



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



GUSTAVO TREVIZAN DEVITE

**AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE DIFERENTES FONTES DE
NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DE CITROS**

ARARAS - 2023



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



GUSTAVO TREVIZAN DEVITE

**AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE DIFERENTES FONTES
DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DE CITROS**

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Evandro Henrique Schinor

ARARAS – 2023

Dedico esse trabalho à minha família e amigos que estiveram comigo nessa caminhada de descobertas ao longo da graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Centro de Citricultura Sylvio Moreira localizado em Cordeirópolis por permitir o desenvolvimento deste trabalho, especialmente ao Dr. Rodrigo Marcelli Boaretto e Gabriel Antonio Bortoloti, ambos incentivando e contribuindo com ensinamentos, assim como todos os envolvidos no laboratório de Nutrição e Fisiologia Vegetal que puderam de alguma forma contribuir para a realização do projeto;

Ao professor Dr. Evandro Henrique Schinor, orientador interno da Universidade Federal de São Carlos, contribuindo para a realização deste trabalho;

À fazenda Guacho (Agroterenas S/A Citrus) por permitir a realização do experimento e a entrada da equipe para coleta de dados;

A todos os meus amigos próximos que sempre me incentivaram a seguir e fazer mais com meus estudos, em especial Higor Gustavo Pires;

À minha família tão querida e calorosa, minha mãe Luce Alessandra Trevizan Devite, meu pai José Fernando Devite, meu irmão Fernando Trevizan Devite e minha avó Maria Silvia Claudiano, agradeço por todo apoio e incentivo.

RESUMO

A adubação nitrogenada, de acordo com a fonte utilizada, altera a dinâmica do solo e de seus nutrientes, podendo causar acidificação e exposição dele a perda dos cátions básicos. As laranjeiras possuem alta demanda desses cátions, como é o caso do cálcio (Ca) para as folhas, nutriente que pode ser facilmente lixiviado com a acidificação do solo. Com o objetivo de avaliar a dinâmica das fontes nitrogenadas em produção de laranjeiras, esse trabalho foi conduzido em pomar comercial com a variedade Natal em Santa Cruz do Rio Pardo/SP, permitindo comparar o nitrato de amônio (NA) e o nitrato de cálcio (NC) quanto a nutrição de folhas e flores, qualidade de fruto, produtividade (safra 2022-2023) e dados físico-químicos do solo. As fontes foram fertirrigadas na dose de 200 kg ha⁻¹ de N, seja isoladas (NA e NC) ou em mistura (NA+NC), avaliou-se também quanto à presença ou ausência da adubação foliar com NC na dose de 40 kg ha⁻¹ de N. Cada tratamento foi realizado em oito repetições de 25 plantas, para cada ocorrência de aplicação foliar. Os dados foram analisados no RStudio e as médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. O tratamento com NA + NC foi o que obteve maior destaque entre os resultados analisados, com maior produtividade e maior absorção de Ca nas folhas e flores junto ao NC. O tratamento NA + NC e o NA, ambos com aplicação foliar, foram os que obtiveram maiores resultados para concentração de Ca e soma de bases (SB) para a superfície do solo (camada 0-20 cm). Para a qualidade dos frutos, os resultados entre os tratamentos não diferiram estatisticamente.

Palavras-chave: nitrato de amônio; nitrato de cálcio; citrumelo Swingle; laranja Natal; fertirrigação.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação de divisão dos tratamentos com Nitrato de Cálcio (NC), Nitrato de Amônio (NA) e mistura (NC +NA).....	16
Tabela 2. Resultado das análises de solo no ano produtivo de Laranjeiras Natal, safra 2022/2023, nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, com relevância nos dados de cálcio, soma de bases e pH.....	20
Tabela 3. Médias dos teores de N e Ca nas folhas de laranja Natal, sob tratamento com duas fontes de nitrogênio, na presença ou ausência da fertilização via foliar (Santa Cruz do Rio Pardo/SP, 2022).	21
Tabela 4. Média dos teores de N e Ca nas flores de laranjeira Natal, sob tratamento com duas fontes de nitrogênio, na presença ou ausência da fertilização via foliar. Santa Cruz do Rio Pardo/SP.....	22
Tabela 5. Média do resultado das análises de qualidade de frutos de laranjeira Natal colhidos na safra de 2022-2023 e fornecido pelo Laboratório de Qualidade do Centro de Citricultura em Cordeirópolis/SP.	24
Tabela 6. Média dos dados de peso por planta, caixa por planta e produção (kg ha ⁻¹) de frutos de laranja Natal em Santa Cruz do Rio Pardo/SP na safra de 2022-2023.	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Importância econômica da Citricultura	10
2.2. Nutrição e desenvolvimento dos citros.....	11
2.3. Relação solo x fertirrigação.....	12
2.4. Influencia da adubação de N e Ca	13
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. Objetivos gerais	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Aplicação dos tratamentos.....	16
4.2. Análise química do solo	17
4.3. Análise nutricional de flor e folha	17
4.4. Análise físico-química dos frutos e produtividade	18
4.5. Delineamento experimental e análises estatísticas	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1. Características químicas do solo	19
5.2. Estado nutricional das laranjeiras Natal	21
5.2.1. Folhas.....	21
5.2.2. Flores.....	21
5.2.3. Qualidade físico-química dos frutos.....	22
5.3. Produtividade	25
6. CONCLUSÃO	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Os citros são plantas de grande evidência no mercado mundial, representados pelas laranjas, tangerinas, limas ácidas, tangelos, pomelos e limões. Esse grupo, na economia global, supera diversos outros grupos de frutas na posição que se encontra (CHEN *et al.*, 2020). O chamado 'cinturão citrícola', área onde possui a maior produção de citros do Brasil, está localizado no estado de São Paulo e no Sudoeste de Minas Gerais (FAOSTAT, 2023), colaborando significativamente com a economia nacional e tornando o país o maior produtor mundial de laranja (SPREEN *et al.*, 2020). O estado de São Paulo é o maior produtor brasileiro de laranja, com 12.501.859 toneladas, correspondendo a 77,1% da produção nacional (IBGE, 2021).

