

VITOR HUGO ARTIGIANI FILHO

**QUALIDADE DE FRUTOS DE GOIABEIRA 'CORTIBEL RG' EM RESPOSTA À
APLICAÇÃO DE BORO EM PRÉ-COLHEITA**

Botucatu

2023

VITOR HUGO ARTIGIANI FILHO

**QUALIDADE DE FRUTOS DE GOIABEIRA ‘CORTIBEL RG’ EM RESPOSTA À
APLICAÇÃO DE BORO EM PRÉ-COLHEITA**

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

Orientador(a): Profa. Dra. Sarita Leonel

Botucatu

2023

A791q Artigiani Filho, Vitor Hugo
Qualidade de frutos de goiabeira 'Cortibel RG' em resposta à
aplicação de boro em pré-colheita / Vitor Hugo Artigiani Filho. --
Botucatu, 2023
101 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientadora: Sarita Leonel

1. boro. 2. Psidium guajava, L.. 3. maturação. 4. colheita. 5. ácido
ascórbico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

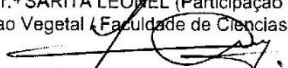
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: QUALIDADE DE FRUTOS DE GOIABEIRA 'Cortibel RG' EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE BORO EM PRÉ-COLHEITA

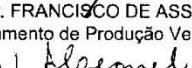
AUTOR: VITOR HUGO ARTIGIANI FILHO

ORIENTADORA: SARITA LEONEL

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


Prof.ª Dr.ª SARITA LEONEL (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP


Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS ALVES MOURÃO FILHO (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / ESALQ - USP - Piracicaba/SP


Prof.ª Dr.ª GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA (Participação Virtual)
Ciências Químicas e Biológicas / Instituto de Biociências de Botucatu UNESP

Botucatu, 11 de agosto de 2023

AGRADECIMENTOS

Somos a somatória de muitas histórias, por isso há muito a agradecer.

Aos que antes de mim, contribuíram com seu trabalho, empenho e criatividade para suportar e orientar meu trabalho e estudo.

Para aqueles, que no meu dia a dia caminharam ao meu lado, me cobraram e ajudaram direta ou indiretamente a lapidar a mim e à esta dissertação.

Agradecer minha orientadora Sarita Leonel, que além da orientação entendeu meu desafio em equilibrar os compromissos dentro e fora da universidade.

À Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP – Campus de Botucatu), pela oportunidade da realização do curso e a todo o corpo docente do programa de pós-graduação em Agronomia/Horticultura.

Agradecer aos meus Pais, família e à minha esposa Paola Dias, sempre presente no apoio e suporte dentro e fora de casa, e ao meu filho Bruno que soube entender minhas ausências.

Aos inúmeros companheiros de caminhada na pós-graduação, nos laboratórios e campos por onde passei e construí as etapas, os passos que deram origem à esta dissertação, com atenção ao Dr. Fernando Ferrari Putti, a Dra. Rafaelly Calsavara Casava, Dra. Luciana Amaral e ao produtor Sr. José Carlos Scarabelli.

Agradecer a Deus e à grande pátria de obreiros, que do plano imaterial, iluminam meus caminhos e sempre estiveram a me orientar.

RESUMO

O processo fisiológico da maturação dos frutos de goiabeira é uma prática de difícil manejo nos pomares, devido aos diferentes fluxos de floração. Apesar dos pomares apresentarem período de colheita prolongado, à depender das práticas de poda adotadas, os frutos têm curto período de conservação pós-colheita. Tecnologias pré-colheita têm sido buscadas para garantir a qualidade pós-colheita, somado ao potencial para diminuir o custo de produção e aumentar o rendimento. O boro é um elemento nutricional que tem atuação fisiológica indireta no amadurecimento de frutos. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo realizar uma única aplicação de boro na pré-colheita visando melhorias na maturação e ganhos na pós-colheita dos frutos. Diferentes concentrações de boro monoetanolamina (11% de boro), isto é, 1, 2 e 3 ml L⁻¹ (60,28 g, 120,56 g e 180,84g ha⁻¹ de B), foram aplicadas em goiabeiras cv. Cortibel RG de polpa vermelha, além do controle (testemunha) que não recebeu B, no estágio fisiológico BBCH 78 (frutos com 80% do crescimento final) com volume de calda de 400 L ha⁻¹. O estudo foi desenvolvido em pomar comercial (Valinhos, São Paulo). O delineamento foi em blocos inteiramente casualizados, com cinco repetições. A colheita dos frutos foi realizada em quatro etapas: aos 5 DAP (DAP = dias após a pulverização do boro), 8 DAP, 15 DAP e 17 DAP. Em todas as colheitas foram realizadas análises relacionadas aos parâmetros produtivos. Aos 5 DAP também foram coletadas folhas para análise de nutrientes e os frutos foram analisados quanto aos parâmetros químicos (ácido ascórbico, sólidos solúveis e acidez titulável). Aos 15 DAP, momento onde foi identificado o pico da colheita, os frutos foram analisados quanto ao teor de macro e micronutrientes, bem como parâmetros físicos (comprimento, diâmetro, firmeza e perda de massa) e químicos (teores de ácido ascórbico, açúcares totais, açúcares redutores e não redutores, acidez titulável, compostos fenólicos totais, sólidos solúveis, carotenoides totais e antocianinas totais). Também foram realizadas análises de produtividade e tempo de conservação pós-colheita. Houve incremento no conteúdo de ácido ascórbico em todos os tratamentos, com destaque para a aplicação de 3 ml L⁻¹ (T4) (19,73%). Nas avaliações realizadas na época de concentração das colheitas (15 DAP), os resultados demonstraram a antecipação dos parâmetros de maturação com o uso do boro a 3ml L⁻¹ ou 180,84g ha⁻¹ de boro, a manutenção da firmeza e menor perda de massa durante o período de pós-colheita, não sendo identificados sintomas de

fitotoxidez. Além disso, houve maior perda de massa no controle (9,9%), comparado ao tratamento com a maior concentração de B (4,9%). Esses resultados demonstraram que a aplicação de B pode ser uma ferramenta tecnológica importante no planejamento de novos tratos culturais em pomares de goiabeiras, com menor custo de aplicação e facilidade de execução, além de aumentar a sazonalidade da oferta de frutos e consequentemente, a lucratividade para os produtores de goiaba.

