disponibilizando de modo uniforme durante todo o ciclo da cultura níveis elevados de N.

Os demais nutrientes no geral, também se mantiveram dentro das faixas adequadas para a cultura nas três áreas avaliadas, com exceção do Fe, que apresentou níveis acima do ideal em todos os tratamentos avaliados nas três áreas.

4.4 População final de plantas, massa média e produtividade das raízes de batata-doce em função do manejo da adubação nitrogenada

A população final de plantas nas três áreas de cultivo não foi afetada pelos tratamentos, apresentando médias de 23.898, 20.695 e 22.719 plantas ha⁻¹ nas áreas de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP, respectivamente (Tabela 7). Porém, o número total de raízes por planta diferiu entre os tratamentos nas três áreas avaliadas (Tabela 7).

Em Braúna-SP os tratamentos que apresentaram maior número total de raízes por planta foram os tratamentos 15N-0,4 recomendado e referência, que receberam adubação no plantio (Tabela 7). Destacando-se os tratamentos 15N-0,4, manejado com o clorofilômetro, que proporcionou maior número total e comercial de raízes por planta (7,5 e 2,7 planta⁻¹). Já os tratamentos 0N-1,0 que não foi adubado no plantio apresentou menor número total e comercial de raízes (5,8; 2,1 planta⁻¹), além do tratamento recomendado (2,0 planta⁻¹).

Entre os tratamentos manejados com clorofilômetro na área de Braúna-SP, o tratamento 15N-0,4 foi o que recebeu a menor dose de N em cobertura (68 kg ha⁻¹) em 3 aplicações entre os 43 e 57 DAP, demonstrando que esse manejo do N foi mais adequado para o enchimento das raízes tuberosas, incrementando o número de raízes comerciais por planta.

Tabela 7 – População final de plantas (plantas ha⁻¹), número de raízes por planta (nº planta⁻¹), massa média das raízes (g raiz⁻¹) e produtividade de raízes (t ha⁻¹) em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna, São Manuel e Regente Feijó.

Tratamentos ⁽¹⁾	População	Número de raízes		Peso médio	Produtividade	
		Total	Comerc ial		Total	Comercial
Braúna - SP						
Controle	22.990a	6,6bc	2,2bc	272,1a	36,2a	20,6a
Recomendado	23.565a	7,4ab	2,0c	234,8b	36,4a	20,0a
Referência	24.140a	7,4ab	2,4b	230,5bc	36,3a	23,3a
0N-1,0	24.140a	5,8c	2,1c	264,0a	39,5a	23,4a
15N-0,4	24.140a	7,5a	2,7a	205,7c	27,5a	21,6a
15N-1,0	24.415a	6,6bc	2,4b	226,2bc	32,8a	21,1a
CV (%)	9,31	5,5	4,2	4,5	8,2	7,5
São Manuel -SP						
Controle	21.153a	4,2bc	0,8d	153,7b	13,9c	5,2c
Recomendado	21.153a	4,1c	1,2bc	167,5b	14,0c	6,7bc
Referência	20.512a	4,8abc	2,0a	211,0a	20,8a	13,2a
0N-0,4	20.512a	5,3a	1,4b	151,2b	14,9bc	7,7b
0N-1,0	20.512a	4,9ab	1,3bc	163,2b	16,4b	8,3b
15N-0,4	21.153a	4,7abc	1,0cd	155,2b	15,2bc	6,3bc
15N-1,0	19.871a	4,8abc	1,1bcd	169,7b	16,3b	6,6bc
CV (%)	7,26	7,1	10,5	9,60	5,1	12,2
Regente Feijó- SP						
Controle	21.345a	6,9ab	3,3a	190,6a	26,8a	18,9b
Recomendado	23.268a	8,3a	3,9a	160,0a	30,4a	23,0ab
Referência	23.268a	6,4b	4,0a	192,6a	28,3a	25,9a
0N-0,4	23.717a	6,9ab	3,6a	176,3a	26,3a	19,9ab
0N-1,0	23.717a	7,2ab	3,6a	169,2a	27,6a	19,7ab
15N-0,4	21.858a	7,1ab	3,6a	190,6a	28,0a	23,5ab
15N-1,0	21.858a	6,9ab	3,3a	194,9a	27,4a	22,3ab
CV (%)	5,1	9,6	13,1	15,4	8,8	11,6

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada local, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).⁽¹⁾ controle: sem adubação nitrogenada; recomendado: aplicação de 50 kg ha⁻¹ parcelados entre plantio e uma cobertura; referência: aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N parcelados entre o plantio e 3 aplicações em cobertura; 0N ou 15N: indica a dose de zero (0) ou 15 kg ha⁻¹ de N aplicados no momento do plantio, respectivamente; 0,4 e 1,0: indicam as doses de N aplicadas em cobertura por 0,1 unidade de ISN abaixo de 90%.

Em São Manuel-SP, em geral, os tratamentos manejados com clorofilômetro proporcionaram maior número total de raízes por planta, com destaque para os tratamentos que não receberam adubação nitrogenada no plantio (0N-0,4 e 0N-1,0), comparados com os tratamentos recomendado e controle (Tabela 7).

Os tratamentos manejados com o clorofilômetro que não receberam adubação no plantio (0N-0,4 e 0N-1,0) forneceram maior número total de plantas (5,3; 4,9 plantas⁻¹), quando confrontados com os tratamentos recomendado e referência, demonstrando que doses mais altas de N de forma precoce não refletem no aumento

do número de raízes. No entanto, o número de raízes comerciais por planta apresentou diferença significativa entre o tratamento referência, que apresentou valores mais elevados, em relação aos tratamentos manejados com o clorofilômetro e o tratamento recomendado.

O maior número de raízes comerciais por planta na área de São Manuel-SP no tratamento referência indica que houve maior resposta da batata-doce ao N mineral e através do manejo com o clorofilômetro portátil pode-se verificar que a não inclusão de N no plantio demandou de aplicações mais precoces de N e em doses maiores, o que não se refletiu em aumentos expressivos no número de raízes comerciais por planta (Tabelas 1 e 7).

Na área de Regente Feijó-SP, o número total de raízes por planta diferiu entre os tratamentos recomendado e referência, que apresentou os menores valores, quando confrontados com os valores dos tratamentos manejados com o clorofilômetro (Tabela 7). O número comercial de raízes por planta não foi influenciado pelos tratamentos estudados sendo em média 3,6 raízes por planta. Tais resultados condizem com a avaliação dos teores de NH_4^+ e NO_3^- no solo desta área, onde constatou-se elevada disponibilidade de N inorgânico no solo incubado (Figura 2).