Para potencializar a produção é necessário que haja um fornecimento de nutrientes de acordo com a exigência nutricional da cultura (BORGES *et al.*, 2008). Os macros e micronutrientes exercem diferentes funções no vegetal, envolvidos no processo de crescimento e desenvolvimento da planta e do fruto, como também em mecanismos de defesa, atuando em componentes ativadores, inibidores e reguladores do metabolismo (MATTOS Jr. *et al.*, 2017).

Com o fornecimento adequado de nutrientes minerais, a cultura obtém maior produtividade e qualidade de frutos, e para isso uma técnica relevante para aplicar no sistema produtivo é a fertirrigação, com fornecimento parcelado ao longo do ciclo e utilizando produtos solúveis em água (COELHO, 2014), atendendo e melhor acompanhando a marcha de absorção nutricional da planta (ROBERTS, 2008). Outra forma eficiente de fornecimento da adubação é por via foliar, por proporcionar uma rápida absorção dos nutrientes. Esse é um método muito utilizado para correções de deficiências e prevenção da escassez nutricional durante períodos críticos do desenvolvimento vegetal (RAJ & MALLICK, 2017).

Dentre os nutrientes fornecidos, o nitrogênio (N) e o cálcio (Ca) possuem grande importância para os processos fisiológicos da planta cítrica, visto que o primeiro está diretamente relacionado com o crescimento e produção e o Ca na qualidade dos frutos e respostas de defesa ao ataque de fitopatógenos (MALAVOLTA, 2006; PETENÁ *et al.*, 2016). Alberts (2006) evidencia que a dose de Ca aplicada impacta na resistência mecânica e fisiológica dos citros, pois o déficit desse nutriente aumenta a produção de açúcares e outros produtos de baixa massa

molecular no apoplasto, resultando no favorecimento da infecção por patógenos.

As diferentes fontes de N aplicadas no solo durante a fertirrigação diferem na dinâmica do solo quando comparadas à forma convencional de adubação mineral na superfície do solo. A conversão de amônio para nitrato não ocorre na mesma extensão, pois a forma amoniacal causa acidificação do solo, feito que limita a nitrificação e implica na maior disponibilidade de amônio (NH_4^+) na solução do solo (SOUZA *et al.*, 2006). A adubação nitrogenada pode provocar acidificação dos solos, afetando na dinâmica dele e na disponibilidade de outros nutrientes. Nesses solos, muitos nutrientes ficam expostos à lixiviação (LANGE *et al.*, 2006)

Visto que os cuidados com a adubação possuem grande importância em um sistema de produção comercial, tanto para garantir o bom desenvolvimento e crescimento da planta quanto para torná-la mais resistente às condições bióticas e abióticas (JUNQUEIRA, 2010), este trabalho tem como objetivo avaliar as diferentes fontes nitrogenadas, nitrato de amônio (NA) e nitrato de cálcio (NC), quanto à produção de flor, fruto, qualidade de fruto e produtividade. Tem-se como hipótese, que os tratamentos com NC serão mais proveitosos para a nutrição das plantas pelo nitrogênio se encontrar na forma absorvível pela planta e pelo maior fornecimento de cálcio, obtendo também, melhores resultados para as condições nutricionais do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância econômica da Citricultura

A citricultura chegou ao Brasil no período colonial, com laranjas trazidas da Ásia pelos portugueses, obtendo uma boa produção de acordo com o clima e o solo que foram instaladas. Mas foi apenas com a crise cafeeira na metade do século XX que a produção de citros foi intensificada no estado de São Paulo, tanto para consumo *in natura* quanto para a produção de derivados, como por exemplo, o suco de laranja (KIRINUS, 2018).

O país é o maior produtor e exportador mundial de laranja, com a maior parte da produção concentrada no estado de São Paulo e no Triângulo Mineiro, região chamada de “cinturão citrícola” (FAOSTAT, 2023). Conforme os dados da Fundecitrus (2020), foram produzidas na safra de 2019/20 cerca de 387 milhões de caixas. No ano de 2021, somente no estado de São Paulo a produção desses frutos foi superior a 12,5 milhões de toneladas, seguido de Minas Gerais com cerca de 980 mil toneladas, juntos, representando 83% da produção nacional de laranjas (IBGE, 2021).

Em um relatório apresentado em 2022 pela Fundecitrus, foi destacado que 34% de toda a produção mundial de laranjas é realizada no país, além do processamento industrial das frutas para produção de suco representando 68% do suco de laranja mundialmente produzido (USDA, 2021), ganhando destaque no âmbito internacional não somente pela quantidade produzida, mas também pela certificação e qualidade da produção (NEVES, 2010).

Embora o país tenha a maior produção mundial de laranja, os maiores entraves do sistema produtivo estão ligados ao encarecimento de insumos e maquinários, que segundo dados da Cepea (2022) e Petaná (2016) o custo subiu em 70% nos últimos anos. Entre as despesas envolvidas, tem-se os insumos, defensivos, combustíveis, armazenagem, maquinários e mão-de-obra, e para reduzir o impacto econômico do encarecimento da produção de citros, as pesquisas para aperfeiçoamento das técnicas e metodologias de manejo são fundamentais, pois buscam a melhor produtividade e sustentabilidade ao gastar o mínimo possível em insumos e manejos garantindo uma boa performance. Contudo, deve-se ressaltar que a pesquisa na citricultura não se concentra apenas no caráter econômico da produção, mas também em estudos relacionados à qualidade de produção e à

ecologia (NAGIB, 2022).

2.2. Nutrição e desenvolvimento dos citros

A alta produção de laranjas no cinturão citrícola acontece principalmente pelas boas condições edafoclimáticas da região para a planta, e quando somadas à disponibilidade de tecnologias e suporte para a produção, o processo produtivo é estimulado (IBGE, 2021).

Muitos trabalhos desenvolvidos na área de fisiologia e nutrição de laranjas, buscam alternativas de otimizar a vigorosidade das plantas, produzindo flores e frutos de maior qualidade e intensificando a produtividade (CASTRO & MEDINA, 2019; MATTOS JR *et al.*, 2005). As condições de ambiente da laranjeira são importantes para garantir o bom desenvolvimento vegetal, como por exemplo a escolha do solo, já que são plantas sensíveis a substrato com grande teor de alumínio trocável e com pH ácido (QUAGGIO *et al.*, 1992; NOGUEIRA *et al.*, 1989).