Palavras-chave: ácido ascórbico; boro; colheita; maturação; *Psidium guajava*, L.

ABSTRACT

The physiological process of guava's fruit ripening is a difficult cultural practice to manage in orchards due to different flowering flushes. Even though, orchards have a long harvest period, depending on pruning practices, fruits have a short post-harvest shelf life. Pre-harvest technologies to fruits and horticultural produces have been researched; in order to promote post-harvest quality with potential to reduce production's cost and increase yield. Boron is a nutritional element that has an indirect physiological effect on fruit ripening. In this context, the main objective of the present experiment was to do one spraying in pre-harvest aimed to promote quality on ripening and post-harvest of guava fruits. Different concentrations of boron monoethanolamine (11% boron): 0, 1, 2 and 3ml L⁻¹, which correspond to 0g (control); 60,28g; 120,56g; 180,84g ha⁻¹ of boron, where sprayed in guava fruits cv. 'Cortibel RG' of red pulp, on the phenological stage BBCH 78 (fruit has reached 80% of final size) with spray volume of 400 L ha⁻¹. The experiment was conducted in a commercial guava orchard located in Valinhos-SP. The experimental design was in randomized blocks with five replicates. Harvest were conducted in four steps: 5 DAP (days after boron spraying), 8 DAP, 15 DAP and 17 DAP. Analyses of productive parameters were conducted in all harvests. At 5 DAP leaves samples were collected to nutrient analyses and fruits were analyzed for chemical parameters (ascorbic acid, soluble solids and titratable acidity). At 15 DAP, the harvest peak, fruits were analyzed for macro and micronutrients content, as well as, physical parameters (length, diameters, pulp firmness and loss of fruit mass) and chemical parameters (content of ascorbic acid, total sugars, reducing sugars, non reducing sugars, soluble solids, titratable acidity, total phenolic compounds, total carotenoids and total anthocyanins). Moreover, productivity and post-harvest shelf life were also evaluated. There was an increase on ascorbic acid content for all treatments, with emphasis on 3ml L⁻¹ (T4) 19.73%. In the evaluations carried out during harvest peak (15 DAP), the results obtained demonstrated the anticipation of maturation parameters with the use of boron on 3ml L⁻¹ or 180.84g ha⁻¹, maintenance of pulp firmness and less mass loss in post-harvest; without symptoms of phytotoxicity. Furthermore, control presented higher fruit mass loss (9.9%), compared to the treatment with the higher boron concentration (4.9%). These results demonstrated that boron spraying maybe an important technological practice in the planning of new cultural practices in guava

orchards, which have a low cost of application and ease of execution, aiming to increase the seasonality of the fruit supply and, therefore, the profitability of guava growers.

Key words: ascobic acid; boron; harvest; *Psidium guajava*, L.; ripening

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação esquemática da última etapa da biossíntese do etileno	31
Figura 2 - Aspecto do pomar de goiabeira em frutificação, em 13 de junho de 2022, momento da pulverização dos tratamentos, com frutos no estágio 78 da escala BBCH - 80% do crescimento final, na cidade de Valinhos-SP	48
Figura 3 - Representação esquemática da amostragem e da análise dos frutos, nos diferentes estádios de colheita, referência em DAP (dias após a pulverização) para caracterização e análise dos frutos	49
Figura 4 - Início da operação de colheita	50
Figura 5 - Instalação da avaliação em pós-colheita, frutos dispostos em bancadas sobre bandejas de isopor, ambiente ventilado sem controle de umidade ou temperatura, no laboratório do Departamento de Horticultura, campus Lageado, Botucatu/SP	52
Figura 6 - Temperaturas máximas e mínimas na cidade de Valinhos/SP, durante o mês de junho de 2022, utilizando dados disponibilizados pelo INMET, coletados pela estação automática identificada como V0516.....	58
Figura 7 - Produtividade, peso médio e número de frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’, em função da aplicação de boro. Valinhos/SP – 2022.....	58
Figura 8 - Fluxo de colheita da goiabeira ‘Cortibel RG’, indicando o número de frutos colhidos durante o espaço compreendido pela colheita, tendo por referência DAP (dias após a pulverização) dos tratamentos com boro.....	59
Figura 9 - Somatória de frutos colhidos durante o espaço compreendido pela colheita, tendo por referência DAP (dias após pulverização) dos tratamentos com boro.....	60
Figura 10 - Concentração de ácido ascórbico, pH, acidez titulável, índice de maturação e sólidos solúveis em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’ aos 5 DAP (dias após a pulverização)	61
Figura 11 - Ácido ascórbico, pH, acidez titulável, índice de maturação e sólidos solúveis em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’ aos 15 DAP (dias após	