A massa média das raízes tuberosas não diferiu significativamente entre os tratamentos na área de Regente Feijó-SP (Tabela 7). Em Braúna-SP, os tratamentos controle (272,1 g) e 0N-1,0 (264,0g) por terem produzido menos raízes por planta, suas raízes tuberosas apresentaram peso médio maior comparado aos outros tratamentos. Já em São Manuel-SP, o tratamento referência, que recebeu a maior dose de N, apresentou raízes tuberosas com maior massa média (211,0 g) que os demais tratamentos, os quais não diferiram entre si para esta variável. Aumentos na massa média das raízes tuberosas da batata-doce mediante o incremento no suprimento de N também foi verificado em outros estudos (Fernandes *et al.*, 2021).

As produtividades total e comercial na área de Braúna-SP e a produtividade total das batatas-doces cultivadas em Regente Feijó-SP não foram afetadas pelos tratamentos, indicando que nestas áreas a batata-doce não respondeu a adubação nitrogenada (Tabela 7). Nestas áreas mesmo quando não se aplicou nenhum N mineral a produtividade total de raízes ficou entre 36,2 e 26,8 t ha⁻¹, o que está muito acima da média brasileira que é de 14,5 t ha⁻¹ (IBGE, 2022).

Já a produtividade comercial da área de Regente Feijó-SP diferiu entre a referência (25,9 t ha⁻¹) que apresentou maior produção em relação ao tratamento

controle com menor produção ($18,9 \text{ t ha}^{-1}$), não havendo diferença significativa nos demais tratamentos. Porém, nos tratamentos manejados com o clorofilômetro, observou-se que a produtividade do tratamento $15\text{N}-1,0 \text{ ha}^{-1}$, que recebeu 15 kg de N no plantio, praticamente não diferiu do tratamento referência, que recebeu uma quantidade de N três vezes maior que o recomendado para a cultura, o que pode ser considerado a quantidade suficiente de N a ser fornecido a cultura da batata-doce.

Hill *et al.* (1990), citado por Hartermink *et al.* (2000), informam que a cultura da batata-doce tem plena capacidade de absorver N atmosférico, associado com bactérias simbióticas não-nodulantes, o que contribui para o seu desenvolvimento.

Estudos mais recentes também têm relatado a habilidade que a planta de batata-doce possui de absorver N atmosférico através da associação com bactérias diazotróficas endofíticas (Yonebayashi *et al.*, 2014; Ueda; Yano, 2023). Portanto, a mineralização da MO do solo (Figura 2), associada a possível fixação biológica podem ter contribuído para a baixa resposta da cultura ao N mineral aplicado.

Em contrapartida, as produtividades total e comercial para São Manuel-SP apresentaram diferenças significativas, onde as maiores produtividades ocorreram no tratamento referência (Tabela 7). A menor produtividade total ocorreu nos tratamentos controle ($13,9 \text{ t ha}^{-1}$) e recomendado ($14,0 \text{ t ha}^{-1}$), os quais não diferiram dos tratamentos $0\text{N}-0,4$ e $15\text{N}-0,4$. A menor produtividade comercial foi verificada no tratamento controle ($5,2 \text{ t ha}^{-1}$), o qual não diferiu do tratamento recomendado e dos tratamentos manejados com clorofilômetro e que receberam N na adubação de plantio ($15\text{N}-0,4$ e $15\text{N}-1,0$).

Estudos revelam que solos com pouco manejo de adubação e doses mais reduzidas de N promovem a manutenção de comunidades de bactérias diazotróficas. Portanto, o manejo da adubação nitrogenada em conjunto com as bactérias fixadoras de N auxilia no desenvolvimento promissor da cultura da batata-doce (Wang *et al.*, 2022).

Santos Neto *et al.* (2017), avaliando a produtividade de clones de batata-doce, perceberam que a biomassa da parte aérea aumentava de modo linear às doses de N aplicadas e, utilizando dose de 132 kg ha^{-1} de N , obtiveram uma produtividade de 50 t ha^{-1} dos clones avaliados. Porém, doses acima desse valor provocaram uma redução na produtividade das raízes tuberosas. Ao ajustarem uma dose de 130 kg ha^{-1} de N para a obtenção de uma produtividade total de $50,35 \text{ t ha}^{-1}$, proporcionaram

economia na aplicação do fertilizante e aumentaram os rendimentos máximos da batata-doce.

No estudo conduzido por Foloni *et al.*, (2013), que investigaram a produtividade comercial da batata-doce, foi observado que, embora a cultura seja responsiva a doses de N, os melhores resultados em termos de produção foram obtidos quando feito a combinação de N e K. Especificamente, a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura, sendo aplicado o K aos 39 DAP, favoreceu a interação dos nutrientes, onde o K favoreceu o aproveitamento do N pela cultura e a combinação da adubação além de incrementar a produtividade, reduziu o número de raízes não-comerciais. Isso pode ser atribuído ao fato de o N favorecer o crescimento vegetativo, enquanto o K facilita a translocação de carboidratos para os órgãos de reserva.

Nesse estudo podemos observar que na área de São Manuel-SP o gasto com fertilizante nitrogenado foi maior devido à retirada do N do plantio e a maior disponibilidade hídrica no período (Figura 1), o que aumentou a necessidade de aplicação de N em cobertura. O período de plantio também foi caracterizado por temperaturas mais altas se comparado com em Regente Feijó. Em Regente Feijó as temperaturas foram mais baixas e houve menor oferta hídrica, o que prolongou o ciclo da cultura. A batata-doce possui uma exigência hídrica de 500 mm para um ciclo que varia de 110 a 140 dias (Embrapa, 2021).

A menor produtividade em São Manuel- SP também pode estar associada aos baixos teores de NH₄⁺ e NO₃⁻ na fase inicial de desenvolvimento da cultura (Figura 2). Nessa fase, a batata-doce exige uma boa suplementação nutricional para desenvolvimento das raízes adventícias e tuberização, bem como para que no decorrer no desenvolvimento da cultura a planta acumule fotoassimilados nas raízes de reserva, aumentando a produtividade.

O período crítico de desenvolvimento da batata-doce compreende os primeiros 30 dias após o plantio, nos quais o manejo da cultura irá definir o desenvolvimento da planta e sua produtividade (Embrapa, 2021).

De acordo com o manejo da adubação nitrogenada utilizando o clorofilômetro portátil, o tratamento 0N-1,0 (não recebeu adubação no plantio), necessitou de suplementação total de 138 kg ha⁻¹, parcelado e aplicado em cobertura, já no tratamento recomendado, a dose total de N fornecida foi de 50 kg ha⁻¹.

A não aplicação de N na base resultou em produtividade comercial estatisticamente igual ao tratamento recomendado, mas com um gasto maior de N. O

que leva a crer que a aplicação de N no plantio associado ao monitoramento com o clorofilômetro portátil, forneceria a quantidade de N necessária ao desenvolvimento da planta, sem maiores gastos do fertilizante, a exemplo disso temos os valores de produtividade total e comercial da área de Regente Feijó-SP, mencionados anteriormente (Tabelas 1 e 7).