Ao longo do processo de desenvolvimento das plantas cítricas, ocorre a variação nas taxas de absorção dos nutrientes e isso acontece por conta do estágio fenológico que a planta se encontra e também por condições evapotranspirométricas, sendo este, quanto maior sua intensidade, maior será a absorção de água e nutrientes (SOUSA *et al.*, 2011). O nitrogênio (N) é um nutriente que a demanda pela planta é elevada na época de floração e se intensifica na frutificação, após esse período há uma queda de absorção, além disso, de todo o N total envolvido nos processos produtivos, somente 30% têm a extração realizada do solo, o restante acontece por translocação de tecidos velhos (CASTEL, 1989; MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO, 1989).

Uma das grandes demandas nutricionais para as laranjeiras é o cálcio (Ca), já que a sua exigência é maior nos tecidos que a de outros nutrientes (MATTOS JR *et al.*, 2005). Pavan e Jacomino (1998) e Sobral *et al.* (2009) ressaltam que a escassez desse nutriente afeta o desenvolvimento do sistema radicular, que conseqüentemente limita toda a produtividade. Conforme evidenciado nos experimentos de Esteves *et al.* (2021) e Petená (2022), a adoção de um esquema nutricional adequado, garante melhor desenvolvimento e resistência a problemas fitossanitários.

O Ca também atua na proteção física contra ataques de patógenos, sendo

apresentado como pectato de cálcio nas lamelas médias e paredes celulares (EPSTEIN & BLOOM, 2004; WHITE & BROADLEY, 2003). Trabalhos realizados por Stael *et al.* (2012) e Sudha & Ravishankar (2002) mostram que teores mais elevados de Ca^{2+} na planta é capaz de inibir o rompimento das paredes celulares por meio de enzimas pectolíticas secretadas pelo patógeno no momento da penetração, devido à melhor estruturação do vegetal.

O conhecimento das funções e exigências de cada nutriente para a cultura, permite melhor visão da qualidade e índice de produtividade dos produtos a serem comercializados, de modo a preparar o sistema produtivo a uma melhor performance (MATTOS JR *et al.*, 2009).

2.3. Relação solo x fertirrigação

O sistema radicular da planta de citros, é desenvolvido e possui maior atividade em regiões de solo com maior variação de água ao longo do tempo, para atender a necessidade da evapotranspiração da planta, e com esse dado, Dirksen *et al.* (1979) conclui em seu trabalho que para a citricultura, 80% da absorção de água no perfil do solo acontece nos primeiros 60 cm de profundidade.

Assim, a fertirrigação surge como uma técnica que permite maior otimização do fornecimento de fertilizantes, através da sua dosagem parcelada e de avaliações da distribuição de nutrientes no solo, para melhor atender a demanda nutricional da planta em seu estágio fenológico. Essa forma de disponibilizar o fertilizante contribui significativamente na redução de perdas por lixiviação, contaminação hídrica e de salinização do substrato (DUENHAS *et al.*, 2002; BARROS *et al.*, 2010).

Diferentemente das culturas de ciclo curto, a demanda dos macronutrientes primários não é elevada, assim, não é necessário a fertirrigação de N, fósforo (P) e potássio (K) durante todo o ano. O controle do fornecimento dos nutrientes é fundamental para garantir o bom funcionamento do sistema produtivo, já que altas dosagens afetam o meio ambiente, pH, condutividade elétrica do solo e salinização, podendo ocasionar efeitos deletérios nas raízes da planta (SOUSA *et al.*, 2011).

2.4. Influencia da adubação de N e Ca

Muitas culturas comumente cultivadas possuem elevados teores de N, elemento em maior quantidade nos tecidos vegetais, já para as culturas cítricas, grande parte dos tecidos possuem maior concentração de Ca do que N, como é o caso das folhas, ramos e raízes (CHEN *et al.*, 2020). O N tem papel fundamental no desenvolvimento vegetal, responsável pela síntese de clorofila e divisão celular (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O N é preferencialmente absorvido pela planta na forma de nitrato, mas não se restringe ao único meio de fornecimento do nutriente, podendo ser apresentado também na forma de amônio (ALVA *et al.*, 2008). A dinâmica do N em pomares fertirrigados é diferente da que acontece em sequeiro, já que a conversão do amônio em nitrato acontece em menor quantidade, essa relação pode acidificar o solo e prejudicar a absorção do nutriente pelas raízes (PETENA *et al.*, 2017; QUAGGIO *et al.*, 2014).

A acidificação do solo provocada por adubos nitrogenados atinge também camadas mais profundas do solo e não apenas a camada superficial (LANGE *et al.*, 2006). A acidificação do solo libera moléculas com cargas positivas (H^+), que em competição entre cátions deixa os demais nutrientes catiônicos livres na solução do solo. Esse é um grande problema para as culturas cítricas, pois essas cargas ficam sujeitas à lixiviação, como é o caso do cálcio (Ca^{2+}) que possui elevada exigência nas folhas, sendo superior à de nitrogênio (MATTOS JR. *et al.*, 2005).

Mesmo que a forma amoniacal de nitrato de amônio (NA) seja a mais difundida em pomares fertirrigados, por conta do baixo custo, da alta solubilidade e concentração de nitrogênio, a sua eficiência pode não ser tão favorável quanto ao uso de outras formas com fornecimento de nitrato (NO_3^-), como é o caso do nitrato de cálcio (NC), observado por Serna *et al.* em 1992, com a produção de frutos mais pesados nesse tratamento quando comparado ao tratamento com o NA. Além disso, o crescimento e o metabolismo da planta podem sofrer efeito deletério devido ao elevado teor de NH_4^+ no meio radicular (BRITTO & KRONZUCKER, 2002). O NC como fonte nitrogenada é um composto com maior custo comercial e possui muitas vantagens por conta da sua alta solubilidade, efeito alcalino no solo e fornecimento de Ca, isso acontece por meio do equilíbrio da relação $NO_3^- - Ca^{2+}$ no vegetal, essencial para o desenvolvimento da cultura (CARVALHO & SOUZA, 1996;

QUAGGIO *et al.*, 2014).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos gerais

A partir de dados obtidos da área experimental, avaliar o efeito nutricional em folhas e flores, qualidade de fruto e a produtividade sob condições de fertirrigação de duas fontes distintas de fertilizantes nitrogenados. E também, além de avaliar as respostas a estas fontes quando isoladas e combinadas, relacionar com as respostas à aplicação foliar.