pulverização), análise realizada no momento da colheita 0 DAC (dias após a colheita)	64
Figura 12 - Compostos fenólicos totais, carotenóides totais, açúcar redutor, açúcar não redutor, açúcar total e antocianinas totais em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’ 15 DAP (dias após a pulverização), análise realizada no momento da colheita 0 DAC (dias após a colheita)	65
Figura 13 - Resultados das análises realizadas em 0 DAC (dias após a colheita) e 5 DAC (dias após a colheita), para os seguintes parâmetros: acidez titulável, ácido ascórbico, índice de maturação, açúcares redutores, açúcar não-redutor e compostos fenólicos totais	68
Figura 14 - Resultados das análises realizadas em 0 DAC (dias após a colheita) e 5 DAC (dias após a colheita), para os seguintes parâmetros: carotenoides, acidez titulável, antocianinas, sólidos solúveis e pH em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’	70
Figura 15 - Fluxograma de identificação dos marcadores bioquímicos, em cada etapa metabólica, envolvidos no processo de maturação dos frutos de goiabeira	72
Figura 16 - Relação entre tempo de armazenamento, perda de massa e firmeza dos frutos, em amostra de frutos da goiabeira ‘Cortibel RG’, coletadas aos 15 DAP (dias após a pulverização)	75
Figura 17 - Evolução dos estádios de maturação dos frutos durante as etapas de avaliação	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise dos teores de macronutrientes do solo da área experimental, análise composta por subamostras colhidas entre linhas e entrelinhas, na cidade de Valinhos -SP, em profundidade de 0-20cm.....	46
Tabela 2 - Análise dos teores de micronutrientes e enxofre do solo da área experimental, análise composta por subamostras colhidas entre linhas e entrelinhas, na cidade de Valinhos -SP, profundidade de 0-20cm	46
Tabela 3 - Temperatura ambiente durante a avaliação pós-colheita, no laboratório do Departamento de Horticultura, campus Lageado, Botucatu-SP	52
Tabela 4 – Teor de nutrientes em folhas de goiabeira ‘Cortibel RG’, 5 DAP (dias após a pulverização) para o teor de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco, sódio e alumínio	56
Tabela 5 – Teor de nutrientes em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’, aos 15 DAP, submetidos a diferentes concentrações de boro aplicado via foliar, teores de: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, zinco, manganês e boro	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1	Características gerais da goiabeira	25
2.2	Importância socioeconômica da cultura da goiabeira	27
2.3	Metabolismo relacionado à maturação das goiabas	28
2.4	Ácido ascórbico	30
2.5	Aspectos nutricionais e fisiológicos do boro	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1	Localização e caracterização da área experimental	45
3.2	Tratos culturais	46
3.3	Delineamento experimental e aplicação do produto	47
3.4	Colheita e preparo das amostras	49
3.5	Avaliações	50
3.5.1	Teores de nutrientes em folhas e frutos após as pulverizações com boro	50
3.5.2	Desempenho produtivo	51
3.5.3	Caracterização pós-colheita dos frutos.....	51
3.5.4	Caracterização física dos frutos	53
3.5.5	Caracterização química dos frutos	53
3.5.6	Análise estatística	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	Análise foliar.....	55
4.2	Análise de tecido vegetal – polpa de goiaba.....	57
4.3	Desempenho produtivo das plantas	57
4.4	Caracterização dos frutos	60
4.5	Pós-colheita.....	74
4.6	Considerações Finais	77
5	CONCLUSÕES.....	79
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A	101

1 INTRODUÇÃO

Observadas as práticas vigentes no manejo dos pomares de goiabeira e outras frutíferas, não se encontra associação direta de elementos nutricionais com ação sobre maturação de frutos, posição esta geralmente delegada para elementos de cunho essencialmente hormonais. Ao eleger o boro, como agente central neste processo, dispõe-se de uma proposta com arcabouço científico e que pode promover avanços, quanto a formatação de uma prática inovadora de manejo da maturação dos frutos para produtores de goiaba.

Na fase de maturação e consequente colheita dos frutos, todo o esforço e investimento durante o ciclo produtivo da goiabeira e de outras frutas, pode ser comprometido. Para esse momento do ciclo de produção, existe limitada oferta de práticas culturais ou de manejo, com o devido foco em garantir maior controle ao fruticultor quanto a influenciar o processo de maturação (concentrar, acelerar ou frear) e quanto a agregar parâmetros relacionados à pós-colheita (tempo de prateleira). Em geral, as recomendações para a fase de finalização dos frutos concentram-se nos ganhos produtivo-comerciais como massa, coloração e calibre.

A goiaba é um fruto de alto valor nutricional, sendo o Brasil um dos dez maiores produtores mundiais (FAO, 2021b) e o maior produtor de goiabas de polpa vermelha (RIBEIRO et al., 2020). Destacam-se os estados de Pernambuco, São Paulo, Bahia, Paraná e Ceará na produção dessa frutífera (IBGE, 2021b). A goiaba é reconhecida como uma das “superfrutas” (CHANG et al., 2018) pelo valor nutricional e por possuir compostos antioxidantes, tais como o ácido ascórbico, os componentes fenólicos, os carotenóides, o licopeno, entre outros (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; OSORIO et al. 2011; McCOOK-RUSSELL et al., 2012; FLORES et al., 2015; USDA, 2019; YOUSAF et al, 2021).

Os pomares de goiabeira caracterizam-se por prolongado período de colheita com diversos fluxos de floração, a depender do procedimento de poda adotado pelo produtor, além de possuir frutos considerados muito perecíveis. A goiaba, além do alto teor de umidade e da casca fina, caracteriza-se como fruto climatérico (MERCADO-SILVA et al., 1998; BASHIR; ABU-GOUKH, 2003; MENDONÇA et al., 2007; SINGH; PAL, 2008), ou seja, apresenta picos respiratórios com aumento na produção de etileno, o que concorre para a perecibilidade, porque tais reações fisiológicas aceleram o processo de maturação das goiabas e como consequente, há

redução de vida útil em pós-colheita com perdas na ordem de 15 a 22% e limitação na comercialização dos produtos (HIWASA-TANASE; EZURA, 2014; DHARA et al., 2017; SINGH et al. 2017; CHAVES; MELLO-FARIAS, 2006; AZAM et al., 2021).

Além das perdas quantitativas, há de se considerar as perdas qualitativas que envolvem a diminuição do valor nutricional, além de perdas na qualidade sensorial, no valor econômico do produto e na segurança alimentar (HLPE, 2014).

Com isso, é necessário vislumbrar outras maneiras de minimizar as perdas, visando à melhoria da qualidade de produção, balanceando os diferentes estágios de maturação, demandas de mercado e atributos organolépticos e de pós-colheita, pois todas essas variáveis influenciam diretamente na equalização das perdas.

A colheita é um procedimento bastante oneroso ao produtor, tanto pelo aspecto de contratação de mão de obra, quanto pelo número de repasses necessários para coletar os frutos em estágio ideal de maturação para comercialização. A colheita responde por até 83% dos custos com mão de obra (GARCIA et al., 2018).