Na área de Regente Feijó em que choveu menos e disponibilizou maiores teores de MO, NH_4^+ e NO_3^- (Figuras 1 e 2) quando comparado com a área de São Manuel-SP, o monitoramento da adubação nitrogenada com clorofilômetro reduziu o consumo de fertilizante nitrogenado sem diminuir a produtividade comercial da batata-doce.

Em batata (*Solanum tuberosum* L.), Fernandes *et al.*, (2020) verificaram que o medidor de clorofila portátil SPAD-502 foi eficiente na otimização da aplicação de N apenas quando as condições ambientais foram mais favoráveis ao cultivo de batata. Por outro lado, no estudo feito por Maia *et al.*, (2012), o monitoramento da adubação nitrogenada com o clorofilômetro evitou aplicações desnecessárias de N no feijoeiro, o que neste estudo ocorreu apenas na área de Regente Feijó.

4.5 Quantidade de N acumulado nas partes da planta e na planta inteira, extração e exportação de N pela cultura da batata-doce

Na área de Braúna-SP as quantidades de N acumuladas na parte aérea das plantas nos tratamentos referência, 0N-1,0 e 15N-1,0 foram maiores do que no tratamento controle, já o acúmulo de N na parte aérea do tratamento referência, que recebeu as maiores doses de N, foi maior quando comparado aos tratamentos recomendado e controle (Tabela 8). Esses resultados indicam que o elevado suprimento de N para a cultura da batata-doce estimulou o crescimento da parte aérea das plantas, assim como observado em outros estudos (Fernandes *et al.*, 2018; Fernandes *et al.*, 2020).

Tabela 8 – Quantidade de N acumulada (t ha^{-1}) na parte aérea, raiz tuberosa e na planta inteira em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna, São Manuel e Regente Feijó.

Tratamentos ⁽¹⁾	Parte aérea	Raiz tuberosa	Planta inteira
Braúna- SP			
Controle	3,0c	8,5a	11,9b
Recomendado	3,8bc	9,1a	12,7ab
Referência	5,0a	8,7a	13,3ab
0N-1,0	4,4ab	9,0a	14,0a
15N-0,4	4,0bc	8,5a	12,4b
15N-1,0	4,2ab	8,2a	12,4b
CV (%)	10,6	6,8	5,1
São Manuel- SP			
Controle	3,1c	1,1c	4,3b
Recomendado	3,4bc	1,6bc	5,1ab
Referência	4,5a	2,2a	6,8a
0N-0,4	3,7abc	1,3bc	5,1ab
0N-1,0	4,2ab	1,7b	6,0ab
15N-0,4	3,7abc	1,3bc	5,1ab
15N-1,0	4,1abc	1,8ab	6,0ab
CV (%)	11,4	9,8	13,94
Regente Feijó			
Controle	1,0b	6,9a	7,8a
Recomendado	1,3b	7,8a	9,1a
Referência	1,9a	7,1a	9,1a
0N-0,4	1,0b	6,7a	7,8a
0N-1,0	1,1b	6,8a	8,0a
15N-0,4	0,9b	7,1a	8,0a
15N-1,0	1,0b	6,9a	8,0a
CV (%)	14,7	10,5	9,3

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada local, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ⁽¹⁾ controle: sem adubação nitrogenada; recomendado: aplicação de 50 kg ha^{-1} parcelados entre plantio e uma cobertura; referência: aplicação de 150 kg ha^{-1} de N parcelados entre o plantio e 3 aplicações em cobertura; 0N ou 15N: indica a dose de zero (0) ou 15 kg ha^{-1} de N aplicados no momento do plantio, respectivamente; 0,4 e 1,0: indicam as doses de N aplicadas em cobertura por 0,1 unidade de ISN abaixo de 90%.

O acúmulo N nas raízes tuberosas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, diferentemente da quantidade de N acumulada na planta inteira, que demonstrou diferença significativa, onde o acúmulo de N foi maior no tratamento 0N-1,0 ($14,0 \text{ t ha}^{-1}$) do que nos tratamentos controle, 15N-0,4 e 15N-1,0.

Na área de São Manuel-SP o tratamento referência, que recebeu a maior dose de N, acumulou maior quantidade de N na parte aérea comparado aos tratamentos recomendado e controle (Tabela 8).

A quantidade de N acumulada na parte aérea das plantas de batata-doce em Regente Feijó do tratamento referência foi maior em relação aos demais tratamentos,

os quais não diferiram entre si. Isso mostra que na área de Regente Feijó as doses de N aplicadas nos tratamentos manejados com clorofilômetro foram baixas e não houve estímulo para o crescimento vegetativo das plantas. Esse fato pode ter ocorrido devido ao maior período sem chuvas.

É importante destacar que quando o N é disponibilizado em grandes quantidades, ele pode promover um aumento excessivo no crescimento da parte aérea em relação às raízes tuberosas, dificultando o armazenamento de substâncias como carboidratos e diminuindo a produtividade (Hartermink *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2002; Rós; Narita; Hirata, 2014).

Quanto ao acúmulo N nas raízes tuberosas e nas plantas inteiras da área de Regente Feijó-SP não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados (Tabela 8). Porém, na área de São Manuel-SP o acúmulo de N nas raízes tuberosas do tratamento referência foi maior na maioria dos tratamentos, já que o teor de N acumulado nas raízes tuberosas do tratamento 15N-1,0 se aproxima do teor do tratamento referência.

Referente ao teor de N na parte aérea das plantas cultivadas na área de Braúna-SP, o tratamento manejado com clorofilômetro e que não recebeu aplicação de N no plantio (0N-1,0) apresentou teor de N maior em relação ao tratamento controle e aos demais tratamentos manejados com clorofilômetro, mas que foram supridos com 15 kg ha⁻¹ de N na base (15N-0,4 e 15N-1,0) (Tabela 9).

Para as avaliações feitas das plantas de batata-doce cultivadas em São Manuel-SP, os teores de N na parte aérea das plantas do tratamento 15N-1,0 foram menores (13,8 g kg⁻¹) do que nos tratamentos recomendado, referência, 0N-0,4 e 0N-1,0, os quais não diferiram entre si (Tabela 9). Os menores teores de N na parte aérea das plantas de São Manuel-SP ocorreram no tratamento controle.

Na área de Regente Feijó-SP a parte aérea das plantas do tratamento referência apresentou teores de N maiores (14,9 g kg⁻¹) quando comparado com tratamento recomendado e os tratamentos manejados com clorofilômetro. Os tratamentos manejados com clorofilômetro e que não receberam N na base (0N-0,4 e 0,1), apresentaram os menores teores de N na parte aérea (11,0 e 10,9 g kg⁻¹, respectivamente).