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar a resposta de plantas de laranja Natal à aplicação de duas fontes de N (nitrato de amônio ou nitrato de cálcio), isoladas e em mistura, via fertirrigação;
- Avaliar o efeito da fertirrigação na presença de aplicação foliar de nitrato de cálcio, comparando os teores de N e Ca em folha e flor, assim como os dados de qualidade de frutos, de pH e bases dos solos amostrados, e valores de produtividade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Guacho - Agroterenas S/A Citrus, situada no município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, as condições climáticas da região são classificadas pelo tipo Am, variando de 22 a 18 °C do mês mais quente para o mês mais frio, com chuvas inferiores a 60 mm no mês com menor precipitação (MIRANDA *et al.*, 2005). A fazenda é produtora de laranja Natal (*Citrus sinensis* L. Osbeck), enxertada em citrumelo Swingle [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf], com idade de oito anos desde a instalação das mudas no pomar. A área experimental contém 714 plantas por hectare, com espaçamento de 7,0 x 2,0 metros.

O trabalho contou com a avaliação do comportamento de duas fontes de nitrogênio: nitrato de cálcio (NC) e nitrato de amônio (NA), por meio da fertirrigação, na presença ou ausência da aplicação foliar de 40 kg ha⁻¹ de N com NC (Ca(NO₃)₂) de modo que os tratamentos ficaram divididos da seguinte maneira:

Tabela 1. Relação de divisão dos tratamentos com Nitrato de Cálcio (NC), Nitrato de Amônio (NA) e mistura (NC +NA).

Tratamento	Fonte	Dose Kg ha ⁻¹ de N
NC	Ca(NO ₃) ₂	200
NC+NA	Ca(NO ₃) ₂ + NH ₄ NO ₃	100 + 100
NA	NH ₄ NO ₃	200

4.1. Aplicação dos tratamentos

Foram definidas oito repetições para cada tratamento, considerando 25 plantas para cada repetição. Entre as duas fontes utilizadas, seja de forma isolada ou combinada, tem-se os três tratamentos (NC, NC +NA e NA) na ausência da aplicação foliar de NC, e os mesmos na presença da aplicação. O NC como adubo foliar foi aplicado durante o pré-florescimento e a formação de frutos entre 3 e 5 cm de diâmetro, na dosagem de 1500 L ha⁻¹. Houve também a aplicação anual de micronutrientes através das recomendações de manejo de manutenção determinadas pela fazenda, com base no Boletim 100.

Foram instaladas três linhas de mangueiras para aplicação da fertirrigação,

com injeção automatizada dos diferentes tratamentos, em três cabeçotes. Nesse sistema há compensação da pressão em gotejamento, com vazão de 2 L h⁻¹, espaçados em 0,7 m em cada conjunto de parcelas. A motobomba utilizada para operar os tratamentos possui a potência de 10 cv, movida a combustível, com aplicação na taxa de 0,41 mm h⁻¹.

4.2. Análise química do solo

A análise de solo foi realizada a partir de amostras coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm de cada tratamento, com metodologia padrão do laboratório que analisa, o mesmo que as amostras de flores e folhas foram enviadas (RAIJ *et al.*, 2001). Definiu-se que para cada profundidade, uma amostra composta de 10 pontos seria necessária para representar cada parcela.

4.3. Análise nutricional de flor e folha

A amostragem de flores e folhas para análises químicas foi realizada durante o ano produtivo com o pomar já submetido aos tratamentos do presente trabalho. As folhas foram coletadas ao final do verão, para realizar a avaliação da quantidade total de nutrientes, macro e micros (BATAGLIA *et al.*, 1978). Foram colhidas cerca de 100 folhas por parcela, na altura de 1,5 m do solo, e distribuídas entre os quadrantes de cada árvore (EMBRAPA, 2014). A metodologia também exige que sejam coletadas folhas saudáveis, sem a ocorrência de pragas e doenças, e armazenadas em embalagens de papel pardo. O processo de preparo da amostra consiste em limpeza com detergente neutro 0,08% (v.v⁻¹) e duplo enxágue com água destilada, para então retirar a umidade em estufa de secagem à 58-60°C por 72 h e moer 200 mg do material. Após esse preparo, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo em Campinas/SP.

Junto às amostras foliares, foram enviadas amostras de flores para avaliação nutricional, o método utilizado foi de coletar 100 flores por parcela experimental, com todas as sépalas e o estigma ainda vivos, sem ter começado o processo de degradação e escurecimento dos tecidos e tratadas sob a mesma condição das folhas para preparar a amostra.

4.4. Análise físico-química dos frutos e produtividade

Para a qualidade do fruto, foi utilizada a metodologia adotada no Laboratório de Qualidade do Centro de Citricultura em Cordeirópolis/SP, através da amostra de 50 frutos coletados em campo para cada tratamento (REED *et al.*, 1986). Já a produtividade é um dado expressado em toneladas de frutos por hectare ($t\ ha^{-1}$) e é medida a partir da pesagem com auxílio de um caminhão Munck e uma balança, levantando as *bags* carregadas de todos os frutos maduros e colhidos das 10 plantas centrais de cada parcela. A coleta dos frutos foi realizada no período indicado de maior maturação para a variedade, conforme encontrado na literatura, de novembro a janeiro (QUAGGIO *et al.*, 2019). As avaliações físico-químicas, conforme Di Georgi *et al.* (1990), foram realizadas para determinação de: massa total dos frutos (g), em balança com sensibilidade de 5 g; altura e diâmetro em centímetros; rendimento de suco [% ($m\ m^{-1}$)] em uma extratora OTTO 1800, calculado pela relação massa do suco e massa do fruto e apresentado em porcentagem; sólidos solúveis totais (SST) é um dado que se mede o teor do suco em refratômetro e é apresentado em °Brix; acidez ($g\ 100\ mL^{-1}$) por meio de titulação do suco com hidróxido de sódio (NaOH) e fenolftaleína como indicador; *ratio* para encontrar a razão sólidos solúveis/acidez; índice tecnológico (IT) com o uso da equação (Rendimento do suco x SST x 40,8) / 10.000.

