

**Adubação nitrogenada em laranjeiras
'Pera' sobre três porta-enxertos no
polo citrícola da Bahia e Sergipe**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
169**

**Adubação nitrogenada em laranjeiras
'Pera' sobre três porta-enxertos no
polo citrícola da Bahia e Sergipe**

*Luciana Marques de Carvalho
Lafayette Franco Sobral
Joézio Luiz dos Anjos
Ana Lúcia Borges
Airon José da Silva
Hélio Wilson Lemos de Carvalho*

***Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2022***

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Gov. Paulo Barreto de Menezes, nº 3250, CEP
49025-040, Aracaju, SE
Fone: (79) 4009-1300
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Viviane Talamini

Secretário-Executivo
Ubiratan Piovezan

Membros
Aldomário Santo Negrisoli Júnior
Ana da Silva Lédo
Angela Puchnick Legat
Elio Cesar Guzzo
Fabio Enrique Torresan
Josué Francisco da Silva Junior
Julio Roberto Araujo de Amorim
Emiliano Fernandes Nassau Costa
Renata da Silva Bomfim Gomes

Supervisão editorial
Aline Gonçalves Moura

Normalização bibliográfica
Josete Cunha Melo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Beatriz Ferreira da Cruz

Foto da capa
Tiago de Araújo Muniz

1ª edição
Publicação digital - PDF (2022)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Adubação nitrogenada em laranjeiras 'Pera' sobre três porta-enxertos no polo citrícola da Bahia e de Sergipe. / Luciana Marques de Carvalho [et al...]. – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2022.

35 p. : il. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 169)

1. Laranja. 2. Citrus. 3. Citricultura. 4. Adubação nitrogenada. I. Carvalho, Luciana Marques de. II. Sobral, Lafayette Franco. III. Anjos, Joézio Luís dos. IV. Borges, Ana Lúcia. V. Silva, Airon José da. VI. Carvalho, Hélio Wilson Lemos de. VII. Série.

CDD 631.4 Ed. 21

Sumário

Resumo	6
Abstract	8
Introdução.....	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	16
Conclusões.....	32
Agradecimentos.....	32
Referências	32

Adubação nitrogenada em laranjeiras 'Pera' sobre três porta-enxertos no polo citrícola da Bahia e Sergipe

Luciana Marques de Carvalho¹

Lafayette Franco Sobral²

Joézio Luiz dos Anjos³

Ana Lúcia Borges⁴

Airon José da Silva⁵

Hélio Wilson Lemos de Carvalho⁶

Resumo – No principal polo citrícola da Bahia e Sergipe predomina a laranjeira 'Pera' sobre 'Cravo'. Visando a recomendação de adubação nitrogenada para plantas adultas, cultivadas em sequeiro, sobre três porta-enxertos - 'Cravo', 'Sunki Tropical' e 'San Diego', foram estabelecidos três experimentos, um para cada combinação. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com quatro doses de N, fornecidas na forma de ureia, e cinco repetições. As doses, ajustadas anualmente com base no teor foliar de N e produção de frutos, incluíram dose recomendada para plantas sobre 'Cravo', 50% menor, 50% maior, e testemunha não adubada. O efeito das doses foi avaliado sobre crescimento, fotossíntese, produtividade, eficiência de uso do N, teor foliar de N, massa e qualidade dos frutos. Não houveram alterações na fotossíntese e qualidade dos frutos. Na quarta safra, 'Cravo' e 'Sunki Tropical' induziram modificações no teor de N e produtividade. Nas maiores doses, 'San Diego' favoreceu menor eficiência no uso do N, crescimento e massa dos frutos. Conclui-se que 'Sunki Tropical' e 'Cravo' proporcionam máxima produtividade

¹ Bióloga, doutora em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

² Engenheiro-agronomo, doutor em Fertilidade de solos, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

³ Engenheiro-agronomo, doutor em Ciência do solo, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

⁴ Engenheira-agronôma, doutora em Fertilidade de Solos, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

⁵ Engenheiro-agronômo, doutor em Agronomia (Ciências do Solo), professor da Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, SE.

⁶ Engenheiro-agronômo, mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

às laranjeiras, com 31-33g·kg⁻¹ de N nas folhas, quando adubadas, respectivamente, com 357,5 kg·ha⁻¹ e 283,83 kg·ha⁻¹; enquanto 'San Diego', mesmo após cinco anos, não altera teor foliar de N e produção de frutos.

Termos para indexação: *Citrus sinensis*, nutrição, 'Sunki Tropical', 'San Diego', Tabuleiros Costeiros.

Nitrogen fertilization for 'Pera' orange trees on three rootstocks in the citrus area of Bahia and Sergipe

Abstract – In the main citrus producing area of Bahia and Sergipe, 'Pera' orange trees grafted on 'Rangpur' predominate. Aiming to contribute to the recommendation of nitrogen fertilization for adults trees, grown in rainfed conditions, onto three rootstocks –'Cravo', 'Sunki Tropical' and 'San Diego', three experiments were established, one for each combination. The used design was randomized complete blocks, with four doses of N, provided as urea, and five replications. The doses, annually adjusted by the leaf N content and fruit production, included the recommended dose for plants on 'Rangpur', 50% lower, 50% higher, and unfertilized control. The effect of doses was evaluated on growth, photosynthesis, productivity, N use efficiency, leaf N content, mass and fruit quality. There were no changes in photosynthesis and fruit quality. In the fourth harvest, 'Rangpur' and 'Sunki Tropical' induced changes in N content and productivity. At higher doses, 'San Diego' favored lower N use efficiency, fruit growth and mass. It was concluded that 'Sunki Tropical' and 'Rangpur' provide maximum yield to orange trees, with 31-33g·kg⁻¹ of N in the leaves, when fertilized, respectively, with 357.5 kg·ha⁻¹ and 283.83 kg·ha⁻¹; while 'San Diego', even after five years, cause no changes on N leaf and fruit production.

Index terms: *Citrus sinensis*, nutrition, 'Sunki Tropical', 'San Diego', Coastal Tablelands.

Introdução

Dentre as plantas cítricas, as laranjeiras-doce (*Citrus sinensis* L.) são as mais cultivadas no Brasil. No Nordeste, segunda maior região produtora, a produtividade média é em torno de 12,2 t·ha⁻¹ano (IBGE, 2020), podendo alcançar médias mais elevadas em pomares mais tecnificados. Nessa ampla região, o principal polo citrícola situa-se no litoral norte da Bahia e centro-sul de Sergipe, majoritariamente nas áreas dos Tabuleiros Costeiros, em cerca de 100.000 ha. Os solos dessas áreas têm baixa disponibilidade de nutrientes, além de apresentarem um horizonte coeso, em média a 40 cm de profundidade, que nos meses mais secos do ano (de novembro a março) oferece impedimento físico ao aprofundamento das raízes (Portela et al., 2001).

A produtividade dos citros é, em grande parte, regulada pelo suprimento de nitrogênio (N), promovido pela adubação dos pomares (Alva et al., 2006; Dovis et al., 2021). A absorção de N pelas raízes aumenta na floração, tem pico no final do desenvolvimento dos frutos e diminui posteriormente. Grandes quantidades de N são exportadas para os frutos, e portanto precisam ser repostas ao solo anualmente para manter a disponibilidade do nutriente no solo e taxas altas de produtividade (Boaretto et al., 2010; Martínez Alcántara et al., 2012). Na expectativa de aumento na produtividade, elevadas quantidades de fertilizantes nitrogenados são adicionadas aos solos dos pomares, anualmente. Parte é absorvida pelas raízes, e outra é perdida no sistema solo-planta-ambiente devido às transformações do N decorrentes de lixiviação, desnitrificação, volatilização e imobilização pela biomassa microbiana. Esse balanço define a eficiência de uso desse nutriente pelas plantas (Alva et al., 2006).

Existem muitos estudos tratando da nutrição das laranjeiras, incluindo processos de absorção e remobilização do N, maioria deles realizados com laranjeiras 'Valencia' (Legaz et al., 1995; Bernardi et al., 2000; Cantarella et al., 2003; Fidalski; Auler, 2007; Boaretto et al., 2010; 2013; Dovis et al., 2021) e 'Hamlim' (Alva et al., 2006; Menino et al., 2007; Martínez Alcántara et al., 2012), alguns com 'Pera' (Quaggio et al., 1998; Boaretto et al., 2007; Sobral et al., 2000). Com base nesses estudos, sabe-se que os principais drenos do N absorvido pelas raízes são os frutos,

seguidos pelas folhas (Mattos Júnior et al., 2003; Alva et al., 2006). No máximo 40% do total absorvido pelas raízes contribui com os teores foliares de N, sendo a maior parte concentrada nas folhas jovens (22% a 38% do N fertilizante), e apenas 7% a 12% nas folhas maduras (Alva et al., 2006). Além dos fertilizantes nitrogenados, as laranjeiras contam com as reservas de N assimiladas na matéria orgânica e com o N remobilizado a partir das folhas (Boaretto et al., 2007).