Nas raízes tuberosas das três áreas de cultivo os teores de N não foram afetados pelos tratamentos e foram em média de 4,5 g kg⁻¹ (Tabela 9). Teores de N nas raízes tuberosas da batata-doce maiores do que os obtidos neste estudo, ou seja,

variando de 5,9 a 8,8 g kg⁻¹ foram observados em estudo com combinação de adubação verde e adubação nitrogenada nesta cultura tuberosa (Fernandes *et al.*, 2020).

Tabela 9 –Teores de N na parte aérea (g kg⁻¹) e raízes tuberosas (g kg⁻¹) e quantidades de N absorvidas (kg ha⁻¹) e exportadas (kg ha⁻¹) em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó- SP.

Tratamentos ⁽¹⁾	Teor de N na parte aérea	Teor de N nas raízes	Absorção de N	Exportação de N
Braúna -SP				
Controle	17,3c	4,7a	93,8c	39,9abc
Recomendado	17,9ab	4,1a	107,1b	38,0bc
Referência	19,7ab	4,5a	136,7a	41,5ab
0N-1,0	20,0a	4,6a	132,7a	43,2a
15N-0,4	16,9c	4,4a	108,7b	40,5ab
15N-1,0	17,9bc	4,2a	110,6b	35,4c
CV (%)	4,5	7,8	2,8	5,1
São Manuel - SP				
Controle	7,3c	4,7a	22,3d	14,8b
Recomendado	16,7a	4,3a	41,9bc	15,1b
Referência	16,3a	4,4a	57,0a	20,5a
0N-0,4	16,4a	4,3a	38,0c	16,1b
0N-1,0	17,3a	4,0a	47,4b	16,5b
15N-0,4	15,9ab	4,3a	37,6c	16,4b
15N-1,0	13,8b	4,4a	43,5c	19,1a
CV (%)	6,0	13,9	6,5	6,1
Regente Feijó- SP				
Controle	14,5ab	4,2a	43,2c	29,2b
Recomendado	13,3bc	4,7a	55,1b	37,6a
Referência	14,9a	4,9a	63,3a	36,0ab
0N-0,4	11,0c	4,8a	44,7c	32,8ab
0N-1,0	10,9c	5,0a	46,6c	33,7ab
15N-0,4	12,8b	4,9a	46,6c	34,5ab
15N-1,0	12,5b	4,9a	47,3c	34,3ab
CV (%)	4,0	17,3	3,6	8,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada local, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ⁽¹⁾ controle: sem adubação nitrogenada; recomendado: aplicação de 50 kg ha⁻¹ parcelados entre plantio e uma cobertura; referência: aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N parcelados entre o plantio e 3 aplicações em cobertura; 0N ou 15N: indica a dose de zero (0) ou 15 kg ha⁻¹ de N aplicados no momento do plantio, respectivamente; 0,4 e 1,0: indicam as doses de N aplicadas em cobertura por 0,1 unidade de ISN abaixo de 90%.

Em todas as áreas o tratamento referência absorveu as maiores quantidades de N, apesar de ele não ter diferido do tratamento 0N-1,0 na área de Braúna e do tratamento recomendado na área de São Manuel (Tabela 9).

A quantidade de nutrientes absorvida pela batata-doce está diretamente relacionada com a produção de biomassa e os teores de nutrientes na parte aérea e nas raízes tuberosas, essas variáveis que se correlacionam positivamente (Fernandes *et al.*, 2020).

Nota-se especialmente em Braúna-SP e São Manuel-SP que o controle foi o tratamento que absorveu as menores quantidades de N durante o ciclo de desenvolvimento. Tais resultados obtidos no tratamento controle são reflexo da menor biomassa produzida na parte aérea e dos baixos teores de N nas demais partes das plantas cultivadas em ambas as áreas avaliadas.

Apesar do tratamento referência ter absorvido as maiores quantidades de N ele não foi necessariamente o tratamento que apresentou as maiores exportações do elemento (Tabela 9). Na área de Braúna-SP, a maior exportação de N ocorreu no tratamento 0N-1,0 ($43,2 \text{ kg ha}^{-1}$) e a menor foi no tratamento 15N-1,0 ($35,4 \text{ kg ha}^{-1}$), enquanto os demais tratamentos exportaram quantidades intermediárias de N. Na área de Regente Feijó-SP, houve diferença na exportação de N apenas entre o tratamento recomendado e o tratamento controle, sendo os maiores valores observados no tratamento recomendado.

Deng *et al.* (2023), trabalhando com a concentração crítica de N (45 kg ha^{-1}) sob doses de K em cultivares de batatas-doces produzidas na China, constataram que o N é melhor absorvido pela planta devido à atividade do K, onde o nutriente tem maior influência na absorção de N do que no aumento da matéria seca da planta.

Já Duan *et al.* (2018) constataram que algumas cultivares são mais sensíveis a adubação nitrogenada do que outras, o que pode influenciar no desenvolvimento das raízes tuberosas e seu rendimento, podendo levar o produtor a utilizar doses mínimas ou nenhuma dose de fertilizante a base de N no plantio de batata-doce.

4.6 Teores de açúcares redutores, totais, amido, matéria seca e proteína nas raízes tuberosas

No ensaio conduzido em Braúna-SP os tratamentos manejados com o clorofilômetro que receberam 15 kg ha⁻¹ de N no plantio (15N-0,4; 15N-0,1), apresentaram os maiores teores de MS nas raízes quando comparados com os demais tratamentos, e o controle apresentou o menor teor de MS nas raízes (Tabela 10).

Por outro lado, os teores de MS nas raízes tuberosas das áreas de São Manuel-SP e Regente Feijó-SP não foram afetados significativamente pelos tratamentos e foram em média de 24,8% (Tabela 10). Teores de MS nas raízes tuberosas da batata-doce cultivar Canadense variando de 22,0% a 26,4% foram obtidos em estudos feitos com manejo da adubação nitrogenada por Ribeiro (2020) e Fernandes *et al.* (2021).

Com relação aos teores de açúcares nas raízes tuberosas, nota-se que na área de Braúna-SP os teores de açúcares redutores não foram afetados pelos tratamentos, mas em São Manuel-SP o tratamento controle apresentou teores mais altos de açúcares redutores nas raízes que os demais tratamentos, os quais não diferiram entre si (Tabela 10). Em Regente Feijó-SP o teor de açúcares redutores das raízes do tratamento controle foi superior ao dos tratamentos Recomendado, 0N-0,4 e 0N-1,0.