4.5. Delineamento experimental e análises estatísticas

O planejamento do experimento resultou em blocos casualizados com subdivisão das parcelas para fonte e dose dos fertilizantes, comparando com os dados nutricionais do solo (nitrogênio, cálcio e soma de bases), produtividade, qualidade do fruto, nutrição de flor e de folha na presença ou não da adubação foliar nos três tratamentos. Os dados foram tratados em software estatístico (*R studio*) pelo teste de Tukey, com 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente projeto de pesquisa avaliou o efeito da fertirrigação de laranja Natal com duas fontes diferentes de nitrogênio, NC e NA, aplicados na dose de 200 kg ha⁻¹ de N, na forma isolada ou em mistura (NC + NA), combinada com a presença ou ausência do NC na dose de 40 kg ha⁻¹ de N via foliar. A partir desse manejo foi avaliada a produção e a qualidade de frutos (safra 2022-2023), estado nutricional das flores e folhas e as características químicas do solo. Os dados que serão apresentados possuem caráter comparativo entre a fonte nitrogenada dos tratamentos, relacionando com o tratamento diferenciado com Ca via foliar. Os dados apresentados possuem reflexo do manejo adotado desde o ano agrícola anterior a essas avaliações.

5.1. Características químicas do solo

A fertirrigação adotada no experimento com NC e NA demonstrou acidificação do solo em superfície, conforme observado na Tabela 1. Foi observado que não houve diferença de pH, entre os experimentos com e sem o fornecimento de foliar nas duas profundidades, porém, o tratamento com NA, apresentou pH mais baixo em 0-20cm, quando comparado aos demais tratamentos, tanto com a aplicação de foliar, quanto sem. Isso se deve, pois o NA fornece NH₄⁺ e no processo de nitrificação e absorção dos íons pelo sistema radicular, os íons H⁺ aumentam consideravelmente de concentração na solução do solo, elevando o potencial hidrogeniônico, ou seja, abaixando o pH (CANTARELLA *et al.*, 2003; QUAGGIO *et al.*, 2014).

O desequilíbrio iônico provocado por adubos nitrogenados, em destaque ureia, sulfato e nitrato de amônio, deixa cargas positivas livres no solo. As plantas liberam através de exsudação pelas raízes, como forma de resposta a acidez, ácidos orgânicos (MENGEL & KIRKBY, 1987), e conforme observado por Quaggio (1991) a acidificação do solo é acentuada nesse processo.

A acidificação do solo acontece pelo processo de perda de bases, como é o caso dos cátions K, Ca e magnésio (Mg) (CANTARELLA *et al.*, 2003), e conforme pode ser observado na Tabela 2, a soma das concentrações desses nutrientes é expressada pela soma de bases (SB).

Os tratamentos NC+NA e NA, na profundidade mais rasa, apresentaram

maiores valores de Ca, 26,25 e 27,00 $\text{mmol}_c \text{cm}^{-3}$ respectivamente, no tratamento com aplicação de foliar, quando comparado ao tratamento com NC (21,75 $\text{mmol}_c \text{cm}^{-3}$); porém, quando comparado os valores dos mesmos tratamentos sem a aplicação de foliar, apresentaram valores menores.

A SB foi menor na camada subsuperficial de 20-40 cm, apresentou o menor valor com NA e NC + NA sem a aplicação foliar, possuindo menor concentração de cátions básicos, quando comparado aos mesmos tratamentos com aplicação de foliar. Sob aplicação foliar para a camada 0-20 cm, o NC foi o único tratamento que obteve diferença estatística, com menor teor das bases (27,64 $\text{mmol}_c \text{cm}^{-3}$).

O efeito do baixo pH sobre a queda das concentrações da soma de bases na solução do solo foi observado nas duas camadas amostradas, evidenciando estar diretamente ligados. Segundo os trabalhos de Quaggio *et al.* (2014; 2019), a redução nos teores de cátions básicos e a intensificação da acidez em profundidade de solo de pomares já estabelecidos é mais preocupante, já que a correção acidez não é realizada nesse período, refletindo na disponibilidade de fornecimento dos nutrientes para as plantas.

Tabela 2. Resultado das análises de solo no ano produtivo de laranjeiras Natal, safra 2022/2023, nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, com relevância nos dados de cálcio, soma de bases e pH.

Tratamento	pH	Ca				S.B.	
		$\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$					
0-20 cm de profundidade							
Foliar	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	
NC	5,30 aA	5,41 aA	21,75 bA	22,25 aA	27,64 bA	28,49 aA	
NC+NA	5,39 aA	5,24 aA	26,25 aA	23,25 aB	33,15 aA	29,62 aB	
NA	5,14 bA	5,07 bA	27,00 aA	20,62 aB	34,30 aA	26,71 aB	
20-40 cm de profundidade							
Foliar	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM	
NC	5,15 aA	5,24 aA	17,62 aA	17,25 aA	23,77 aA	22,70 aA	
NC+NA	5,29 aA	5,04 aA	18,25 aA	16,00 aB	25,42 aA	22,72 aB	
NA	5,02 aA	4,96 aA	16,62 aA	14,375 aB	23,66 aA	20,15 aB	

Médias com as mesmas letras minúsculas e letras maiúsculas não diferem entre si na coluna e na linha, respectivamente, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

5.2. Estado nutricional das laranjeiras Natal

5.2.1. Folhas

As análises dos dados de N nas folhas (Tabela 3) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, mas para Ca^{2+} houve diferença, sendo o NA com foliar, que apresentou menor concentração ($41,16 \text{ mmol}_c \text{ cm}^{-3}$). Sem a aplicação foliar, não houve diferença na concentração desse nutriente, havendo diferença estatística apenas no tratamento NC + NA para ausência e na presença da utilização do foliar, apenas para a mistura (NC + NA), onde com a aplicação foi observada maior concentração de Ca.

Tabela 3. Médias dos teores de N e Ca nas folhas de laranja Natal, sob tratamento com duas fontes de nitrogênio, na presença ou ausência da fertilização via foliar (Santa Cruz do Rio Pardo/SP, 2022).