Quando a absorção radicular do N-nitrato excede às necessidades metabólicas das plantas, ocorre acúmulo de N nos tecidos vegetais, sendo maior nas folhas do que nos frutos e raízes (Colla et al., 2018). Níveis elevados de nitrato tem sido identificados em lençóis freáticos e aquíferos (acima do limite de $12 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), dos Estados Unidos e Austrália e, também em países asiáticos e europeus, especialmente em áreas de horticultura e fruticultura, onde houve uso intensivo de fertilizantes nitrogenados (Eichler; Schulz, 1998; Thorburn et al., 2003; Alva et al., 2006; Ju et al., 2006; Li et al., 2019). Diante disso, a maioria desses países buscou, então, racionalizar o uso de fertilizantes ou mesmo adotar políticas públicas de severa redução no uso desses insumos com o fim de minimizar a contaminação do solo, água e plantas (Eichler; Schulz, 1998; Li et al., 2019).

A laranjeira doce ‘Pera’ enxertada no limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) predomina no polo citrícola da Bahia e Sergipe. Embora haja recomendação de adubação nitrogenada para ‘Pera’ sobre ‘Cravo’, poucos estudos sobre nutrição foram conduzidos nessa área (Sobral et al., 2000; 2007). A preferência pela laranjeira ‘Pera’ decorre do fato de apresentar múltiplas floradas nessa região e proporcionar frutos e suco dentro dos padrões de qualidade exigidos pela indústria e pelo mercado de frutas frescas (Companhia..., 2011). A opção pelo porta-enxerto ‘Cravo’ tem sido justificada por ele conferir elevado vigor e produtividade às copas, e possivelmente menor susceptibilidade ao déficit hídrico, comum na região (Cunha Sobrinho et al., 2013). Entretanto o ‘Cravo’ é suscetível ao Declínio e à Morte Súbita dos Citros (Bassanezi et al., 2003).

O predomínio dessa única combinação copa/ porta-enxerto aumenta os riscos fitossanitários. Diante disso, tem se motivado a diversificação dos pomares com outros porta-enxertos associados à laranjeira ‘Pera’, a exemplo da tangerineira ‘Sunki Tropical’ e do citrandarin ‘San Diego’, os quais tem se mostrado promissores nessa região. Entretanto, não se sabe se a adubação recomendada para ‘Pera’ sobre ‘Cravo’ seria adequada para outros porta-enxertos, a exemplo da tangerineira ‘Sunki Tropical’, que propicia plantas mais vigorosas, e ‘San Diego’, reconhecido com semi-ananicante. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi atualizar a recomendação nitrogenada para laranjeiras ‘Pera’ sobre ‘Cravo’ e verificar se a adubação nitrogenada adotada para essas plantas é adequada para ‘Pera’ sobre ‘Sunki Tropical’ e ‘San Diego’.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em propriedade privada ($11^{\circ} 29' 7''$ S, $37^{\circ} 56' 4''$ W; 170 m de altitude), situada no município de Rio Real, maior produtor de laranjas doces dos Tabuleiros Costeiros do litoral norte do estado da Bahia e município com maior área colhida (17.000 ha) do Brasil (IBGE, 2020). Segundo a classificação dada por Köppen, o clima local é do tipo “As” quente e úmido, com verão seco. Nessa região, o registro da precipitação pluvial ao longo de 20 anos permitiu constatar que o período mais úmido do ano é de abril a agosto e o período mais seco de setembro a fevereiro (Figura 1a). O solo sob os pomares em estudo foi classificado como um Argissolo Amarelo Eutrófico típico, textura arenosa/média, a moderado.

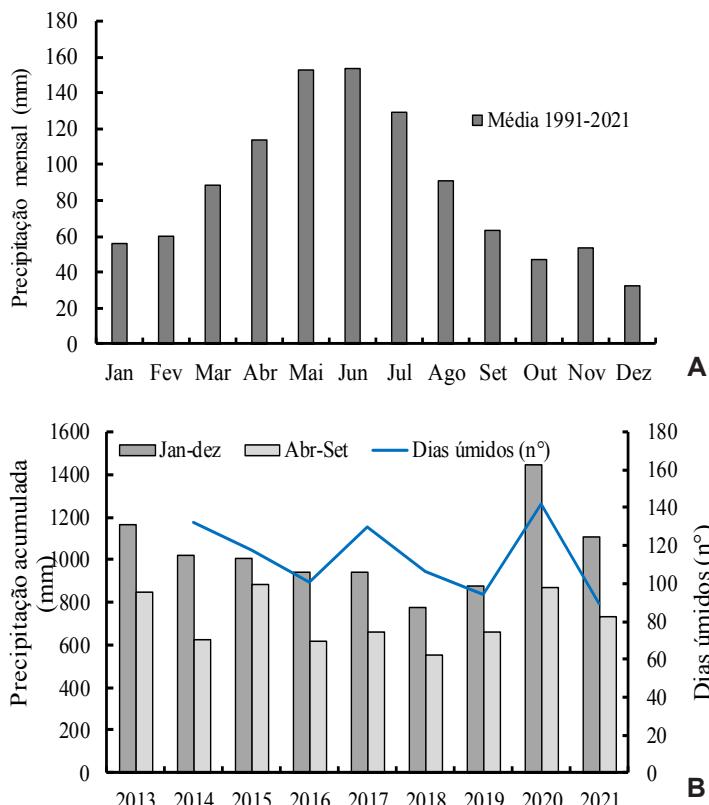


Figura 1. Médias mensais de precipitação de 1991 a 2021 (A), e precipitação acumulada no ano, de janeiro a dezembro, e no período úmido, abril a agosto e número de dias úmidos por ano (B), de 2013 a 2021 em pomar comercial conduzido em propriedade privada. Rio Real/BA.

O estudo foi desenvolvido em pomar de laranjeiras doce ‘Pera’ CNPMF-D6 (*Citrus sinensis* L.), denominadas daqui em diante ‘Pera’. O pomar foi estabelecido em sequeiro, e conduzido nos quatro primeiros anos pelo proprietário da fazenda. O plantio ocorreu em agosto de 2013, com mudas adquiridas em viveiro telado, enxertadas em três cultivares porta-enxerto de citros: limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), citrandarin ‘San Diego’ (*Citrus sunki* x *Poncirus trifoliata* ‘Swingle’) e tangerineira ‘Sunki Tropical’ (*C. sunki*). No pomar, o plantio de cada combinação foi estabelecido em faixas,

no espaçamento de 7,0 m entre linhas e 2,0 m entre plantas da mesma linha ($714 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$), sob cultivo convencional. No período de 2013 a 2016, o manejo do pomar foi conduzido de forma homogênea pelo proprietário como é tradicionalmente realizado pelos citricultores de médio a grande porte da região.

Em 2016, procedeu-se coleta de solo para posterior análise inicial da fertilidade. Em 2017, quando as laranjeiras tinham quatro anos de idade, iniciou-se o presente trabalho relativo ao efeito de doses de nitrogênio no solo. Em função da estrutura do pomar comercial utilizado nesse estudo, a pesquisa foi conduzida baseada em três experimentos simultâneos com laranjeiras 'Pera' em três porta-enxertos: 'Cravo', 'Sunki Tropical' e 'San Diego' (Figura 2). Os experimentos foram instalados no delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições e quatro doses de nitrogênio, fornecidas na forma de ureia. Em cada bloco, a parcela experimental foi representada por cinco laranjeiras, sendo as três centrais consideradas úteis para as avaliações.