Nas áreas de Braúna-SP e São Manuel-SP houve diferença significativa entre os tratamentos para os teores de açúcares totais das raízes tuberosas. Em ambas as áreas o tratamento controle apresentou os maiores teores de açúcares redutores nas raízes tuberosas (Tabela 10). Em estudo feitos com adubação verde, Fernandes *et al.* (2021) verificaram que a adubação nitrogenada teve menos efeito sobre o teor de açúcares totais das raízes tuberosas da batata-doce do que a adubação verde com *Crotalaria spectabilis* ou mucuna-preta, isto é, duas leguminosas fixadoras de N₂. Na área de Regente Feijó-SP, o tratamento 15N-1,0 e o controle apresentaram teores dos açúcares totais maiores do que os tratamentos manejados com clorofilômetro e que não receberam N no plantio.

Tabela 10 – Teores matéria seca (MS), açúcares redutores, totais, amido e proteína nas raízes tuberosas em função do manejo da adubação nitrogenada com o clorofilômetro portátil na batata-doce cultivada nos municípios de Braúna-SP, São Manuel-SP e Regente Feijó-SP.

Tratamentos ⁽¹⁾	Matéria seca	Açúcar redutor	Açúcar total	Amido	Proteína
----- % matéria fresca -----					
Braúna - SP					
Controle	22,7b	1,2a	1,9a	16,4ab	0,6a
Recomendado	23,8ab	1,1a	1,3c	17,6ab	0,6a
Referência	24,1ab	0,9a	1,3c	16,0b	0,6a
0N-1,0	24,1ab	1,1a	1,5b	17,2ab	0,7a
15N-0,4	25,0a	1,0a	1,4b	17,3ab	0,6a
15N-1,0	25,2a	0,9a	1,4bc	19,3a	0,6a
CV (%)	3,5	12,4	3,3	7,4	8,9
São Manuel - SP					
Controle	23,1a	1,2a	7,0a	16,5a	0,6a
Recomendado	24,2a	0,9b	6,6ab	17,5a	0,6a
Referência	22,2a	0,8b	5,9bc	15,2a	0,6a
0N-0,4	24,3a	0,6b	5,5c	16,5a	0,6a
0N-1,0	25,6a	0,8b	5,1c	16,5a	0,6a
15N-0,4	24,7a	0,8b	5,6c	18,3a	0,6a
15N-1,0	25,1a	0,7b	5,8c	17,7a	0,7a
CV (%)	8,7	13,4	6,2	11,5	10,7
Regente Feijó - SP					
Controle	25,8a	1,8a	7,3a	20,6a	0,6a
Recomendado	25,8a	1,4bc	7,1ab	20,6a	0,7a
Referência	25,4a	1,6ab	7,1ab	20,6a	0,8a
0N-0,4	25,8a	1,1c	6,1bc	16,9b	0,7a
0N-1,0	24,9a	0,8d	5,6c	17,6b	0,7a
15N-0,4	25,3a	1,5ab	6,7ab	18,5ab	0,7a
15N-1,0	25,4a	1,5ab	7,3a	18,6ab	0,7a
CV (%)	9,6	7,8	7,0	6,1	10,1

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada local, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ⁽¹⁾ controle: sem adubação nitrogenada; recomendado: aplicação de 50 kg ha⁻¹ parcelados entre plantio e uma cobertura; referência: aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N parcelados entre o plantio e 3 aplicações em cobertura; 0N ou 15N: indica a dose de zero (0) ou 15 kg ha⁻¹ de N aplicados no momento do plantio, respectivamente; 0,4 e 1,0: indicam as doses de N aplicadas em cobertura por 0,1 unidade de ISN abaixo de 90%.

Quanto aos teores de amido das raízes tuberosas, na área de São Manuel-SP eles não foram afetados significativamente pelos tratamentos (Tabela 10). Em Braúna-SP, o teor de amido no tratamento 15N-1,0 foi maior do que no tratamento referência, mas não diferiu de modo significativo dos demais tratamentos.

Em Regente Feijó-SP, os teores de amido das raízes tuberosas nos tratamentos manejados com clorofilômetro que não receberam N na adubação de base (0N-0,4 e 0N-1,0) foram menores do que nos tratamentos controle, recomendado e referência. As respostas variadas em relação ao teor de amido das raízes podem

estar associadas com a disponibilidade inicial de N inorgânico no solo (Figura 2). Por exemplo, Fernandes *et al.* (2021) verificaram que a adubação nitrogenada só aumentou o teor de amido das raízes da batata-doce quando a cultura foi estabelecida numa área que estava em pousio.

Quando a batata-doce foi cultivada após leguminosas o suprimento de N mineral não teve efeito algum sobre os teores de amido das raízes tuberosas (Fernandes *et al.*, 2021).

Já em relação ao teor de proteína das raízes tuberosas, nota-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma das áreas estudadas. Apesar do N estar diretamente relacionado com os níveis de aminoácidos e proteínas nas células das plantas (Fernandes *et al.*, 2021) e a aplicação de N no geral, proporcionar aumentos nos teores de proteína das raízes tuberosas da batata-doce (Phillips; Warren; Millins, 2005; Ukom; Ojimele; Okpara, 2009; Santos Neto *et al.*, 2017; Fernandes *et al.*, 2021), neste estudo o suprimento de N não causou esse efeito de melhorar a qualidade proteica das raízes tuberosas da batata-doce. Tais efeitos podem ser devido ao alto suprimento de N inorgânico nativo do solo, como se verificou por meio do estudo de incubação em ambiente controlado (Figura 2).

5 CONCLUSÕES

No monitoramento da adubação nitrogenada com clorofilômetro portátil, a ausência de N no plantio antecipou as aplicações em cobertura e aumentou a demanda por N na batata-doce, quando houve maior disponibilidade hídrica. Em Braúna-SP e São Manuel-SP os tratamentos sem aplicação de N no plantio (0N-0,4 e 0N-1,0) necessitaram de 70 e 138 kg ha⁻¹ de N durante todo o período de monitoramento, diferentemente dos tratamentos que receberam 15 kg de N no plantio (15N-0,4 e 15N-1,0).

O uso do clorofilômetro para prever a adubação nitrogenada na cultura da batata-doce promoveu economia de N mineral apenas quando a disponibilidade hídrica foi baixa, o que variou nas diferentes regiões de cultivo. Quando houve maior disponibilidade hídrica durante a estação de cultivo a produtividade comercial da batata-doce monitorada com clorofilômetro foi igual à do tratamento com adubação nitrogenada recomendada, mas com maior gasto de fertilizante.

Apesar do clorofilômetro não ter sido eficiente em prever a demanda de N da batata-doce durante estações de cultivo com maior intensidade de chuvas, a aplicação de 15 kg ha⁻¹ de N no plantio associada com o índice de 0,4 kg de N por 0,1 unidade de ISN foi o tratamento que mais se aproximou das quantidades de N aplicadas no manejo recomendado, mantendo-se a produtividade comercial.