Tratamento	N		Ca	
	COM	SEM	COM	SEM
NC	25,89 aA	24,48 aA	45,01 aA	43,66 aA
NC+NA	25,13 aA	26,41 aA	48,66 aA	43,37 aB
NA	24,72 aA	25,42 aA	41,16 bA	42,55 aA

Médias com as mesmas letras minúsculas e letras maiúsculas não diferem entre si na coluna e na linha, respectivamente, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Mesmo que para as folhas dos citros as condições de densidade estrutural e espessura da parede celular gerem diferente eficiência na resistência a ataques de patógenos de acordo com a cultivar escolhida, como relata Silva *et al.* (2005), o teor das folhas da laranjeira se encontra entre 35 a 45 g kg^{-1} conforme Raij *et al.* (1997). Os teores de Ca encontrados no presente trabalho se enquadram no intervalo citado, variando em valores mais próximos ao máximo e ultrapassando no caso do tratamento NC+ NA com a adubação foliar.

5.2.2. Flores

A partir da análise química floral (Tabela 4), pode-se observar que não houve diferença estatística entre os tratamentos, quando comparados à concentração de N. Já para Ca^{2+} , dentre os tratamentos com foliar, o NA foi o que registrou menor valor ($2,76 \text{ mmol}_c \text{ cm}^{-3}$) quando comparado à mistura ($3,22 \text{ mmol}_c \text{ cm}^{-3}$) e NC ($3,08 \text{ mmol}_c$

cm⁻³). Para os sem foliar, os resultados foram parecidos, tendo o NA com menor concentração de N (3,12 mmol_c cm⁻³). Os tratamentos NA e NC sem a aplicação foliar, obtiveram maiores concentrações de Ca.

Enquanto que para folhas a exigência maior é de Ca do que N, para flores a relação é inversa. Os maiores valores no teor de N nas flores evidenciam maior potencial no alongamento celular e formação de tecidos com maior espessura, conforme evidenciado por Rademacher & Nelson (2001), ressaltando que quando não acompanhados juntamente com o Ca, os tecidos florais das plantas cítricas ficam mais vulneráveis à infecção (PETENÁ *et al.*, 2016). O elevado teor de N também pode expor a planta a maior ocorrência desses ataques, por reduzir a produção dos compostos fenólicos que são responsáveis pela identificação dos microrganismos no sistema da planta (WANG, 2011).

Tabela 4. Média dos teores de N e Ca nas flores de laranja Natal, sob tratamento com duas fontes de nitrogênio, na presença ou ausência da fertilização via foliar. Santa Cruz do Rio Pardo/SP.

Tratamento	N		Ca	
	Com	Sem	Com	Sem
NC	31,30 aA	28,71 aA	3,08 aB	3,43 aA
NC+NA	32,07 aA	29,3 aA	3,22 aA	3,36 aA
NA	32,01 aA	28,93 aA	2,76 bB	3,12 bA

Médias com as mesmas letras minúsculas e letras maiúsculas não diferem entre si na coluna e na linha, respectivamente, pelo teste de Tukey (p>0,05).

5.2.3. Qualidade físico-química dos frutos

Nenhuma das análises realizadas apresentou diferença estatística para a qualidade físico-química dos frutos (Tabela 5). Embora diferentes as fontes nitrogenadas, a fertilização por elas não interferiu no processo de produção de frutos com qualidade padronizada da laranja Natal enxertada sobre citrumelo Swingle. Conforme o N e o Ca estão envolvidos no crescimento, produção, qualidade de frutos (nos aspectos de textura, firmeza e maturação), pode-se afirmar que conforme não tenha ocorrido diferença estatística entre os tratamentos, a nutrição foi adequada para garantir a qualidade dos frutos (ALVA *et al.*, 2008).

O ano produtivo não contou com problemas climáticos que pudessem contribuir na mudança de qualidade do fruto, como é o caso dos SST, em que

maiores períodos de chuvas podem reduzir seu valor, ou mesmo grandes períodos com menor irradiação solar pode reduzir a quantidade de açúcar acumulado (ALBRIGO, 1992). Longos períodos com alta densidade pluviométrica poderiam também afetar a disponibilidade de cátions básicos para a formação do fruto e outros processos diretamente influenciáveis na qualidade dele, já que esses nutrientes são mais facilmente lixiviados nessas condições quando somado à elevada acidez do solo (LANGE *et al.*, 2006). Essa situação não ocorreu, permitindo o bom desenvolvimento frutífero pelas estruturas vegetais.

Tabela 5. Média do resultado das análises de qualidade de frutos de laranjeira Natal colhidos na safra de 2022-2023 e fornecido pelo Laboratório de Qualidade do Centro de Citricultura em Cordeirópolis/SP.

Tratamento	Massa (g)		RdSuco (%)		Acidez		°Brix		Ratio		IT	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Foliar												
NC	203,29 aA	203,91 aA	48,65 aA	48,08 aA	0,62 aA	0,60 aA	10,23 aA	9,90 aA	16,59 aA	16,86 aA	2,04 aA	1,94 aA
NC+NA	204,20 aA	197,16 aA	48,24 aA	49,68 aA	0,59 aA	0,59 aA	9,78 aA	9,93 aA	16,89 aA	16,95 aA	1,93 aA	2,01 aA
NA	196,71 aA	198,14 aA	50,11 aA	50,11 aA	0,57 aA	0,56 aA	10,08 aA	10,15 aA	17,96 aA	18,30 aA	2,06 aA	2,08 aA

Médias com as mesmas letras minúsculas e letras maiúsculas não diferem entre si na coluna e na linha, respectivamente, pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

5.3. Produtividade

A Tabela 6 apresenta os dados de peso por planta (kg planta^{-1}), caixa por planta em unidade de caixa/unidade de planta (considerando o peso da caixa em 40,8 kg) e produtividade (kg ha^{-1}).

O rendimento de caixa por planta, não apresentou diferença estatística, mas quando comparamos em peso de frutos por planta, houve diferença estatística, destacando o NC como o menor peso entre os tratamentos, seja sem aplicação foliar ($71,67 \text{ kg planta}^{-1}$) ou com ($70,8 \text{ kg planta}^{-1}$) e o tratamento com NC+NA com foliar e NC+NA e NC sem foliar, os que obtiveram maiores dados de produção. Para a produtividade (kg ha^{-1}), a mistura apresentou melhor performance, com valores de $59133,86 \text{ kg ha}^{-1}$ (sem foliar) e $59654,7 \text{ kg ha}^{-1}$ (com foliar). O NC apresentou diferença estatística quando comparado ao NA, alcançando menores resultados de produção, em $3390,5 \text{ kg ha}^{-1}$ a menos que o NA sem o foliar e $5337,1 \text{ kg ha}^{-1}$ com a aplicação foliar.