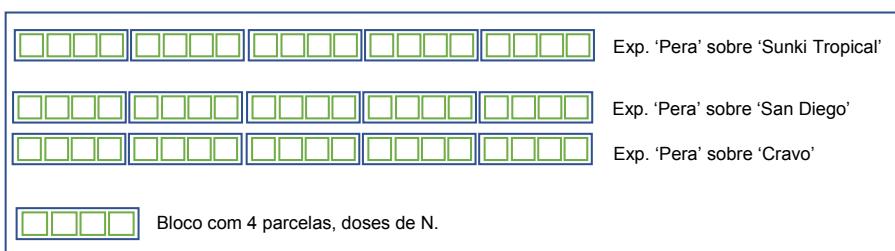


Figura 2. Desenho esquemático do estudo conduzido em Rio Real, BA, com representação dos três experimentos simultâneos, número de blocos e doses de nitrogênio (N)

Os experimentos foram conduzidos de abril de 2017 a fevereiro de 2022. A fonte de N utilizada foi a ureia (45% de N), por apresentar menor custo de N, ser a mais utilizada nos pomares da região e com base nos estudos de Mattos Júnior et al. (2003), que avaliando as respostas de laranjeiras à ureia e ao nitrato de amônio não encontraram diferenças. As doses anuais de N aplicadas na laranjeira 'Pera' sobre 'Cravo' incluíram (1) a dose de N recomendada para a laranjeira 'Pera' sobre 'Cravo' no polo citrícola da Bahia e Sergipe (Sobral et al., 2000; 2007), cerca de (2) 50% e (3) 150% da dose

recomendada, além de (4) uma testemunha, que não recebeu ureia. Essas doses foram ajustadas anualmente, em função da idade das plantas, teor de nitrogênio nas folhas e produtividade. As doses aplicadas nas plantas foram iguais para os três porta-enxertos. Para isso, anualmente foram coletadas folhas a partir de cada uma das três plantas da parcela útil, preferencialmente no terço médio da copa. A coleta de folhas foi realizada em 2018 (em 21 de agosto), 2019 (de 19 a 25 de novembro), 2020 (3 e 9 de dezembro) e 2021 (3 e 4 de fevereiro).

Na coleta das folhas adotou-se o padrão de amostragem sugerido por Raji et al. (1997), no qual remove-se a terceira e ou quarta folha de ramos com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro, em posição terminal, livre de danos mecânicos ou ataques de insetos. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel para o transporte até o laboratório. No laboratório, realizou-se a limpeza das folhas com água corrente e posteriormente água deionizada, seguida por desidratação em estufa com ventilação forçada, modelo MA 035, a 60 °C e moagem em moinho do tipo *Wiley*. O N foi determinado pelo método de Kjeldhal (Silva, 2009). Para interpretação dos teores foliares foram adotados como padrões os valores de N compilados por Sobral et al. (2007). Também foi realizada anualmente a coleta de amostra do solo, na profundidade de 0 - 20 cm da linha de adubação para avaliação da disponibilidade de nutrientes.

Em cada tratamento (dose de N fertilizante), a quantidade de adubo nitrogenado fornecida às plantas foi fracionada em duas datas de aplicação, uma no início do período úmido (Figura 1A) e outra no final, para minimizar as perdas por lixiviação (Sobral et al., 2007). Dessa forma, a ureia foi depositada no solo sob a copa das laranjeiras em 11 de abril e 12 de setembro de 2017; em 28 de maio e 22 de agosto de 2018; em 18 de junho e 27 de agosto de 2019; em 16 de junho e 20 de agosto de 2020 e em 15 de junho e 27 agosto de 2021. Nos três tratamentos, as necessidades de fósforo e potássio de todas as plantas foram supridas, respectivamente, por meio da adição ao solo de superfosfato triplo (46% de P_2O_5) e de cloreto de potássio (58% de KCl), e os micronutrientes foram adicionados por meio de adubação foliar. Cabe ressaltar que a disponibilidade de umidade em cada ensaio, dependente exclusivamente da precipitação pluvial, que variou bastante de 2013 a 2020, com menor acúmulo em 2018 (779,1 mm) e maior em 2020 (1447,1 mm) (Figura 1B).

Anualmente, três a quatro colheitas de frutos foram realizadas a partir de cada árvore, e o peso dos frutos das plantas uteis foi registrado. Com base na produção total de frutos, na soma de todas as colheitas daquela safra, e na área colhida estimou-se a produtividade em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Os dados de produção do primeiro ano de aplicação das doses de N (primeira safra: colheitas em abril/2017, agosto/2017 e dezembro/2017) não foram considerados nas avaliações dos tratamentos de doses de N conduzidos nesse estudo, a fim de se evitar interferência da adubação anterior. A produção da segunda safra incluiu dados de quatro colheitas: maio/2018; setembro/2018; janeiro/2019 e junho/2019. A produção da terceira safra considerou as colheitas de frutos de setembro de 2019, fevereiro e julho de 2020. A produção da quarta safra incluiu as colheitas realizadas em janeiro e julho de 2021 e janeiro de 2022. Para esta última, estimou-se também a eficiência do uso do N fertilizante na produção de frutos de acordo com Li et al. (2019), com base na razão entre o rendimento de frutos (em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e a adubação nitrogenada aplicada no solo (em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), expressa em massa de frutos por área ($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

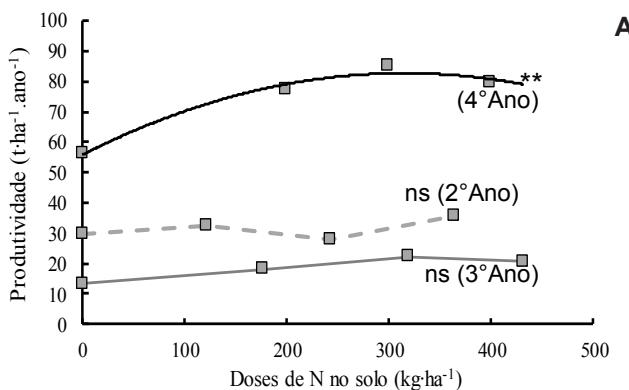
Em adição, na quarta safra, quando as laranjeiras tinham 8-9 anos de idade, determinou-se também as taxas fotossintéticas, altura total da parte aérea, volume de copa, eficiência da produção com base no volume de copa ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) e qualidade pós-colheita dos frutos. Os quatro primeiros foram determinados por métodos não destrutivos. Para altura e volume de copa, utilizou-se régua de madeira. O volume de copa foi calculado com base no diâmetro médio da copa e altura com base na expressão $2/3 \pi r^2 \cdot h$. As taxas fotossintéticas foram determinadas por meio de analisador de gases a infravermelho portátil (ADC, modelo LCPRO+), utilizado com auxílio de fonte de luz LED, que forneceu 1000 mmol de fotons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às folhas encerradas em câmara foliar, onde a temperatura do ar foi mantida em 28 - 29°C durante as avaliações. Essas medições foram feitas na terceira ou quarta folha de ramo terminal sem fruto, presente no terço médio das plantas, em maio de 2021, enquanto altura e volume de copa foram determinados no final dos ensaios, em janeiro de 2022.

A qualidade dos frutos foi avaliada com base na colheita realizada em janeiro de 2022. Foram determinados a massa média de fruto, rendimento de suco (percentual de suco no fruto), conteúdo de sólidos solúveis totais (em °Brix), acidez total titulável e relação sólidos solúveis/ acidez (ratio). Para cada

ensaio, todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, com auxílio do software estatístico Sisvar. Para os atributos em que se verificou efeito significativo pelo teste F, foi dado prosseguimento à análise de regressão, e os resultados foram apresentados em gráfico Excel. Embora os ensaios com cada um dos porta-enxertos tenham sido conduzidos e avaliados independentemente (mas simultaneamente), os dados foram plotados num mesmo gráfico. Dessa forma, a análise das linhas de tendência, associadas às respectivas equações de regressão (e coeficientes angulares) permitiu se fazer algumas comparações entre os porta-enxertos.

Resultados de Discussão

A produtividade das laranjeiras ‘Pera’ sobre os porta-enxertos ‘Cravo’ (Figura 3A), ‘Sunki Tropical’ (Figura 3B) e ‘San Diego’ (Figura 3C) aumentou entre a segunda (colheita de maio de 2018 a junho de 2019) e quarta safras (colheitas de janeiro de 2021 a janeiro de 2022), quando as árvores tinham entre 5 e 9 anos de idade.