Assim, é relevante buscar maneiras de aprimorar as práticas de produção da goiabeira (*Psidium guajava* L.), que contribuam para assegurar os padrões de qualidade dos frutos para a comercialização e consumo. Nesse sentido, o estágio ideal de colheita é um dos vários fatores que podem impactar a qualidade e a perecibilidade dos frutos (MOWLAH; ITOO, 1982; DHARA et al., 2017; SINGH et al. 2017).

Nesse contexto, visando contribuir com os avanços relativos à produção da goiabeira, este trabalho enfoca a aplicação do boro, objetivando avaliar a sua atuação fisiológica na maturação dos frutos. Com potencial de atuar sobre a sazonalidade da colheita, agregar qualidade e prolongar a vida útil dos frutos em pós-colheita, o estudo do nutriente B, posicionado na etapa final do ciclo de produção, torna-se relevante e com grande probabilidade de trazer aos produtores e técnicos, uma nova opção para o manejo dos pomares.

O boro na fruticultura participa de muitas etapas fundamentais para a construção da qualidade e padronização, que irão influenciar na valorização do produto (RAWAT et al., 2010; BRACKMANN et al., 2016; NUNES, 2016; BARANWAL et al., 2017; YADAV et al., 2018; WEI et al., 2018).

O boro, geralmente aplicado no momento da floração, com objetivo de promover maior pegamento das floradas e menor esterilidade de flores, não costuma

ser reaplicado na fase de finalização dos frutos, nem pelo efeito nutricional, nem pelo potencial agregador de qualidade e padronização aos frutos, em fase de maturação (BRACKMANN et al., 2016). Além disso, é um nutriente carente de maiores estudos quanto ao seu impacto e posicionamento sobre diferentes aspectos fisiológicos das plantas, exceto no que se refere aos benefícios relacionados à floração e fixação de frutos (uso foliar) (PERICA et al., 2001; BROWN et al., 2002a; BELL et al., 2002; PERYEA, 2005) ou ao enraizamento (uso via solo e em fertirrigação) (ONO et al., 1993; SANTOS et al. 2010; BROWN et al., 2002a; PENHA, 2016).

O presente estudo mensura o resultado de uma aplicação única de B, aplicado em etapa próxima ao estágio ideal de colheita (BBCH 78 – 80% do crescimento final), momento em que são utilizados produtos relacionados à maturação de frutos, fazendo uso de B na forma de boro-monoetanolamina (MEA). Essa proposta é diferente de trabalhos anteriores, os quais avaliaram a influência do ácido bórico na agregação de qualidade e maturação de frutos, posicionando B em concentrações sequenciais, desde os primeiros estágios de desenvolvimento dos frutos.

Na literatura, ao buscar pelo termo “maturadores”, como produtos indicados para aplicação na fase final do ciclo de cultivo, encontram-se alternativas relacionadas ao uso de fitorreguladores relacionados à maturação, como por exemplo: o etileno, para trazer determinadas características de cor e firmeza (AZZOLINI, 2002; BAN et al., 2007; REYES; PAULL, 1995); a aplicação de fontes de potássio para aumento do teor de sólidos solúveis (fertirrigação e adubação foliar) (GOMES, et al., 2020; SILVA et al., 2006; LEITE et al., 2011); ou, ainda, produtos que buscam inibir a síntese de etileno e peroxidases, com foco na pós-colheita (BASSETTO et al., 2005). Do ponto de vista acadêmico, o etileno encontra boa correspondência ao termo maturador (AZZOLINI, 2002; BAN et al., 2007), enquanto as demais propostas atuam em determinados aspectos relacionados à maturação, mas não sobre o processo em si. Todas essas alternativas têm valor comprovado e são focadas ou em aspectos qualitativos de pós-colheita, ou no atendimento aos parâmetros comerciais determinados por agentes fora da porteira, que não necessariamente estão atrelados ao manejo operacional do pomar.

A aplicação de boro, por sua vez, influencia a maturação de frutos e como consequência, pode ajudar a concentrar o período de colheita, equalizar o

escalonamento da mão de obra, entre outros custos de colheita, conforme observado pelos autores (NACHTIGALL; CZERMAINSKI, 2014; NUNES, 2016).

Tendo em vista a baixa concentração do boro nos solos brasileiros (MALAVOLTA, 2006) e o seu alto potencial de impactar a fisiologia e qualidade dos frutos (RAWAT et al., 2010; BRACKMANN et al., 2016; NUNES, 2016; BARANWAL et al., 2017; WEI et al., 2018; YADAV et al., 2018), este estudo tem como objetivo avaliar a interação do boro no processo de maturação dos frutos e os efeitos fisiológicos do nutriente na conservação pós-colheita.

Os resultados provenientes deste estudo poderão ser indicativos para novas avaliações de pulverizações com boro, visando expandir e apresentar uma opção nutricional para a indução do processo de maturação dos frutos de goiabeira e com isso, otimizar as práticas de manejo cultural dentro dos pomares.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características gerais da goiabeira

A goiabeira faz parte de um importante grupo de plantas frutíferas da família *Mirtaceae*, que inclui, entre outras, o Jambo, a Pitanga e o Araçá. Há número relevante de registros históricos e arqueológicos que apontam a América do Sul, em particular as savanas sul-americanas e florestas semidecíduas, como o seu possível centro de origem (ARÉVALO-MARÍN et al. 2021).

Ainda considerando a área de origem da goiabeira, seria possível relacionar muitas características associadas a essa planta ao seu centro de origem, tais como: rusticidade, tolerância aos períodos secos e pouca exigência quanto à fertilidade do solo.

Os pomares de goiabeira não devem ser instalados em áreas sujeitas ao encharcamento, geadas e ventos frios predominantes (IAC, 2014). A goiabeira não é uma planta exigente quanto a pluviosidade, sendo adequado níveis de 1.000 a 1.800 mm por ano e áreas não superiores a 900 metros de altitude, com variação de temperatura entre 23° e 28° C (RIBEIRO, 2019).