A fertirrigação com NC, embora o maior fornecimento de Ca para as plantas do que as demais fontes, foi a que obteve menor produtividade. O menor teor de Ca pode ser observado nas flores dos tratamentos com NA, sem o fornecimento do elemento por fertirrigação, seja com ou sem a aplicação foliar, e para as folhas o menor teor foi sob o mesmo tratamento, mas somente com aplicação foliar. A melhor produção foi obtida pela mistura, sem diferenças estatísticas com a presença da aplicação foliar, demonstrando melhor aproveitamento nutricional para o desenvolvimento de frutos. A mistura apresentou excelentes resultados de teores de N e Ca nas flores e folhas também, quando não ao nível, superiores aos demais tratamentos.

Tabela 6. Média dos dados de peso por planta, caixa por planta e produção (kg ha⁻¹) de frutos de laranja Natal em Santa Cruz do Rio Pardo/SP na safra de 2022-2023.

Tratamento	Peso/planta (kg planta ⁻¹)		Cx/planta		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	COM	SEM	COM	SEM	COM	SEM
NC	70,8 cA	71,7 bA	1,7 aA	1,8 aA	50033,6 bA	51171,9 bA
NC+NA	84,0 aA	82,4 aA	2,1 aA	2,0 aA	59654,7 aA	59133,9 aA
NA	78,5 bA	78,2 aA	1,9 aA	1,9 aA	55370,7 bA	54562,4 bA

Médias com as mesmas letras minúsculas e letras maiúsculas não diferem entre si na coluna e na linha, respectivamente, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

6. CONCLUSÃO

Os tratamentos com NC + NA e NC foram os que obtiveram maior eficiência na absorção de Ca, demonstrando maiores teores nas folhas e flores, onde o NC + NA ganha destaque por ser o tratamento com maior produtividade. Para acidez do solo o tratamento com NA, apresentou menor pH na faixa de 0-20 cm quando comparado aos demais tratamento com ou sem foliar. A concentração de Ca e SB em superfície de solo, foram maiores nos tratamentos com NC + NA e NA com foliar, quando comparado aos mesmos sem foliar.

Assim, o tratamento NC + NA com aplicação de foliar, pôde no geral, potencializar a produtividade dos frutos, além do fornecimento de Ca e melhor estruturando a solução do solo, pH, nutrição dos tecidos foliares e florais, com fornecimento de N em duas formas diferentes. Os tratamentos não interferiram na qualidade dos frutos, atendendo à necessidade nutricional da planta.

A hipótese do trabalho foi descartada, já que os melhores resultados foram obtidos pela mistura das fontes e não pelo NC isolado, podendo ser explicado pela forma que o nitrogênio foi fornecido, já que o amônio passa pelo processo de nitrificação e libera a molécula de nitrato mais lentamente. Essas condições do NA junto com o maior fornecimento de cálcio pelo NC pode ter sido o motivo responsável pelo impulsionamento da produtividade sob esse tratamento (NC + NA).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, B.; BRAY, D.; JOHNSON, A. et al. Fundamentos da Biologia Celular. Uma Introdução à Biologia Molecular da Célula. **Artes Médicas Sul**. Porto Alegre, 2006.

ALBRIGO, G. Influências ambientais no desenvolvimento dos frutos cítricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS - FISILOGIA, v. 2., Campinas, Fundação Cargill, p. 100 – 106, 1992.

ALVA, A.K., MATTOS JR, D.; QUAGGIO J. A. Advances in nitrogen fertigation of citrus. **Journal of Crop Improvement**. Ed. 22, p. 121-146, 2008.

BARROS, A.C.; FOLEGATTI, M.V.; SOUZA, C.F.; SANTORO, B.L. Distribuição da solução no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Irriga**, v.15, p.361-372, 2010.

BORGES, R.S; OLIVEIRA, R.P.; PIO, R.M.; FARIA, A.P. Catálogo de cultivares de mesa 2008. Embrapa Clima Temperado. **Documentos**, 223, 40 p., 2008.

BRITTO, D.T.; Kronzucker, H.J. NH_4^+ Toxicity in Higher Plants: A Critical Review. **Journal of Plant Physiology**, 159, 567-584, 2002.

CANTARELLA, H.; MATTOS JR., D.; QUAGGIO, J.A.; ROGOLIN, A. T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different n sources and the loss of applied N. **Nutr. Cycling Agroecosys.**, v.67, n.3, p.215-223, 2003.

CARVALHO, S.A.; SOUZA, M. Doses e frequência de aplicação de nitrato de potássio no crescimento do limoeiro 'Cravo' e da tangerineira 'Cleópatra' em bandejas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.11, p.815-822, 1996.

CASTEL, J.R. Programacion del riego localizado y fertirrigacion en citricos y frutales de hueso. **Levante Agrícola**, Valencia, n.273, p.19-27, 1987.

CASTLE, W.S.; TUCKER, D.P.H.; KREZDORN, A.H.; YOUTSEY, C.O. Rootstocks for Florida Citrus, 2 nd ed. Gainesville: UFLA, IFAS, **Institute of Food and Agricultural Sciences**, 92 p., 1993.

CASTRO, P.R.C.; MEDINA, C.L. Qual a ação dos biorreguladores em citros. **Revista Campo & Negócios**, 2019.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada: **CEPEA**. MERCADO DE TRABALHO DO AGRONEGÓCIO, 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/mercado-de-trabalho-do-agronegocio.aspx>. Acesso em: janeiro de 2023.

CHEN, H. *et al.* Ammonium nutrition inhibits plant growth and nitrogen uptake in citrus seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 272, 2020.

COELHO, E.F., COSTA, F.S., SILVA, A.C.; CARVALHO, G.C. Concentração de nitrato no perfil do solo fertirrigado com diferentes concentrações de fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, 263-269, 2014.

DIRKSEN, C.; OSTER, J.D.; RAATS, P.A.C. Water and salt transport water uptake and leaf water potentials during regular and suspend high frequency irrigation of citrus. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.2, p.241-256, 1979.

DUENHAS, L.H.; VILLAS BÔAS, R.L.; SOUZA, C.M.P.; RAGOSO, R.A.; BULL, L.T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.214-218, 2002.