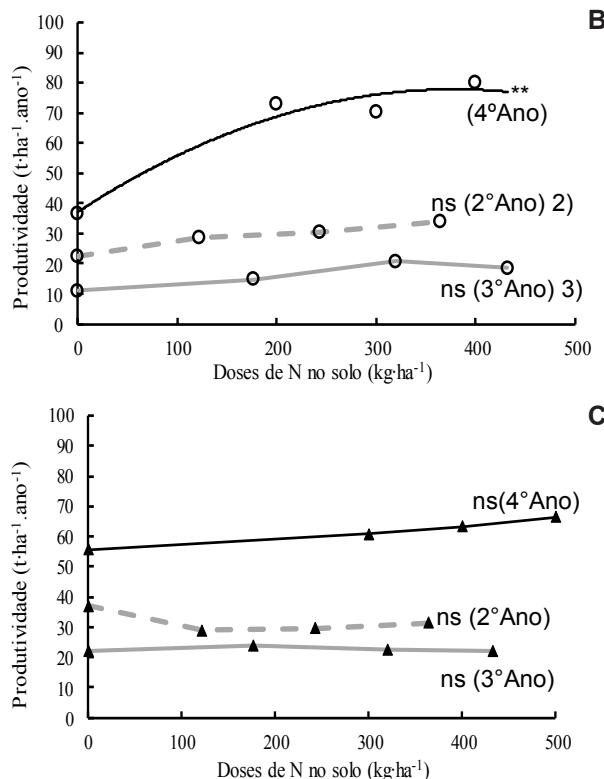


Figura 3. Produtividade da laranjeira 'Pera' sobre (A) o limoeiro 'Cravo' (□), sobre a (B) tangerineira 'Sunki Tropical' (▲) e sobre (C) o citrandarin 'San Diego' (●), no segundo, terceiro e quarto ano de produção em função da dose de nitrogênio aplicada no solo. Rio Real, Bahia.

(ns e ** indicam, respectivamente, não significativo ou significativo a 1% pelo teste F).

Entretanto, independente do porta-enxerto, as doses de N não influenciaram a produtividade da laranjeira 'Pera' nas segundas e terceiras safras (colheitas de setembro de 2019 a julho de 2020), que foram posteriores ao estabelecimento dos tratamentos com doses de N no solo. Da mesma forma, Cantarella et al. (2003), num Alfisol paulista, não encontraram resposta da produtividade de laranjeiras 'Valéncia' sobre 'Cravo', com mesma idade, às doses de N nos

três primeiros anos. Os autores sugeriram ter sido em função do potencial de mineralização do N no solo da área experimental e da fertilização nitrogenada anterior desse pomar, que possivelmente contribuíram com as altas reservas de N da biomassa das árvores. Por outro lado, Boaretto et al. (2007) constataram, em laranjeiras ‘Pera’ sobre ‘Cravo’ com 4 anos de idade, resposta positiva das doses de N sobre a produção de frutos no final do mesmo ano da aplicação (primeira safra agrícola). De acordo com os autores, plantas mais jovens seriam mais responsivas porque têm menores reservas endógenas. Por outro lado, num Latossolo vermelho distrófico do Paraná, Fidalski e Auler (2007) também não verificaram resposta às doses de N no solo na produção de ‘Valêncica’ sobre ‘Cravo’ quando a adubação coincidiu com período de escassa precipitação. Eles justificaram isso em função do mecanismo predominante pelo qual o N chega as raízes, fluxo de massa, desde que depende da umidade do solo. De acordo com Alva et al. (2006), Menino et al. (2007) e Boaretto et al. (2013), em pomares de citros conduzidos em sistema convencional, com aplicação de fertilizantes nitrogenados, até 85% do N aplicado pode ser perdido no sistema solo-planta-atmosfera. A eficiência de uso do N na produção de laranjas é maior quando a umidade não é limitante no solo (Quaggio et al., 2019).

Na quarta e última safra, quando as árvores tinham entre 8 e 9 anos de idade, verificou-se alteração significativa na produtividade das laranjeiras enxertadas no limoeiro ‘Cravo’ e tangerineira ‘Sunki Tropical’ em função das doses de N no solo (Figura 3). Ressalta-se que essa safra foi obtida com colheitas realizadas em janeiro e julho de 2021 e em janeiro de 2022. Portanto, grande parte dos frutos colhidos foram desenvolvidos no ano de 2020, quando a disponibilidade de umidade foi muito maior do que nos anos anteriores. Em 2020, verificou-se mais dias úmidos no ano, e maior volume acumulado de chuvas (1.447,1 mm), inclusive nos meses tradicionalmente mais secos (577,4 mm; 40% do acumulado no ano), o que sugere melhor distribuição de chuvas.

No caso das árvores sobre ‘San Diego’, entretanto, em nenhuma das três safras avaliadas foi constatada resposta das doses de N (Figura 3C). Como a distribuição da ureia nas plantas dos três ensaios de adubações foi feita nos mesmos dias e condições, sugere-se que essa diferença se deveu às características intrínsecas desse porta-enxerto.

As equações da Figura 4, que ajustaram a produtividade da laranjeira 'Pera' da quarta safra às doses de N no solo, permitiram explicar 97,63% e 94,88%, respectivamente, das respostas das laranjeiras 'Pera' sobre 'Cravo' e 'Sunki Tropical'. Os coeficientes lineares (onde a curva toca no eixo do Y) indicaram que, mesmo sem adição de ureia por cinco anos consecutivos, as plantas sobre 'Sunki Tropical' e 'Cravo' favoreceram produções, respectivamente, de 37,25 t·ha⁻¹ e 55,84 t·ha⁻¹. Cabe lembrar que esse pomar foi antecedido por outro com manejo e adubações intensivas, como é feito nessa fazenda, o que sugere possibilidade de suficiência de N nesse solo e consequentemente nas laranjeiras.

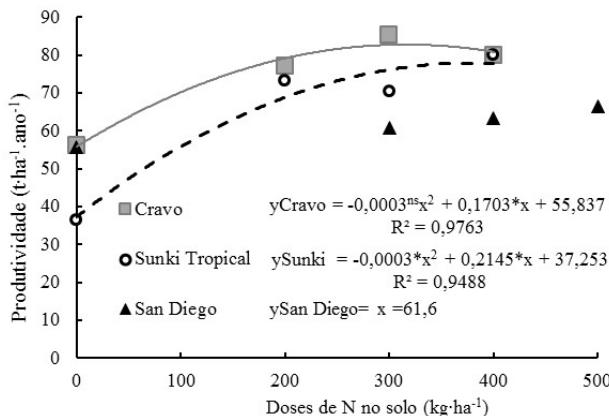


Figura 4. Produtividade da laranjeira 'Pera' sobre os porta-enxertos 'Cravo', 'Sunki Tropical' e 'San Diego' na quarta safra após aplicação de doses de N (ureia) no solo de 2017 a 2021. Dados da safra obtida com soma das três colheitas, realizadas em janeiro e julho de 2021, e janeiro de 2022. Rio Real/BA.

Respostas da laranjeira 'Pera' sobre 'Cravo'

A laranjeira 'Pera' sobre 'Cravo' não apresentou resposta significativa das doses de N sobre a produtividade nas primeiras três safras, quando as plantas tinham entre quatro e sete anos de idade. Quando as árvores estavam com 8-9 anos de idade (quarta safra), constatou-se resposta quadrática às doses

de N fertilizante no solo (Figura 4). Utilizando-se da equação estimada para a produtividade da laranjeira em função das doses de N no solo (Figura 4), foi possível determinar que essas plantas alcançaram, nessa safra, produção máxima de $80 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ num solo adubado com $283,83 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($0,437 \text{ kg}\cdot\text{árvore}^{-1}$). Essa dose foi similar àquelas determinadas, nos pomares paulistas, para 'Pera' sobre 'Cravo' (4-5 anos de idade) por Quaggio et al. (1998) e Boaretto et al. (2007).

No presente estudo, a dose de N no solo que favoreceu máxima produtividade para a laranjeira 'Pera' sobre 'Cravo' foi menor do que aquela recomendada previamente por Sobral et al. (2000; 2007) para essa variedade-copa nas condições locais ($314,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Entretanto, segundo os mesmos autores, a adubação deve ser ajustada em função do teor de N nas folhas, devendo ser reduzida para cerca de $157,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($100 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$) ajustado para a densidade de plantio de $714 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$ quando o teor de N nas folhas excede $27 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Isto porque é largamente reconhecido que a demanda de N das laranjeiras é atendida não apenas pela absorção de N a partir do solo, mas também pela reserva de N endógena presente nos compostos orgânicos nitrogenados, que pode ser remobilizada para atender as demandas da planta (Legaz et al., 1995; Mattos Júnior et al., 2003; Martínez Alcántara et al., 2012). Esses dados reforçaram a importância de se corrigir a dose de N a ser aplicada nos solos sob as laranjeiras considerando o teor de N nas folhas.

Em consonância com os resultados desse estudo relativos à dose de N associada à produtividade máxima, Cantarella et al. (2003) constataram, em laranjeiras 'Valênci' sobre 'Cravo' da mesma idade, produtividade máxima de $58 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ com a dose de $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, num ano, e, no seguinte, máxima de $40,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, com $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Eles atribuíram a variação na produção máxima dos dois anos à alternância de produção, comum nas laranjeiras-doces. Por outro lado, justificaram a dependência de maior dose de N no segundo ano com a depleção das reservas de N devido a produção mais alta no ano anterior. De acordo com Boaretto et al. (2010), os níveis endógenos de N nas árvores, como as taxas de N, momento da aplicação, disponibilidade de umidade no solo, além dos processos biogeoquímicos envolvendo N no solo podem influenciar na resposta das laranjeiras às doses de N.