Identificou-se que as folhas, apresentam espessamento nas células da hipoderme e são hipoestomáticas, com reforço de fibras ao redor dos feixes vasculares e de textura coriácea, grossas, oblongas e com disposição alternada (MÔRO et al., 2003). Esse conjunto de características, que podem estar relacionadas a adaptações à economia de água, associadas a uma cutícula espessa e a presença de esclerídeos, podem trazer barreiras ou restrições à absorção de nutrientes e outros elementos pulverizados nas folhas (RIBEIRO, 2019).

A goiabeira pode atingir de 3 a 8 metros de altura, sendo uma planta considerada de porte médio ou semiarbóreo. Tal fator é interessante para a condução dos pomares, facilitando o manejo e os tratos culturais. As flores podem estar dispostas aos pares, isoladamente ou em número de três, de coloração branca e hermafrodita (IAC, 2014).

A gema florífera, desenvolvida durante o ano, dá origem a uma inflorescência, na sua extremidade, é possível identificar um botão floral com brácteas opostas que tendem a formar flores a partir das gemas florais na axila destas brácteas, caracterizando o sistema dicássico; nas flores, que apresentam de quatro a cinco

pétalas, não se observa a presença de glândulas nectaríferas, há grande quantidade de estames e um único pistilo central; o cálice dessas flores é persistente e o ovário é plurilocular (RIBEIRO, 2019).

Os frutos mais explorados comercialmente são de coloração branca ou vermelha, ambas da espécie *Psidium guajava* L.. A gama de cores da polpa e da casca dos frutos pode variar bastante, bem como o tamanho e a forma dos frutos (IAC, 2014).

A goiabeira possui várias cultivares, que se diferenciam por diversos fatores, tais como: a época de produção, a produtividade, o hábito de crescimento, a resistência às pragas e doenças, a cor da polpa, o tamanho, o formato, as características físico-químicas do fruto e o período de vida útil ou “shelf life” em pós-colheita (FUMIS; SAMPAIO, 2011).

No presente estudo escolheu-se a cultivar ‘Cortibel RG’, por ser uma cultivar de mesa, de hábito climatérico ainda pouco estudada. Configuram-se como plantas vigorosas, que são resistentes aos fungos, possuem frutos de tamanho médio a grande com formato arredondado, casca rugosa, polpa vermelha e sabor adocicado, que são propícios à comercialização *in natura* como fruta de mesa por apresentarem boa conservação em pós-colheita (COSTA; PACOVA, 2003; FLORI, 2016). As goiabeiras ‘Cortibel RG’ se originaram de sementes de uma variedade não identificada, possivelmente, de origem australiana (COSTA; PACOVA, 2003), e foi registrada no Registro Nacional de Cultivares (RNA), sob o número de registro 33383, pela Frucafé Mudas e Plantas Ltda EPP, em 20/11/2014 (MAPA, 2022).

Conhecida como a “maçã dos trópicos” (DHARA et al., 2017), a goiaba é reconhecida como uma das “superfrutas” (CHANG et al., 2018) pelo elevado valor nutricional e altos teores de compostos antioxidantes, tais como o ácido ascórbico, os componentes fenólicos, os carotenoides, o licopeno entre outros, o que confere ao fruto ação antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória, além de alto percentual de fibras (30% a 40%, principalmente a pectina) (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; OSORIO et al. 2011; McCOOK-RUSSELL et al., 2012; FLORES et al., 2015; USDA, 2019; YOUSAF et al, 2021). O teor de ácido ascórbico varia conforme a cultivar, sendo que a Cortibel de polpa branca apresentou teores entre 52,8 a 209,88 mg 100g⁻¹ e a de polpa vermelha 40 mg 100g⁻¹, enquanto outras cultivares como a Paluma 89,78 mg 100g⁻¹ e a W.S. Florida 209,88 mg 100g⁻¹, conforme foi registrado por LIMA et al., (2002); PEREIRA et al., (2006); WERNER et al., (2009).

A goiaba, por suas características físico-químicas de fruto climatérico e por possuir casca fina e alto teor de umidade, é muito perecível, o que suscita perdas em pós-colheita, em torno de 15% a 22% (DHARA et al., 2017; SINGH et al. 2017). O fruto climatérico apresenta aumento significativo na produção de etileno com picos respiratórios durante a maturação e como consequência dessas alterações há redução de vida útil pós-colheita ou “shelf life” (CHAVES; MELLO-FARIAS, 2006; AZAM et al., 2021) e, portanto, limitação na comercialização e perdas econômicas.

Durante o ciclo de produção, são adotadas diversas técnicas para assegurar ou minimizar as perdas. Além do controle fitossanitário, produtores e consultores cuidam com atenção do balanço nutricional, mas em geral as recomendações a campo, especialmente na fase de finalização dos frutos, estão relacionadas ao ganho de parâmetros produtivo-comerciais.

2.2 Importância socioeconômica da cultura da goiabeira

A FAO (2022a, 2022c) quantificou a produção mundial de frutas em 887 milhões de toneladas em 2020, identificando quais delas foram responsáveis por 57% desse montante: bananas e plátanos (18%), melancias (11%), maçãs (10%), laranjas (9%) e uvas (9%). Nesse cenário mundial, o Brasil foi o terceiro produtor mundial de frutas, depois da China e da Índia (FAO, 2022c).

No que tange os dados sobre a produção mundial de goiaba, estes são difíceis de se obter, uma vez que a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) combina os dados de manga, mangostão e goiaba (FAO, 2022b). Assim, a produção mundial dessas três frutas combinadas, em 2021, foi de 57,01 milhões de toneladas e dessas, a FAO estima que, em média, 15% representem a quantidade produzida de goiaba, ou seja, 8,5 milhões de toneladas (FAO, 2021a, 2022b).