REFERÊNCIAS

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. DA; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relationship of reading of portable chlorophyll meter with contents of extractable chlorophyll and leaf nitrogen in maize. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158–167, 2001.
- ARGENTA, G. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.109-119, 2003.
- ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P. DE.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. N. P. DE Manejo da adubação nitrogenada na batata-doce: fontes e parcelamento na aplicação, **Ciência & Agrotecnologia**, v. 33, p. 6. dez, 2009.
- ANKUMAH, R.O.; KHAN, V.; MWAMBA, K.; K KPOMBLEKOU-A. The influence of source and timing of nitrogen fertilizers on yield and nitrogen use efficiency of four sweet potato cultivars, **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 100, Issues 2–3, p. 201-207, 2003.
- ANDRADE, T. M.; CARVALHO, R. C. de.; Exigências Climáticas e Ecofisiologia, p. 21-31, 2022. In: GONÇALVES, Ranoel José de Souza; BORÉM, Aluísio. (Org.). **Batata-doce: do plantio à colheita**. Viçosa- MG. Ed. UFV, 2022. P.182-192.
- BARBORA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N; K.; MENDES, P. N.; Utilização do medidor do teor de clorofila para recomendação de adubação nitrogenada de cobertura do feijoeiro irrigado. **Comunicado Técnico, Embrapa**. 1ed. eletrônica, 2007. Santo Antônio de Goiás, GO Dezembro, 2007. ISSN 1678-961X Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/26602/1/comt_142.pdf
- BEVILAQUA, L. K. A.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. de.; YURI, J. E. Características Morfológicas e Produtivas de Clones de Batata-Doce, **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 11, p. 01–07, 2019.
- CARMONA, P. A. O.; PEIXOTO, J. R.; AMARO, G. B.; MENDONÇA, M. A. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando descritores das raízes. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 241–250, 2015.
- CANDIDO, D. Análise da lucratividade do cultivo de batata doce (Ipomoea batatas):um estudo de caso em Touros/RN / Débora Candido, - 2022, 44f.:
- CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste

nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 445-450, 2003.

CORDEIRO, R. A. M.; SENA, W. DE L.; SILVA, A. L. P. DA; MEIRELES, R. DE O.; PIRES, E. DA S.; SOUZA, F. C. A. DE; CANTUÁRIA, P. DE C.; SILVA, B. M. DA S. E. Diagnose foliar em açaizeiro para avaliação do estado nutricional.

Contribuciones a Las Ciencias Sociales, v. 17, n. 6, p. e7281, 2024.

DENG, L.; XU, X.; ZHU, Y.; HE, W.; JIN, M.; LIU, Y.; LU, G.; LV, Z. Changes in dilution curves of critical nitrogen concentration in sweetpotato under different potassium conditions. **Field Crops Research**, v. 303, n. August, p. 109130, 2023.

DUAN, W.; ZHANG, H.; XIE, B.; WANG, B.; ZHANG, L. Impacts of nitrogen fertilization rate on the root yield, starch yield and starch physicochemical properties of the sweet potato cultivar Jishu 25. **PLoS ONE**, v. 14, n. 8, p. 1–11, 2019.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 176–182, 2009.

EMBRAPA HORTALIÇAS, **Sistema de produção de Batata-Doce**, vol. 9, ed, eletrônica, ISSS 1678- 880X 9 fev/ 2021.

EMBRAPA, Batata-doce: Beneficiamento e Classificação. Ater+digital. Disponível em: <https://www.atermaisdigital.cnptia.embrapa.br/web/batata-doce/beneficiamento-e-classificacao>. Acesso em: 02 de out 2024.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations, **Countries by commodity: sweet potatoes**, Disponível em: <
https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity> Acesso em: 28 de abr 2023.

FAGERIA, N. K.; FILHO, M. P. B.; MOREIRA, A.; GUIMARÃES, C. M. Foliar fertilization of crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, n. 6, p. 1044–1064, 2009.

FAQUIN, V. Diagnose do estado nutricional das plantas / Valdemar Faquin. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.: il. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice Spad e Teor De Clorofila No Limbo Foliar Do Tomateiro Em Função De Doses De

Nitrogênio E Da Adubação Orgânica, Em Duas Épocas De Cultivo. **Revista Ceres**, v. 53, n. 305, p. 2, 2006.

FERNANDES, A.M.; CAMPOS, LG.; SENNA, M.S.; DA SILVA, C.L.; ASSUNÇÃO, NATÁLIA S. Yield and nitrogen use efficiency of sweet potato in response to cover crop and nitrogen management. **AGRONOMY JOURNAL**, v. 110, p. 2004-2015, 2018.

FERNANDES AM, ASSUNÇÃO NS, RIBEIRO NP, GAZOLA B, SILVA RM. Nutrient uptake and removal by sweet potato fertilized with green manure and nitrogen on sandy soil. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**. 2020; 44: e0190127.

FERNANDES, AM.; RIBEIRO, NP.; ASSUNÇÃO, NS.; NUNES, JGS.; SORROCHE, CP.; LEONEL, M. Impact of nitrogen and green manure on yield and quality of sweet potato in sandy soil: A Brazilian case study. **Journal of Agriculture and Food Research**. v. 4. 100131, 2021.

FERNANDES FM, SORATTO RP, FERNANDES AM, SOUZA EFC. Chlorophyll meter-based leaf nitrogen status to manage nitrogen in tropical potato production. **Agronomy Journal**. 2021; 113:1–14. <https://doi.org/10.1002/agj2.20589>

FERNANDES, A. M.; SANDAÑA, P.; SORATTO, R. P.; RIBEIRO, N. P.; RODRIGUES, F. E.; GUIMARÃES, Í. T. Nitrogen efficiency indices for sustainable sweet potato production in tropical environments. **Field Crops Research**, v. 315, n. May, 2024.

FERREIRA, Daniel Furtado. **SISVAR: Sistema para análise estatística**. UFLA-Lavras, 2000. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

FILGUEIRA, F, A, R, Convolvuláceas: batata-doce, a batata de clima quente. In: **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**, 3ª Ed. Viçosa: Ed. UFV, 2008 p. 371-377.

FOLONI, J. S. S.; CORTE, A. J.; NASCIMENTO CORTE, J. R. DO; ECHER, F. R.; TIRITAN, C. S. Adubação de cobertura na batata-doce com doses combinadas de nitrogênio e potássio. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 117–126, 2013.

FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J.; MOREIRA, J. A. A.; GRASSI FILHO, H, Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, v. 55, p. 171-175, 1996.

GALERIANI, T. M.; OLIVEIRA, S. L. D.; PIROLI, V. L. B.; RICETO, M. P.; COSMO, B. M., Batata-doce: Uma revisão com ênfase na dinâmica do nitrogênio. **Revista Tocantinense de Geografia Araguaína**, v. 09, n. 19, p. 206-230, Set-Dez/2020.