Cabe destacar ainda que, no presente estudo, as plantas enxertadas no 'Cravo' não adubadas com N por cinco anos consecutivos (2017 a 2021)

produziram 56,15 t·ha⁻¹ de frutos na quarta safra (Figura 4). Sugere-se que isso foi possível porque essas plantas dispunham de 24,87 g·kg⁻¹ de N nas suas folhas (Figura 5d), nível considerado adequado para laranjeira 'Pera', de acordo com Sobral et al. (2000) e Quaggio et al. (2005). A suficiência nos teores foliares de N dessas plantas (acima de 22 g·kg⁻¹), por sua vez, provavelmente se deve ao fato de que até 2017 (ou seja, com os três anos desse pomar somados ao tempo com o pomar que o antecedeu), provavelmente, o solo sob essas plantas recebeu adubação intensiva, desde que a propriedade comercial onde o estudo foi conduzido se destaca como uma das maiores produtoras de citros da região. Nesse estudo, o teor foliar de N, na maioria dos casos, aumentou linearmente com o incremento da fertilização nitrogenada no segundo (Figura 5a), terceiro (Figura 5b) e quinto ano (Figura 5d). A análise dos coeficientes angulares dessas figuras indicou que no segundo e terceiro ano, a adição de cada quilo de fertilizante nitrogenado favoreceu, respectivamente, incrementos de 0,0059 g (Figura 5A) e 0,0052 g (Figura 5B) nas folhas.

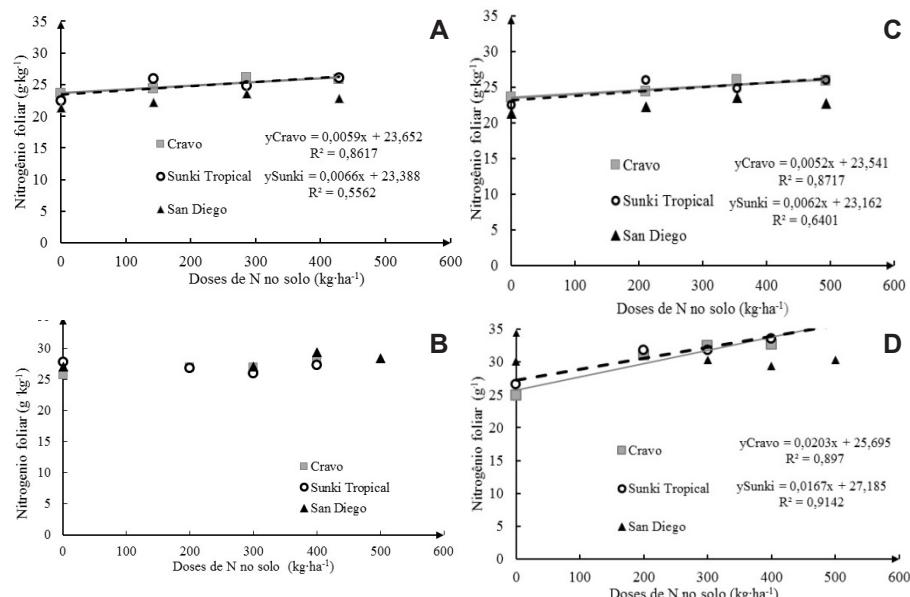


Figura 5. Teor de nitrogênio nas folhas das laranjeiras 'Pera' sobre os porta-enxertos 'Cravo', 'Sunki Tropical' e 'San Diego', em função das doses de nitrogênio aplicadas no solo, no segundo (A), terceiro (B), quarto (C) e quinto (D) anos. Rio Real/Bahia.

No quinto ano (quarta safra), quando se constatou resposta significativa da produção às doses de N, o incremento nas folhas foi muito maior. Em adição, utilizando-se o valor da dose de N, que proporcionou máximo rendimento de frutos à ‘Pera’ nesta safra (Figura 5), estimou-se que o teor de N foliar correspondente à máxima produtividade foi $31,45 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Esse valor foi superior àquele atribuído anteriormente para laranjeiras doce ‘Pera’, ‘Hamlim’ e ‘Valéncia’ sobre ‘Cravo’ ($26 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) cultivadas nos solos férteis paulistas e paranaenses (Latossolos vermelho-escuro) (Quaggio et al., 1998; Alva et al., 2006; Fidalski; Auler, 2007). Nas condições da Amazônia Central, Dias et al. (2013), similarmente, constataram níveis altos de N nas folhas ($35 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) das laranjeiras com produtividade máxima. Eles alegaram que as referências de teor de N disponíveis na literatura são, na maioria, baseadas nas condições edafoclimáticas de São Paulo, que divergem daquela da Amazônia e outras regiões do país, o que justificaria as diferenças observadas na recomendação de adubação nitrogenada. Ressalta-se que nessa pesquisa a alta produtividade da laranjeira ‘Pera’ sobre o ‘Cravo’ (e demais porta-enxertos) na última safra, bem acima dos anos anteriores, correspondeu à precipitação pluviométrica alta e atípica em 2020 (Figura 1b), que se refletiu no teor também mais alto e atípico de N foliar (Figura 5d).

A análise da Figura 6 sugeriu que o porta-enxerto ‘Cravo’ foi aquele que proporcionou maior eficiência no uso do N para produção de frutos, em relação aos porta-enxertos ‘Sunki tropical’ e ‘San Diego’, principalmente nas duas menores doses. Entretanto, essa eficiência diminuiu linearmente com o aumento na dose de N aplicada no solo. Isto foi evidenciado com base na comparação dos coeficientes angulares das equações que melhor ajustaram os dados de eficiência de uso do N para cada porta-enxerto.

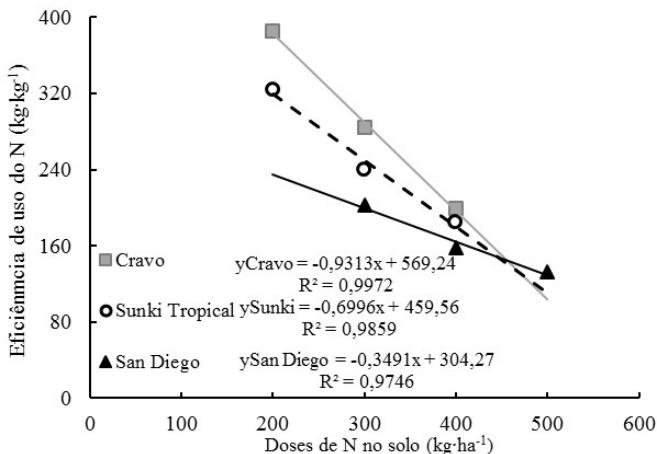


Figura 6. Eficiência de uso do N fertilizante na produção da laranjeira 'Pera' sobre os porta-enxertos 'Cravo', 'Sunki Tropical' e 'San Diego', com base na média de produção das três colheitas da quarta safra, em função da dose de nitrogênio aplicada no solo sob a copa das laranjeiras. Rio Real/Bahia.

Respostas da laranjeira 'Pera' sobre 'Sunki Tropical'

Na quarta safra, similarmente a 'Pera' sobre 'Cravo', a resposta da produtividade da laranjeira 'Pera' sobre 'Sunki Tropical' em função das doses de N no solo seguiu modelo quadrático (Figura 4). Desse modo, foi possível determinar o ponto de máxima produtividade: 75,59 t·ha⁻¹ associados a 357,5 kg·ha⁻¹. Essas plantas, portanto, requereram mais adubo nitrogenado do que as árvores sobre 'Cravo' para alcançar máxima produtividade. Com base na equação que permitiu melhor ajuste aos dados de teor de N nas folhas em função das doses de N (Figura 5d) e na dose de N que favoreceu máxima produtividade (Figura 4), estimou-se que o teor de N das árvores que alcançaram máxima produtividade foi 33,15 g·kg⁻¹, cerca de 5% acima da faixa recomendada para laranjeiras 'Pera' adultas (31,45 g·kg⁻¹). Essa similaridade é evidenciada quando se compara os coeficientes angulares das equações que melhor ajustaram os dados de N foliar de cada uma delas (Figura 5d). Entretanto, cabe lembrar que, para alcançar produtividade máxima, as árvores sobre 'Sunki Tropical' demandaram cerca de 25% mais N do que aquelas sobre 'Cravo'.