Os principais países produtores de goiaba são: Índia, Paquistão, China, Egito, Brasil e Tailândia (ALTENDORF, 2018; YOUSAF et al, 2021). A Índia produziu em torno de 4,3 milhões de toneladas em área plantada de 287.000 hectares na safra 2019-2020, principalmente nos estados de Uttar Pradesh (22,20%) e Madhya Pradesh (18,26%) (APEDA, s/d). Nesse país, a produção volta-se, prioritariamente, para o mercado interno e ocupa a quarta posição nacional em volume de frutas,

após a manga, a banana e os citros (MITRA et al., 2008; DHARA et al., 2017; ALTENDORF, 2018).

A cadeia agroindustrial da goiaba movimenta a economia em diferentes aspectos, que passam tanto pela produção e comercialização de fruta fresca, quanto processada; sendo encontrados diversos subprodutos que tem por matéria prima a goiaba, tanto na forma de doce em calda e goiabada, quanto na forma de sucos e geleias.

A cultura da goiaba tem importante expressão econômica e apresenta peculiaridades no cultivo e manejo. Em 2021, produziram-se 552.393 mil toneladas de frutos em área colhida de 22.137 hectares, ou seja, o rendimento médio foi de 24.953 kg/ha e a receita anual de R\$ 973.137 milhões de reais (IBGE, 2021a).

A cultura da goiabeira está presente em muitos estados da federação. Por ordem de importância, os principais estados produtores são: Pernambuco (1º), São Paulo (2º) e Bahia (3º), que participam com 75% do total produzido (IBGE, 2021b). Além disso, a goiaba movimenta a agroindústria de doces, gerando renda para 6 mil pequenos produtores em todo o país. A distribuição da área cultivada com a frutífera, em um grande número de pequenas propriedades, é outra importante característica do cultivo da goiabeira. Ainda podemos identificar polos de produção nas regiões de Juazeiro/BA, Petrolina/PE e no interior do estado de São Paulo (REVISTA DA FRUTA, 2020).

2.3 Metabolismo relacionado à maturação das goiabas

A maturação dos frutos é um processo coordenado e complexo que envolve: alterações de firmeza, amolecimento, hidrólise do amido, acumulação de açúcares, de pigmentos, de componentes voláteis, de carotenóides e redução de clorofila, ácidos orgânicos e compostos fenólicos, mudanças na coloração da casca; assim, as características que promovem maior palatabilidade passam a preponderar nos frutos completamente maduros (OSORIO; FERNIE, 2014; TAIZ et al., 2017). Além disso, em goiabas, os melhores atributos qualitativos como a baixa acidez e adstringência, o ganho de maciez da polpa e a doçura, geralmente, acontecem no momento do pico de respiração durante a maturação (BASHIR; ABU-GOUKH, 2003).

O teor de compostos fenólicos nos frutos verdes é maior do que nos maduros e o acúmulo das antocianinas inicia-se durante a maturação e estabiliza-se ou decresce conforme se aproxima o estágio de colheita (AGEORGES et al., 2014). Na maturação da goiaba, o teor de clorofila reduz, enquanto os teores de carotenóides aumentam, bem como redução no teor de amido e elevação no teor de açúcares totais e redutores (JAIN et al., 2001).

Os frutos são classificados, de acordo com a taxa respiratória, como frutos climatéricos ou não climatéricos. Segundo Azzolini et al. (2005), frutos que apresentam aumento da taxa respiratória associada ao aumento da produção de etileno são identificados como climatéricos; enquanto aqueles frutos que apresentam redução da taxa respiratória após a colheita e que não respondem, ou respondem de maneira transitória, às aplicações de etileno exógeno são frutos caracterizados como não climatéricos.

Mendonça et al. (2007), em trabalho com a cultivar Cortibel, classificou o fruto como sendo de hábito climatérico. No entanto, Azzolini et al. (2005) afirmam que essa classificação relativa a comportamento climatérico e não climatérico é contraditória, porque não leva em consideração as particularidades de cada cultivar, como é o caso da 'Pedro Sato', que apresenta características divergentes das apresentadas pelos frutos climatéricos, tais como: aumento gradual na taxa respiratória e na produção de etileno. De acordo com estudo de Abreu et al. (2012), a cultivar 'Pedro Sato' apresenta alteração na coloração e perda de firmeza, que são características de frutos climatéricos, ao mesmo tempo em que os teores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável não se alteram, características de frutos não climatéricos. Também, Sulistio et al. (2022) verificam que a cultivar 'Je-Ju Bar', ou 'Pérola', apresenta hábito não climatérico por não expressar genes envolvidos com a produção de etileno.

No que tange processo de maturação e pós-colheita, a goiaba é um fruto reconhecido como de difícil manejo, por ter casca fina, elevado teor de umidade e ser fruto climatérico, o que ocasiona perdas em pós-colheita (DHARA et al., 2017; SINGH et al. 2017). A vida útil pós-colheita de frutos climatéricos é menor se comparada à de frutos não climatéricos, porque as reações fisiológicas desencadeadas na maturação aceleram sua maturação (HIWASA-TANASE; EZURA, 2014).

No estudo das alterações na composição físico-química de goiabas na maturação, observa-se que frutos climatéricos tendem a apresentar alterações mais significativas no teor de açúcar durante a maturação (BASHIR; ABU-GOUKH, 2003). Nesse sentido, verifica-se que o total de sólidos solúveis e de açúcares aumentou com a progressão da maturação, sendo que o aumento mais significativo no teor de açúcares ocorreu após o pico respiratório do climatério; os açúcares redutores aumentaram até o estágio pleno de maturação, com valores entre 5 e 8 g 100g⁻¹ de massa fresca, e então decresceram; enquanto os compostos fenólicos reduziram continuamente, na proporção de 3 vezes, nesse processo (BASHIR; ABU-GOUKH, 2003). Ainda conforme os autores, o aumento nos sólidos solúveis e nos açúcares totais pode ser explicado pela hidrólise do amido em açúcar e a correlação entre o aumento mais significativo desses açúcares com o pico respiratório. Isso se deve ao fato de que há aumento na atividade das enzimas responsáveis pela hidrólise do amido e redução na taxa de quebra do açúcar para a respiração (BASHIR; ABU-GOUKH, 2003).