EMBRAPA. Procedimento de coleta de amostras de tecido foliar e frutos de citros. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas/RS, 2014.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Sunderland, Sinauer Associates, 400p, 2004.

ESTEVES, E. *et al.* Nitrogen, calcium, and magnesium inconsistently affect tree growth, fruit yield, and juice quality of huanglongbing-affected orange trees. **HortScience**, v.56, p. 269-1277, 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION: **FAOSTAT**. Database results. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#search/mandarin> >: Acesso em:

janeiro de 2023.

FUNDECITRUS. Estimativa da safra de laranja 2020/21 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro. Araraquara, 2020.

FUNDECITRUS. Safra de laranja 2022/23 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro. Araraquara, 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **IBGE**. Produção Agropecuária, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/laranja/br>. Acesso em: janeiro de 2023.

JUNQUEIRA, K.P. Resistência Genética e Métodos Alternativos de Controle da Bacteriose do Maracujazeiro causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília, 82 p., 2010.

KIRINUS, M.B.M. et al. “Navelina” oranges submitted to pre-harvest resistance inducers. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.40, n.1, p.364-395, 2018.

LANGE, A.; CARVALHO, J.L.N.; DAMIN, V.; CRUZ, J.C.; MARQUES, J.J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. **Ciência Rural**, v.36, p.460-467, 2006.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres. p.638, 2006.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros. Piracicaba: Potafos, 153p., 1989.

MATTOS JR., D., QUAGGIO, J.A., BOARETO, R. M. Uso de elicitores para a defesa de plantas cítricas. *Citrus Research & Technology*. v.31, p.65-74, 2017.

MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JR, J. (Ed.). *Citros* Campinas: Instituto Agrônômico: Fundag, p.197-219, 2005.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; BOARETTO, R.M. Citros: manejo da fertilidade do solo para alta produtividade. *Informações Agronômicas*, n.128, p.5-12, 2009.

MIRANDA, M.J. *et al.* Clima dos municípios paulistas. CEPAGRI/UNICAMP, 2005.

NAGIB, L.R.C. Análise envoltória de dados para cultura de citros no Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

NEVES, M.F. O retrato da citricultura brasileira Markestrat. Centro de Pesquisa e Projetos em Marketing e Estratégia, 2010.

PAVAN, M.A.; JACOMINO, A.P. Root growth and nutrient contents of citrus rootstocks in an acid soil with varied pH. **Ciência e Cultura**, v.50, p.56-59, 1998.

PETENÁ, G.; *et al.* Scanning electron microscopy of leaf and petal cuts of citrus trees fertigated with two nitrogen sources. **Citrus Research and Technology** ed.37, p. 218-225, 2016.

PETENÁ, G. Efeitos do cálcio na resistência de folhas e de pétalas de laranja doce a cancro cítrico ou podridão floral: anatomia e ultraestrutura do tecido infectado. Tese de Doutorado. Instituto Agronômico, Campinas, 2022.

QUAGGIO, J.A. *et al.* Citrus fruit yield response to nitrogen and potassium fertilization depends on nutrient-water management system. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 329-333, 2019.

QUAGGIO, J.A. *et al.* Nitrogen-fertilizer forms affect the nitrogen-use efficiency in fertigated citrus groves. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.177, p.404-411, 2014.

QUAGGIO, J.A.; *et al.* Response to liming of 'Valência' orange tree on rangpur lime: effects of soil acidity on plant growth and yield. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, v.2, p.628-632, 1992.

RADEMACHER, I.F.; NELSON, C.J. Nitrogen effects on leaf anatomy within the intercalary meristems of tall fescue leaf blades. **Annals of Botany**, v.88, p.893-903. 2001.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 285p. 2001.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **IAC Boletim 100**, 2. ed. rev. atual.p.285. Campinas, 1997.

RAJ, A.; MALLICK, R.B. Efeito do nitrogênio e pulverização foliar de nitrato de potássio e nitrato de cálcio no crescimento e na produtividade de Sarson amarelo (*Brassica campestris* L. var amarelo sarson) cultivado sob condição irrigada. **Diário de Aplicado e Ciência Natural**, v.9, n.2, p.888-892, 2017.

RESENDE, A.S. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte da fertilidade nitrogenada dos solos e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar: uso de adubos verdes. Dissertação de Mestrado. Seropédica/RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 120p., 2000.

ROBERTS, T.L. Improving nutrient use efficiency. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.32, n.3, p.177-182, 2008.

SERNA, M.D.; BORRAS, R.; LEGAZ, F.; PRIMO-MILLO, E. The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield of citrus. **Plant Soil**, v.147, p.13-23, 1992.

SILVA, L.M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V.J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, p.183-194, 2005.

SOBRAL, L.F.; CINTRA, F.L.D.; SMYTH, J.T. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.836-839, 2009.

SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO,

M.A. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. **Embrapa Informação Tecnológica**. N.1, cap 14, p.415-439. Brasília, DF, 2011.

SPREEN, T.H. *et al.* Global economics and marketing of citrus products. In: The Genus Citrus. **Woodhead Publishing**, p. 471-493, 2020.

STAEL, S.; WURZINGER, B.; MAIR, A.; MEHLMER, N.; VOTHKNECHT, U.C.; TEIGE, M. Plant organellar calcium signaling: an emerging field. **Journal of Experimental Botany**, v.63, p.1525-1542, 2012.

STUCHI, E.S.; ESPINOZA- NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; ORTEGA, E.M.M. Vigor, produtividade e qualidade de frutos de quatro tangerineiras e híbridos sobre quatro porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.30, n.3, p.741-747, 2008.

SUDHA, G.; RAVISHANKAR, G.A. Involvement and interaction of various signaling compounds on the plant metabolic events during defense response, resistance to stress factors, formation of secondary metabolites and their molecular aspects. **Plant Cell Tiss Org**, v.71, p.181-212, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant Physiology*, 3.ed., p.690, 2006.

WANG, Y.; FU, X.Z.; LIU, J.H.; HONG, N. Differential structure and physiological response to canker challenge between 'Meiwa' kumquat and 'Newhall' navel orange with contrasting resistance. **Scientia Horticulturae**, v.128, p.115-123, 2011.

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, v.92, p.487-511, 2003.