A análise das equações da Figura 6 permitiu estimar que, considerando uma mesma dose de N fertilizante, o porta-enxerto ‘Cravo’ foi aquele que possibilitou maior eficiência no uso do N na produção. Entretanto, com o incremento na dose de fertilizante nitrogenado verificou-se redução nessa eficiência das árvores sobre quaisquer dos três porta-enxertos. Os coeficientes angulares representam a inclinação da reta. Seus valores permitiram estimar que a redução na eficiência de uso do N na produção foi maior nas árvores sobre ‘Cravo’ ($0,9313 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fruto por N no solo) do que naquelas sobre ‘Sunki Tropical’ ($0,6996 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$) e ‘San Diego’ ($0,3491 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Cinco anos após a primeira aplicação dos tratamentos de doses de N no solo, a altura (Figura 7a) e volume de copa (Figura 7b) das laranjeiras ‘Pera’ sobre ‘Sunki Tropical’ (e ‘Cravo’) não foram modificadas pelas doses de N no solo. Entretanto, a eficiência da produção com base no volume de copa (Figura 7c) respondeu às doses de N, com incremento na eficiência em função de aumento na dose de N no solo. De acordo com Mattos Júnior et al. (2003) os frutos são os principais drenos do N fertilizante e do N redistribuído a partir das reservas da planta.

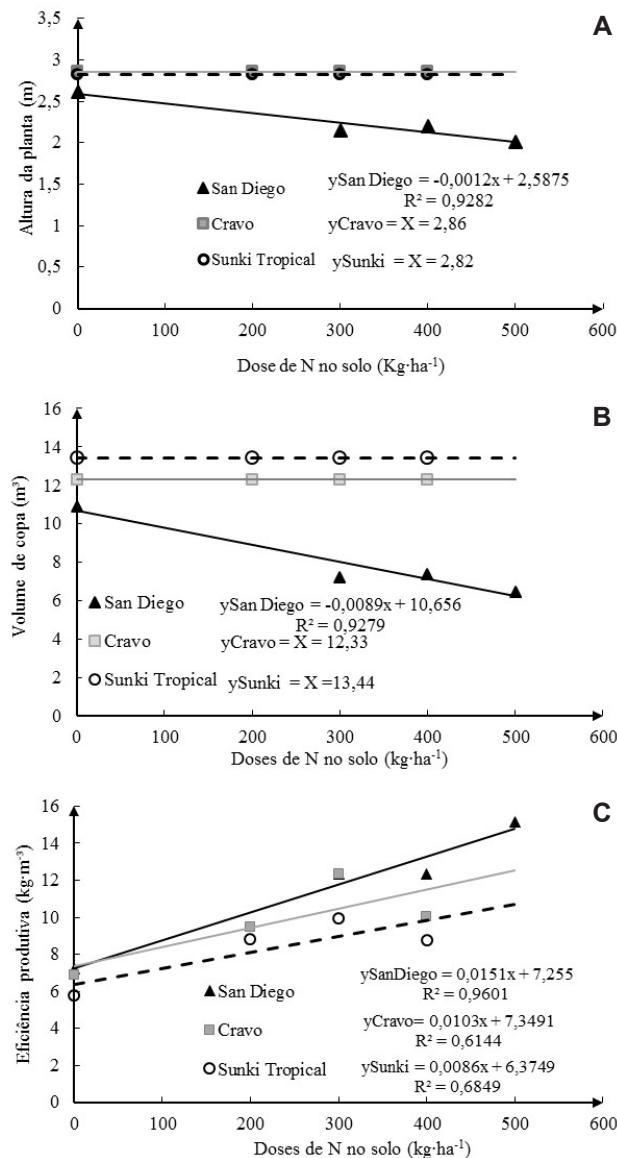


Figura 7. Altura total (A), volume de copa (B) e eficiência produtiva (C) da laranjeira 'Pera' sobre os porta-enxertos 'Cravo', 'Sunki Tropical' e 'San Diego' cultivadas com quatro doses de adubo nitrogenado. Rio Real/Bahia. Janeiro de 2022.

Resposta das laranjeiras ‘Pera’ sobre ‘San Diego’

No caso da laranjeira ‘Pera’ enxertada no citrandarin ‘San Diego’, não foi constatada resposta da produtividade às doses de N no solo nem mesmo na quarta safra, após cinco anos de tratamento com as doses de N (Figuras 3 e 4). O teor de N nas folhas também não foi modificado significativamente em função dessas doses (Figura 5). Portanto, não foi possível estimar a produtividade máxima, nem dose de N associada, como foi feito para demais porta-enxertos.

Vale ressaltar que no segundo (Figura 5A) e terceiro ano (Figura 5B) de tratamento com as doses de N fertilizante, o teor médio de N nas folhas se manteve em torno de $21,26 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Esse valor é abaixo da faixa de suficiência atribuída para laranjeiras ‘Pera’ com cinco ou mais anos de idade, abaixo de $23\text{-}27 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Quaggio et al., 1998; Sobral et al., 2000; 2007; Quaggio et al., 2005), e inferior aos níveis verificados nas plantas (Figura 5a,b) sobre os outros dois porta-enxertos (em torno de $23,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Principalmente na segunda safra, a produção de frutos das laranjeiras sobre ‘San Diego’ foi, comparado ao rendimento das árvores sobre ‘Cravo’ e ‘Sunki Tropical’, relativamente alta (Figura 3), o que pode ter contribuído para o relativamente baixo teor de N foliar verificado nessas plantas (Figura 5B). De acordo com Cantarella et al. (2003), o N armazenado nos ramos foliares e raízes das laranjeiras, como proteínas e compostos orgânicos, constitui uma reserva, que permite às laranjeiras manter altas produções mesmo quando não adubadas, o que explica atrasos no aparecimento de efeitos da redução da adubação nos pomares adultos. Por outro lado, de acordo com Dias et al. (2013), níveis baixos de N nas folhas podem induzir alta produção de flores, associado a redução no número de frutos, devido à abortamento.

No último ano avaliado, houve aumento no teor médio de N foliar. Mas, mesmo com o incremento nas doses de N fertilizante (superior àquele das doses fornecidas às plantas sobre ‘Sunki Tropical’ e ‘Cravo’), o teor de N nas folhas (Figura 5) e a produtividade (Figura 4) não responderam significativamente às doses de N aplicadas no solo. Por esse motivo não foi possível estimar a produtividade máxima das laranjeiras sobre ‘San Diego’ e nem a dose de N associada.

Verificou-se ainda que a produtividade teve correlação muito baixa com o teor de N nas folhas nos períodos da terceira ($r=0,3713$) e quarta safras ($r=-0,050$) (Figura 8). Com base em todos esses dados, sugere-se que a ausência de resposta do teor de N e da produtividade às doses de N fertilizante, até o quinto ano de tratamento, ao menos em parte se deva a menor eficiência relativa desse porta-enxerto no uso do N fertilizante para a produção de frutos (Figura 6), conforme sugerido anteriormente.

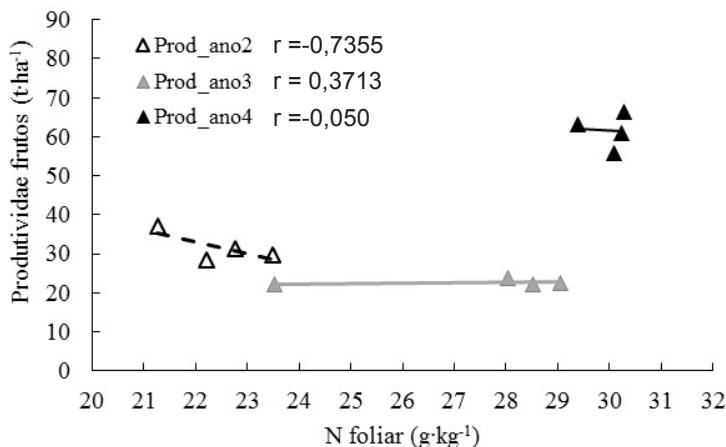


Figura 8. Produtividade da laranjeira 'Pera' sobre 'San Diego' em função do teor de N nas folhas na segunda, terceira e quarta safra. (r indica valor do coeficiente de correlação de Pearson).

Em adição, na laranjeira 'Pera' sobre 'San Diego', em contraste com aquelas sobre 'Cravo' e 'Sunki Tropical', constatou-se efeito negativo do incremento na adubação nitrogenada sobre a altura (Figura 7A) e o volume de copa (Figura 7B). Quanto mais N foi adicionado ao solo, menos as plantas investiram no crescimento da parte aérea. Cabe ressaltar que as árvores sobre 'San Diego' são mais baixas do que aquelas sobre 'Cravo' e 'Sunki Tropical', sendo esse porta-enxerto reconhecido como semi-ananicante (Carvalho et al., 2020).