A goiaba contém frutose, glicose, sacarose e inositol, sendo os últimos em menor quantidade; e na cultivar de polpa vermelha, a frutose constitui 55,93% do total de açúcares (MOWLAH; ITOO, 1982). O acúmulo de açúcares na goiaba varia de acordo com o estágio de desenvolvimento dos frutos e que os teores de frutose aumentaram significativamente com a maturação e quanto aos teores de glicose, o acréscimo é gradual e o mesmo ocorre com a sacarose e o inositol (MOWLAH; ITOO, 1982). Na cultivar 'Cortibel' (de polpa branca) "a proporção de açúcares é de 40,3% de frutose, 36,2% de glicose e 23,5% de sacarose" (PEREIRA et al. 2006).

2.4 Ácido ascórbico

Na literatura, os termos "ácido ascórbico", "vitamina C" e "ascorbato" são empregados como sinônimos (DENG et al., 2022; FORNARO; COICHEV, 1998).

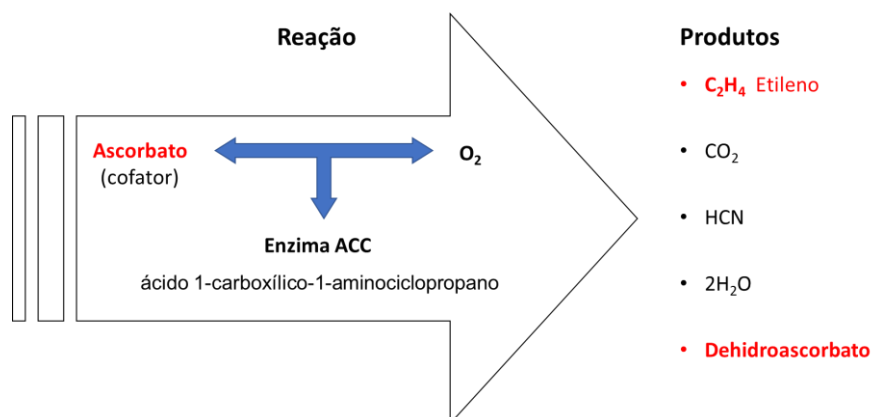
O processo de maturação dos frutos pode ser considerado um processo oxidativo que envolve alterações enzimáticas e nos níveis de antioxidantes, sendo que esses últimos possuem importante papel na maturação dos frutos ao promoverem equilíbrio nos mecanismos oxidativos, com a remoção das espécies reativas de oxigênio (EROs) (JIMENEZ et al., 2002), que causam danos a planta. Os autores reportam que o ácido ascórbico, por ser um poderoso antioxidante, participa

ativamente desses processos. Segundo Zheng et al. (2022), o ácido ascórbico é relevante para “a resistência das plantas aos estresses bióticos e abióticos”.

O ácido ascórbico tem papel como antioxidante devido às seguintes características: ser uma molécula que doa elétrons; ter potencial óxido-redutor por interagir com radicais hidroxil, oxigênio singlet, superóxido e com radicais da glutathione e tocoferol; e neutralizar EROs (GEST et al., 2013). De acordo com Pech et al. (2014), o sistema antioxidante que detoxifica as EROs inclui enzimas do ciclo ascorbato glutathione, que são uma série de reações redox que envolvem a ascorbato peroxidase, a monodehidroascorbato redutase, a dehidroascorbato redutase e a glutathione redutase.

Além disso, segundo Gest et al. (2013), o ácido ascórbico, como cofator enzimático, é essencial para a síntese de compostos importantes para o desenvolvimento dos frutos e sua maturação, tais como: o etileno, o ácido giberélico, e flavonoides, como as antocianinas. De acordo com Baldet et al. (2014), o ascorbato é cofator da enzima ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) oxidase que catalisa a última etapa da biossíntese do etileno. A ACC oxidase catalisa a seguinte reação: $\text{ACC} + \text{ascorbato} + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{CO}_2 + \text{HCN} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{dehidroascorbato}$, que se constituiu na última etapa da síntese do etileno nas plantas (PRESCOTT; JOHN, 1996). Conforme esquema abaixo (YANG; HOFFMAN, 1984), Figura 1:

Figura 1 – Representação esquemática da última etapa da biossíntese do etileno



Nesse contexto, o teor de vitamina C ou ácido ascórbico pode oferecer um ponto de partida importante, relativo às relações metabólicas relacionadas ao processo de maturação.

De acordo com Tucker (1993) e Barata-Soares et al. (2004), com o avanço do processo de maturação dos frutos, a concentração de ácido ascórbico sofre alterações, porque, na maturação, ocorrem inúmeras alterações fisiológicas e bioquímicas que demandam a atuação dos antioxidantes, dentre eles, o ascorbato. Gomez e Lajolo (2008) explicam que o acréscimo na síntese de ácido ascórbico na maturação de goiabas indica que há maior necessidade de antioxidantes nesse estágio, uma vez que se observou, na maturação, aumento da enzima ascorbato peroxidase (APX), revelando a necessidade de detoxificação dos radicais livres que se formam nessa fase devido a alterações de cor, firmeza e sabor.

O ácido ascórbico está presente em maior quantidade quando os frutos estão avançados em seu processo de maturação. Por exemplo, ElBulk et al. (1997) (*apud* Azzolini et al.(2004b)) observam teores crescentes de ácido ascórbico no decorrer da maturação nas cultivares de goiaba 'Shambati', 'Pakistani', 'Shendi' e 'Ganib', indicando que, a princípio ocorre aumento no teor de ácido ascórbico, com subsequente redução. Jacomino (1999) que desenvolveu estudo com a cultivar de goiaba branca 'Kumagai' faz a mesma observação. Bashir e Abu-Goukh (2003) argumentam que há redução na concentração de ácido ascórbico no decorrer da maturação da goiaba, enquanto o seu pico encontra-se no estágio maduro verde.

Jimenez et al. (2002), em experimento com tomates, relatam que houve alterações na atividade de enzimas envolvidas com o ciclo do ascorbato e que os níveis de ascorbato, em predomínio da forma reduzida, aumentaram significativamente durante os processos de maturação, e decresceram com a progressão desse estágio. Ioannidi et al. (2009), igualmente em tomates, verificam que o teor de ácido ascórbico aumentou substancialmente a partir do estágio rosado, passando pelo vermelho até o maduro.