GIL, P.T.; FONTES, P.C.R.; CECOM, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, dezembro 2002.

GUO, C.; LIU, X.; HE, X. A global meta-analysis of crop yield and agricultural greenhouse gas emissions under nitrogen fertilizer application. **Science of the Total Environment**, v. 831, n. April, p. 154982, 2022.

HUSSAIN, F.; BRONSON, F. K.; YADVINDER-SINGH, BIJAY-SINGH, PENG, S, Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia, **Agronomy Journal**, v. 92, p. 875-879, 2000.

HARTEMINK, A. E.; POLOMA, S.; MAINO, M.; POWELL, K. S.; EGENAE, J.; O'SULLIVAN, J. N. Yield decline of sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 79, n. 2–3, p. 259–269, 2000.

HORWITZ, W.; LATIMER JUNIOR, G. W. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18th ed. Gaythersburg: AOAC International, 2005.

HURTADO, S. M. C.; SILVA, C. A.; RESENDE, Á. V. DE; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S.; HIGASHIKAWA, F. S. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 688–697, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Lavouras temporárias**, Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas/> Acesso em 28 abr, 2023.

JU, X. T.; XING, G. X.; CHEN, X. P.; ZHANG, S. L.; ZHANG, L. J.; LIU, X. J.; CUI, Z. L.; YIN, B.; CHRISTIE, P.; ZHU, Z. L.; ZHANG, F. S. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 9, p. 3041–3046, 2009.

KAUPA, P.; RAO, B. K. R. Nitrogen mineralization and efficiency from co-applied animal manures and mineral fertilizer in sweetpotato under humid tropical conditions. **Field Crops Research**, v. 168, p. 48–56, 2014.

KAKABOUKI, I., TATARIDAS, A., MAVROEIDIS, A., KOUSTA, A., ROUSSIS, I., KATSENIOS, N., EFTHIMIADOU, A., PAPASTYLIANOU, P., 2021. Introduction of alternative crops in the Mediterranean to satisfy EU Green Deal goals. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 41, 71. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00725-9>.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 221-229. (Boletim Técnico, 100).

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. (Ed.), **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**, 2, ed. rev. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2010, 209 p. il, color.

LEONARDO, F. D. A. P.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. D. E. M.; PEREIRA, J.; COSTA, D. A. Teor de clorofila e índice SPAD no abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 377–383, 2013.

LIU, X. J.; XU, W.; DU, E.Z.; TANG, A. H.; ZHANG, Y.; ZHANG, Y. Y.; WEN, Z.; HAO, T.X.; PAN, Y. P.; ZHANG, L.; GU, B. J.; ZHAO, Y.; SHEN, J. L.; ZHOU, F.; GAO, Z. L.; FENG, Z. Z.; CHANG, Y. H.; GOULDING, K.; COLLETT JR, J. L.; VITOUSEK, P. M.; ZHANG, F.S. Environmental impacts of nitrogen emissions in China and the role of policies in emission reduction: Reactive nitrogen issues in China. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 378, n. 2183, 2020.
<https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0324>

LAURIE, S.; FABER, M.; ADEBOLA, P.; BELETE, A, Biofortification of sweet potato for food and nutrition security in South Africa, **Food Research International**, v. 76, Part 4, p. 962-970, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.

MAIA, S.C.M.; SORATTO, R.P.; NASTARO, B.; FREITAS, L.B. Uso do índice de suficiência de nitrogênio na estimativa da necessidade de adubação nitrogenada em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.183-191, 2012.

MONTES, S. M. N.; PANTANO, A. P. Origem, Características Econômicas e Botânicas in: MONTES, S. M. N. Cultura da Batata-Doce, do plantio a comercialização. Campinas: Instituto Agrônomo, 2013 p.1-10.

MOROZ, C. G. I.C.; NUNES, J.O.R.; GOUVEIA, J.M.C.; FUSHIMI, M. Mapa geomorfológico semidetalhado do município de Presidente Prudente - SP. In: **XI SINAGEO Simpósio Nacional de Geomorfologia**, 2016, Maringá. XI Sinageo. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2016.

NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; FERNANDES, D. M.; RODRIGUES, J. G. L.; FERNANDES, J. C. Diagnose foliar em plantas de milho em sistema de semeadura direta em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 67–86, 2012.

NOLÊTO, D. C. S.; SILVA, C, R, P.; COSTA, C, L, S.; UCHÔA, V, T, Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) comum e biofortificada, **Ciência Agrícola**, v.13, p. 59-68, 2015.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-390, 1944.

NETO, A. C. G.; LIMA, G. T. C.; RIBEIRO, D. V.; Preparo do solo e plantio, p.32-53, 2022. In: GONÇALVES, Ranoel José de Souza; BORÉM, Aluísio. (Org.). **Batata-doce: do plantio à colheita**. Viçosa- MG. Ed. UFV, 2022. P.182-192

O’SULLIVAN, J. N.; ASHER, C. J.; BLAMEY, F. P. C. Nutrient disorders of sweet potato. Canberra: **Australian Center of International Agricultural Research**, 1997. 136 p.

OLIVEIRA, J. F. de.; MATIAS, R, A, M.; MOTA, J. H. Produção de raízes de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) em Jataí- GO, 6p., 2012.

OLIVEIRA, M, S, A.; BLANK, A.; ALVES, R, P.; PINTO, V, S.; BLANK, M, F, A.; MALUF, W. R. Características produtivas de clones de batata-doce cultivados em três períodos de cultivo em São Cristovão- SE, **Horticultura Brasileira**, v. 33 (3), 2015.

PENG, S. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 987-990, 1993.

PHILLIPS, S.B.; WARREN, J.G.; MULLINS, G.L. Nitrogen rate and application timing affect ‘Beauregard’ sweetpotato yield and quality, *Hortscience* 40 (2005) 214–217, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.1.214>.

PERESSIN, V. A.; FELTRAN J. C.; RÓS, A. B.; FERNANDES, A. M.; Raízes e tubérculos. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. JR, D. M.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van.; (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2022. p. 340-342. (IAC. Boletim Técnico, 100).

QIN, Y.; NAUMOVSKI, N.; RANADHEERA, C. S.; D’CUNHA, N. M. Nutrition-related health outcomes of sweet potato (*Ipomoea batatas*) consumption: A systematic review. **Food Bioscience**, v. 50, 2022.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônomo. 285p. 2001.

ROULLIER, C. D. A.; WENNEKES, P. B. L.; FERNÁNDEZ, B. V. M.; ROSSEL, G. T. D.; MCKEY, D.; LEBOT, V. Disentangling the origins of cultivated sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **PLoS One**. 2013 May 27;8(5): e62707. doi: 10.1371/journal.pone.0062707. PMID: 23723970; PMCID: PMC3664560.