A eficiência produtiva com base no volume de copa (Figura 7C) aumentou com o incremento nas doses de N. Sugere-se que o crescimento em altura e volume de copa das plantas sem N foi mantido às expensas das reservas de N (Figura 5). A magnitude dessas reservas foi sugerida pelo elevado teor médio foliar de N determinado nesse ano: 30 g·kg⁻¹ (Figura 5). Sobral et al. (2007) recomendaram adubar com cerca de 157,08 kg·ha⁻¹ laranjeiras ‘Pera’ com mais de 27 g·kg⁻¹. Portanto, sugere-se que as doses de 300 a 500 kg·ha⁻¹ aplicadas no solo, embora tenham propiciado aumento na eficiência produtiva, foram excessivas (Figura 4C). Bernardi et al. (2000) verificaram, em laranjeiras ‘Valênciia’, que sob doses excessivas de N houve maior estímulo para o desenvolvimento da parte aérea em detrimento das raízes, desde que nessa condição essas plantas não necessitavam absorver tanto N.

Vale ressaltar que as plantas sobre ‘San Diego’ se destacaram pela maior eficiência produtiva, o que foi evidenciado pelo alto valor do coeficiente linear (Figura 4c), menores altura e volume de copa (Figura 6). Isto foi compatível com dados reportados por Carvalho et al. (2020) para pomares de ‘Pera’ conduzidos em Rio Real, e por Carvalho et al. (2016) para pomares em Umbaúba-SE.

Não se constatou resposta significativa das taxas fotossintéticas às doses de N no solo. Possivelmente, as médias relativamente mais altas das taxas de assimilação dessas plantas (Tabela 1) contribuíram para a mais alta eficiência produtiva (Figura 7c), o que reforça dados de trabalhos anteriores (Carvalho et al., 2020; 2021).

Tabela 1. Médias gerais das taxas fotossintéticas da laranjeira 'Pera' sobre os porta-enxertos 'Cravo', 'Sunki Tropical' e 'San Diego' com oito anos de idade nas condições de Rio Real-BA. Maio de 2021.

Atributo fotossintético	Porta-enxerto de citros		
	'Cravo'	'Sunki Tropical'	'San Diego'
Taxa assimilação fotossintética (em $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	102,960	69,630	153,701
Taxa de transpiração (em $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	2,103	0,822	2,469
Taxa de condutância estomática (em $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	0,359	0,130	0,343

A análise da Figura 6, referente aos dados de eficiência de uso do N em função da dose de N, sugere que o porta-enxerto 'San Diego' foi aquele que induziu à laranjeira 'Pera' menor eficiência de uso do N fertilizante na produção de frutos. De acordo com Boaretto et al. (2010), a resposta das árvores à fertilização nitrogenada varia com a cultivar/clone de citros, e pode ser modificada pelos níveis de N nas árvores, taxas de N, momento da aplicação, disponibilidade de água no solo, além dos processos biogeoquímicos envolvendo N no solo. Duncan (1969) relatou que diferenças na absorção de N podem ser responsáveis por metade da variação genética na contribuição da eficiência do uso de N para a produtividade e três quartos da contribuição para a produção de proteína. Sugere-se que a relativamente menor eficiência no uso do N fertilizante na produção das árvores sobre 'San Diego' tenha contribuído para a ausência de efeito sobre teor de N nas folhas (Figura 5) e produtividade (Figuras 3 e 4).

Respostas da qualidade dos frutos às doses de N no solo

As dimensões e a espessura da casca, como o rendimento de suco, acidez total, teor de açúcares solúveis e relação sólidos solúveis/ acidez ('ratio') dos frutos colhidos a partir das árvores sobre 'Cravo' e 'Sunki Tropical' não foram modificados pelas doses de N aplicadas no solo (Tabela 2). No caso do 'San Diego', constatou-se algum efeito nos atributos relacionados ao tamanho e massa dos frutos. Os valores médios de cada um desses atributos indicaram que a qualidade dos frutos atende aos requisitos mínimos exigidos pela Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de

São Paulo (CEAGESP, 2011). A qualidade dos frutos é uma característica inerente da cultivar copa, que pode ser modificada, mas não radicalmente alterada sem manipulação genética (Castle, 1995), o que explica a ausência de efeitos significativos, particularmente nas laranjeiras sobre ‘Sunki Tropical’ e ‘Cravo’. Os efeitos do clima na qualidade dos frutos superam facilmente os efeitos de qualquer porta-enxerto. A magnitude do efeito dos porta-enxertos sobre a qualidade, de acordo com os mesmos autores, varia de menos de 5 a mais de 30%, muito menor, portanto, do que o efeito dos porta-enxertos sobre a produtividade.

Tabela 2. Resumo de Análise de variância com quadrados médios dos dados de diâmetro (DIAM), altura dos frutos (ALT), espessura da casca (ESP), peso de fruto (PF), rendimento de suco (RS), acidez total titulável (AT), teor de sólidos solúveis totais (SST) e ratio de frutos da laranjeira ‘Pera’ sobre os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Sunki Tropical’ e ‘San Diego’. Rio Real/BA. Janeiro, 2022.

Porta-enxerto: ‘Cravo’									
F.V.	DIAM (mm)	ALT (mm)	ESP (mm)	PF (g)	RS (%)	AT (mg·g ⁻¹)	SST (°brix)	ratio	
Dose N	4,31 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,15 ^{ns}	369,99 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,37 ^{ns}	2,54 ^{ns}	
Bloco	22,62 ^{ns}	18,25 ^{ns}	0,05 ^{ns}	971,73 ^{ns}	5,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,71 ^{ns}	
Erro	4,17	3,71	0,09	284,35	11,14	0,00	0,68	1,33	
Total	153,40	123,61	1,76	8.409,05	157,53	0,05	13,17	30,46	
Média	72,35	75,09	3,44	210,24	59,76	0,71	9,52	13,59	
CV (%)	2,82	2,56	8,71	8,02	5,58	6,56	8,69	8,48	
Porta-enxerto: ‘Sunki Tropical’									
Dose N	2,36 x 10 ⁶ ns	14,92 ^{ns}	0,08 ^{ns}	890,09 ^{ns}	14,89 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,38 ^{ns}	
Bloco	2,35 x 10 ⁶ ns	4,24 ^{ns}	0,28 ^{ns}	185,70 ^{ns}	10,22 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,98 ^{ns}	6,22 ^{ns}	
Erro	2,37 x 10 ⁶ ns	6,72	0,28	480,17	7,40	0,01	0,89	2,03	
Total	4,50x10 ⁷	142,34	4,76	9.175,09	174,38	0,14	14,69	59,34	
Média	418,24	76,45	3,54	215,82	58,15	0,71	8,85	12,60	
CV (%)	368,03	3,39	15,05	10,15	4,68	11,48	10,67	11,29	

Continua...

Tabela 2. Continuação.

F.V.	DIAM (mm)	ALT (mm)	ESP (mm)	PF (g)	RS (%)	AT (mg·g ⁻¹)	SST (°brix)	ratio
Porta-enxerto: 'San Diego'								
Dose N	78,38 ^{**}	66,57 ^{**}	0,20 ^{ns}	4.240,48 ^{**}	20,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,58 [*]	1,37 ^{ns}
Bloco	3,45 ^{ns}	4,15 ^{ns}	0,30 ^{ns}	104,74 ^{ns}	18,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,83 ^{ns}
Erro	6,88	7,05	0,14	474,65	6,30	0,00	0,40	3,09
Total	331,48	300,95	3,50	18.836,29	208,39	0,12	10,29	44,50
Média	72,56	74,36	3,52	208,15	61,01	0,74	10,07	13,65
CV (%)	3,61	3,57	10,63	10,47	4,11	10,08	6,30	12,87

Os valores seguidos por *, ** e ns indicam, respectivamente, significância a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F.

A eficiência de uso do fertilizante nitrogenado na produção de frutos variou com o porta-enxerto, sendo menor naquelas sobre 'San Diego'. Nestas plantas, após 4-5 anos de tratamento, as doses mais elevadas de N fertilizante não foram capazes de aumentar as reservas endógenas de N, já elevadas, e nem de alterar a produção de frutos. Entretanto, nas plantas adubadas com doses maiores de N, verificou-se menor crescimento em altura e obtiveram-se frutos maiores e mais doces. Nas árvores sobre 'Cravo' e 'Sunki Tropical' com altos teores de N, por outro lado, o incremento na adubação nitrogenada proporcionou aumentos nos níveis foliares de N, mas não favoreceu aumento do crescimento em altura e volume de copa, nem das taxas fotossintéticas e também não se constatou alteração na qualidade dos frutos. No caso das árvores sobre 'Sunki Tropical', houve redução progressiva na produção de frutos nas doses acima de 357,5 kg·ha⁻¹.

Conclusões

A adubação nitrogenada de laranjeiras ‘Pera’ sobre ‘Sunki Tropical’ e ‘San Diego’ não deve ser a mesma adotada para ‘Pera’ sobre ‘Cravo’ e deve sempre ser ajustada em função do teor de N na folhas e a produtividade de frutos;

Para máxima produtividade de pomar adulto de ‘Pera’ sobre o porta-enxerto ‘Sunki Tropical’, recomenda-se adubação nitrogenada com $375,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ para plantas com teor de N nas folhas em torno de $33,15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;

Para máxima produtividade de pomar adulto de ‘Pera’ sobre o porta-enxerto ‘Cravo’, recomenda-se adubação nitrogenada com $283,83 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ para plantas com teor de N nas folhas em torno de $31,45 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

O porta-enxerto ‘San Diego’, mesmo após cinco anos, não responde às doses de N no solo com alteração no teor de N nas folhas e na produção de frutos.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos proprietários e funcionários da fazenda onde o trabalho foi conduzido pela permissão para realizar o trabalho e apoio durante todo o projeto, e aos técnicos da Embrapa Tabuleiros Costeiros Tiago Araújo Muniz e José Raimundo dos Santos, pelo apoio durante a condução dos trabalhos no campo.

Referências

ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S.; OBREZA, T. A.; SCHUMANN, A. W. Nitrogen best management practice for citrus trees I. Fruit yield, quality, and leaf nutritional status. *Scientia Horticulturae*, v. 107, p. 233-244. 2006. Doi:10.1016/j.scienta.2005.05.017.

BASSANEZI, R. B.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, I.; GIMENES FERNANDES, N.; GOTTWALD, T. R.; BOVÉ, J. M. Spatial and terminal analyses of citrus sudden death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. *Phytopathology*, v.93, p.502-512, 2003.

BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 733-738. 2000.

BOARETTO, R. M.; MATTOS JÚNIOR, D.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio (15N) aplicado em pomar jovem de laranjeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 600-605, 2007.

BOARETTO, R. M.; MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen-15 uptake and distribution in two Citrus species. WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 19, 2010, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: WCSS, 2010. p. 156–159. <https://www.iuss.org/19th20WCSS/Symposium/pdf/0790.pdf>.

BOARETTO, R. M.; MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Absorption of 15NH₃ volatilized from urea by Citrus trees. **Plant Soil**, v. 365, p. 283–290. 2013. Disponível em <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1380-7>.

CANTARELLA, H.; MATTOS, D. JÚNIOR; QUAGGIO, J. A.; RIGOLIN, A. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 67, p. 215–223. 2003.

CARVALHO, L. M. C.; CARVALHO, H. W. L.; SOARES FILHO, W. dos S.; MARTINS, C. R.; PASSOS, O. S. Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 132-141. 2016.

CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, L. M.; TEODORO, A. V.; BARROS, I.; SOARES FILHO, W. S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. P.; Carvalho, L. J. L. **Porta-enxertos para laranjeira 'Pera' recomendados para o polo citrícola dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2020. 11 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros Comunicado Técnico, 231).

CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, L. M.; TEODORO, A. V.; SOARES FILHO, W. dos S.; GIRARDI, E. A.; PASSOS, O. S.; MENDONÇA, J. J. GÓIS NETO, A. J.; GÓIS, C. H. A. **Clones de laranjeira 'Pera' em combinação com porta-enxerto de citros para diversificação do polo citrícola dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2021. 13 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado técnico, 246).

CASTLE, W. S. Rootstock as a fruit quality factor in citrus and deciduous tree crops. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 23, p. 4, 383-394. 1995. DOI: 10.1080/01140671.1995.9513914. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01140671.1995.9513914>. Acesso em: 23 maio 2022

COLLA, G.; KIM, H. J.; KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y. Nitrate in fruits and vegetables. **Scientia Horticulturae**, v. 237, p. 221-238, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2018.04.016>. Acesso em: 20 maio 2022.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Normas de classificação de citros de mesa**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/citros.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2022.

CUNHA SOBRINHO, A. P. da; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. dos S. Cultivares porta enxerto. In: CUNHA SOBRINHO, A. P. da; MAGALHÃES, A. F. de J.; SOUZA, A. da S.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO, W. dos S. (ed.). **Cultura dos citros**, Brasília, DF: Embrapa, 2013. v.1, p. 233 292.

DIAS, J. R. M.; TUCCI, C. A. F.; WADT, P. G. S.; SILVA, A. M.; SANTOS, J. Z. L.

Níveis críticos e faixas de suficiência nutricional em laranjeira-pêra na Amazônia Central obtidas pelo método DRIS. **Acta Amazonica**, v. 43, p. 239–246, 2013.

DOVIS, V. L.; ERISMANN, N. M.; MACHADO, E. C.; QUAGGIO, J. A. BOARETTO, R. M.; MATTOS JÚNIOR, D. Biomass partitioning and photosynthesis in the quest for nitrogen-use efficiency for citrus tree species. **Tree Physiology**, v. 41, p. 163–176, 2021. Doi:10.1093/treephys/tpaa126.

DUNCAN, J. Citrus nutrition survey. **M.I.A. Farmer Newsletter**, v. 105, p. 17–19, 1969.

EICHLER, F.; SCHULZ, D. The nitrogen reduction programme in the Federal Republic of Germany. **Environmental Pollution**, v. 102, p. 609-617, 1998.

FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M. Adubação nitrogenada e precipitação sobre a nutrição e produção de laranjeira ‘Valência’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 141-146, 2007.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/188#resultado>. Acesso em: 10 set. 2022.

JU, X. T.; KOU, C. L.; ZHANG, F. S.; CHRISTIE, P. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. **Environmental Pollution**, v. 143, p. 117-125, 2006.

LEGAZ, F.; SERNA, M. D.; PRIMO MILO, E. Mobilization of the reserve N in citrus. **Plant and Soil**, v. 173, p. 205-210, 1995.

LI, Y. J.; YANG, M.; ZHANG, Z. Z.; LI, W. L.; GUO, C. Y.; CHEN, X. P.; SHI, X. J.; ZHOU, P.; TANG, X. D.; ZHANG, Y. Q. An Ecological Research on Potential for Zero-growth of Chemical Fertilizer Use in Citrus Production in China. **Ekoloji**, v. 28, p. 1049-1059, 2019.

MARTÍNEZ ALCÁNTARA, B.; QUIÑONES, A.; FORNER GINER, M. A.; IGLESIAS, D. J.; PRIMOMILLO, E.; LEGAZ, F. Impact of fertilizer-water management on nitrogen-use efficiency and potential nitrate leaching in Citrus trees. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 58, p. 659–669, 2012.

MATTOS JÚNIOR; D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A. K. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. **Scientia Agricola**, v. 60, p. 155-160, 2003.

MENINO, M. R.; CARRANCA, C.; VARENNES, A. Distribution and remobilization of nitrogen in young non-bearing orange trees grown under mediterranean conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, p. 1083–1096, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904160701394543>. Acesso em: 23 maio 2022.

PORTELA, J. C.; LIBARDI, P. L.; VAN LIER, Q. J. Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, p. 49 54, 2001. DOI: 10.1590/S1415 43662001000100009.

QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; VAN RAIJ, B. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 52, p. 67–74, 1998. QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (ed.). Citros. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2005. p. 483-517.

QUAGGIO, J. A.; SOUZA, T. R.; ZAMBROSI, F. C. B.; MATTOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M. Citrus fruit yield response to nitrogen and potassium fertilization depends on nutrient-water management system. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 329–333, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2019.02.001>. Acesso em: 13 jun. 2022.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SOBRAL, L. F.; MAGALHÃES, A. F. J.; SILVA, J. U. B.; LEAL, M. L. S. Resposta da laranjeira Pera à adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em um Latossolo Amarelo dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 307-3012, 2000.

SOBRAL, L. F.; MACEDO, L. C. B de; SANTOS, R. C. Fundamentos da análise de solo para fins de recomendação de fertilizantes. In: SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETOS, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251 p.

THORBURN, P. J.; BIGGS, J. S.; WEIER, K. L.; KEATING, B. A. Nitrate in groundwater of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 94, p. 49-50. 2003.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).



Tabuleiros Costeiros