RÓS, A. B.; NARITA, N.; HIRATA, A. C. S. Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. **Seminário: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 35, n. 1, p. 205-214, jan./fev. 2014.

RÓS, B, A.; FERNANDES, A, M.; MONTES, S, M, N, M.; FISCHER, I, H.; LEONEL, M.; FRANCO, C. M. L, Culturas amiláceas: batata-doce, inhame, mandioquinha e mandioquinha-salsa/ Coordenadores: Magali Leonel, Adalton Mazetti Fernandes, Célia Maria Landi Franco. **Botucatu: CERAT/Unesp**, 426 p., 2015.

ROSADO, A, K, H, B, Crescimento e produção de batata-doce em função de doses de nitrogênio, espaçamentos e número de ramas por cova / Anne Katherine de Holanda Bezerra Rosado. - Areia: UFPB/CCA, 2016.

RIBEIRO, N. P. **Resposta da batata-doce a adubação nitrogenada associada ao uso de paclobutrazol**. Tese (doutorado em Agronomia/Horticultura), Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2020. 82p.

RODRIGUES, F. E. **Definição do índice de suficiência de nitrogênio para manejo da adubação nitrogenada na batata-doce utilizando clorofilômetro portátil**. Dissertação (mestrado em Agronomia/Horticultura), Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu. 2023. 71p.

RSTUDIO TEAM, 2021. RStudio: Integrated Development Environment for R. **RStudio**, PBC, Boston, MA URL <<http://www.rstudio.com/>> .

R CORE TEAM, 2021. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p. 2006.

SANTOS, J. F.; SOUSA, M. R.; SANTOS, M. C. C. A. Resposta da batata-doce (*Ipomoea batatas*) à adubação orgânica. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.3, p.13-16. 2009.

SAMBORSKI, S.M.; TREMBLAY, N.; FALLON, E. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. **Agronomy Journal**, v.101, p. 800-816, 2009.

SANTOS NETO, A.R.; SILVA, T.O; BLANK, A.F; SILVA, J.O.; FILHO, R.N.A. Yield of Sweet potato clones as a function of nitrogen rates (In Portuguese, with English Abstract.). **Horticultura Brasileira**. 35 (2017) 445–452, <https://doi.org/10.1590/s0102-053620170322>

SILVEIRA, P. M. da e GONZAGA, A. C. de O. Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**., Goiânia, v. 47, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2017.

SILVA, G. C; GONÇALVES, R. J. S. de. Colheita e pós-colheita. p.182-192, 2022 In: GONÇALVES, Ranoel José de Souza; BORÉM, Aluísio. (Org.). **Batata-doce: do plantio à colheita**. Viçosa- MG. Ed. UFV, 2022. P.182-192

Produção de batata-doce no Brasil, dados municipais. <Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/BuscaSemantica?q=batata%20doce> > Acesso: 28/06/2024

TACO – Tabela de Composição dos Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, **Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA**, 4ª Ed, Campinas: NEPA, 2011, 161p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6ª ed. 2017.

THIELE, G.; KHAN, A.; HEIDER, B.; KROSCHER, J.; HARAHAGAZWE, D.; ANDRADE, M.; BONIERBALE, M.; FRIEDMANN, M.; GEMENET, D.; CHERINET, M.; QUIROZ, R.; FAYE, E.; DANGLES, E. 2017. Roots, Tubers and Bananas: Planning and research for climate resilience. **Open Agriculture**. (Poland). ISSN 2391-9531. 2(1):350-361.

THUMÉ, M. A.; DIAS, L. E.; da SILVA, M. A.; RODRIGUES DE ASSIS, I. Níveis críticos foliares de nutrientes de três cultivares de batata-doce, selecionados para a produção de etanol. **Revista Ceres**, vol. 60, núm. 6, nov-dez, 2013, pp. 863-875 UFV. Vicosá, Brasil.

TRUONG, V.D., AVULA, R.Y., PECOTA, K.V., YENCHO, G.C., 2018. Sweetpotato production, processing, and nutritional quality. In: Siddiq, M., Uebersax, M.A. (Eds.), **Handbook of vegetables and vegetable processing**. 2nd ed. John Wiley & Sons Ltd, Hoboken, New Jersey, USA. Vol. II.

UEDA, R., YANO, K., 2023. Endophytic N₂ fixation in sweet potato: responses to N, P, and K inputs and visualization of ¹⁵N₂ utilizing bacterial cells via Raman spectroscopy. **Biology and Fertility of Soils** 59, 275–283. <https://doi.org/10.1007/s00374-023-016>

UKOM, A.N; OJIMELUKME, P.C.; OKPARA, D.A. Nutrient composition of selected Sweet Potato [*Ipomea batatas* (L) Lam] varieties as influenced by different levels of nitrogen fertilizer application, **Pakistan the Journal of Nutrition**. 8 (2009) 1791–1795, <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.1791.1795>.

VARVEL, G.; SCHEPERS, J.S; FRANCIS, D. Ability for In-Season Correction of Nitrogen Deficiency in Corn Using Chlorophyll Meters. **Soil Science Society of America Journal**. 61. 1233-1239 (1997). 10.2136/sssaj1997.03615995006100040032x.

WANG, L.; ZHANG, H.; WANG, JING; WANG, JIDONG; ZHANG, Y. Long-term fertilization with high nitrogen rates decreased diversity and stability of diazotroph communities in soils of sweet potato. **Applied Soil Ecology**, v. 170, n. June 2021, p. 104266, 2022.

WEI, T., SIMKO, V., 2021. R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.92). <<https://github.com/taiyun/corrplot>> .

YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, v.21, p.1449-1450, 1986.

YONEBAYASHI, K., KATSUMI, N., NISHI, T., OKAZAKI, M., 2014. Activation of nitrogen-fixing endophytes is associated with the tuber growth of sweet potato. *Mass Spectrom.* 3, A0032. <https://doi.org/10.5702/massspectrometry.A0032>

ZHANG, L.; ZHANG, W.-S.; MENG, Q.-F.; HU, Y.-C.; SCHMIDHALTER, U.; ZHONG, C.-H.; ZOU, G.-Y.; CHEN, X.-P. Optimizing Agronomic, Environmental, Health and Economic Performances in Summer Maize Production through Fertilizer Nitrogen Management Strategies. **Plants** 2023, 12, 1490. <https://doi.org/10.3390/plants12071490>

ZHANG, Z.; XU, X.; JIN, M.; BAI, J.; SHU, X.; DENG, L.; WANG, S.; ZHU, Y.; LIU, Y.; LU, G.; LV, Z. A new curve of critical leaf nitrogen concentration based on the maximum root dry matter for diagnosing nitrogen nutritional status of sweetpotato. **European Journal of Agronomy**, v. 156, n. January, p. 127176, 2024.