O aumento na concentração do ácido ascórbico foi, segundo Mercado-Silva et al. (1998), associado à síntese de metabólitos intermediários, relacionados à degradação de polissacarídeos da parede celular. Wheeler et al. (1998) e Smirnoff et al. (2001) verificam que a degradação de polissacarídeos da parede celular tem como resultado o aumento da galactose, que é um precursor chave do ácido ascórbico. Nesse sentido, Chatzopoulou et al. (2020) reportam que o aumento no

teor de ácido ascórbico acarreta progressiva perda na firmeza dos frutos, ou seja, amolecimento.

A síntese do ácido ascórbico é composta de uma série de reações catalisadas pela enzima L-GAL (L-galactose), conhecida como via “Smirnoff-Wheeler”, elucidada em 1988. Em estudo com goiabas vermelhas, Barata-Soares et al. (2004) demonstraram que a L-GAL (L-galactose) e a L –GL (L-galactono-1,4-lactona) são precursores chave na biossíntese do ácido ascórbico, confirmando, portanto, a chamada via “Smirnoff-Wheeler”. Gomez e Lajolo (2008), por sua vez, observaram que o aumento na concentração de ácido ascórbico em goiabas estaria correlacionado ao aumento na atividade da enzima L-GALDH (L-galactono-1,4-lactona dehidrogenase), que catalisa a última etapa da síntese do ácido ascórbico.

Davey e Keulemans (2004) observaram que cultivares de maçã com maiores teores de ácido ascórbico sempre eram colhidos mais tardiamente, enquanto as que continham os menores teores estavam entre as cultivares que amadureciam precocemente. Em estudo subsequente, Davey et al. (2007) confirmaram a correlação entre o momento da colheita e os teores de ácido ascórbico. Os autores chegaram à conclusão de que a maior concentração de ácido ascórbico nas cultivares tardias, pode ser, em parte, responsável pela maior capacidade de manutenção da qualidade do fruto em pós-colheita. Por sua vez, Cavalini et al. (2015), em estudo com goiabas ‘Kumagai’ e ‘Paluma’ revelam que houve correlação positiva entre os teores mais elevados de ácido ascórbico e a colheita mais tardia.

De acordo com Rogalla et al. (2002), o B tem papel importante na síntese de ácido ascórbico, e seu déficit, segundo Goldbach et. al. (2002), ocasionaria alterações no metabolismo e oxidação de fenóis, dentre eles, destacam-se os níveis de ácido ascórbico na planta. Blevins e Lukaszewski (1998) afirmam que há evidências da associação do B ao metabolismo do ascorbato. Os autores entendem que o B pode contribuir para o incremento na concentração do ascorbato, devido ao seu efeito nas reações de transporte na membrana plasmática, uma vez que o B estimula a enzima NADH oxidase, também conhecida como ascorbato oxidorreductase. Tal enzima catalisa a transferência de elétrons para o ascorbato. Assim, a deficiência de B na planta acarretaria a inibição desse processo e, como consequência, haveria a redução do ascorbato.

Rawat et al. (2010) aferiram que a pulverização foliar de B na concentração de 0,4% resulta em aumento no teor de vitamina C na cultivar de goiaba ‘L-49 Sadar

Guava'. Igualmente, Yadav et al. (2018) constataram aumento no teor de ácido ascórbico em goiabas que receberam pulverização de Borax, nas concentrações 0,5% e 1%. O mesmo resultado positivo, em goiabas, foi reportado por Baranwal et al. (2017), a partir da utilização de concentrações de 0,2%, 0,4% e 0,6% de B e, também, por Arora e Singh (1972). Wei et al. (2018) reportam que houve aumento na concentração de vitamina C, em abacaxis, em tratamentos com B.

Cunha et al (2019) observam que no tratamento de abacaxi com deficiência de B houve redução de 23,6% na concentração de ácido ascórbico. Cakmak e Romheld (1997) verificaram um declínio nos teores de ácido ascórbico em girassóis, com sintomas de déficit de B. Por outro lado, Markiewicz et al. (2019), em tomates, e Singh et al. (2012), em cenouras, encontram correlação negativa entre a suplementação de B e a produção de ácido ascórbico. Segundo Singh et al. (2012), nos tratamentos sem o nutriente, houve aumento na produção de carotenóides (33 – 50%) e de ácido ascórbico (45 a 70%). Entre as hipóteses, os autores citam uma possível redução na biossíntese de ácido ascórbico, enquanto houve estímulo da oxidação (consumo) de ácido ascórbico, em tratamentos com B, nas cultivares de cenouras roxa e vermelha. Matoh e Kobayashi (2002) explicam que o consumo de ácido ascórbico ocorreria para prevenir a auto-oxidação dos polifénóis em quadros de deficiência de B.

Cakmak e Romheld (1997) relatam aumento na concentração de fenóis em tecidos que apresentem deficiência de B. Em particular, em espécies que requerem maiores concentrações desse elemento como o girassol, dado que a formação de complexos cis-diol entre o B e açúcares ou fenóis é relevante para o acúmulo de fenóis nesses tecidos. Os autores explicam que o B inibe a enzima 6-fosfogliconato desidrogenase ao formar o complexo 6-fosfogliconato–borato. Assim, em ambientes com deficiência do nutriente, haveria maior disponibilidade do ácido 6-fosfoglicônico e, como consequência, o fluxo metabólico muda de glicólise para a via pentose-fosfato com o estímulo à produção de fenóis.

Lukaszewski e Blevins (1996), por sua vez, apontam uma correlação positiva entre o metabolismo de B nos meristemas radiculares e o ácido ascórbico em abóboras, pois a inibição do crescimento da raiz, em ambiente com deficiência de B, correspondeu à redução da concentração de ascorbato em seu ápice. Ou seja, requer-se um nível adequado de B para a produção de ácido ascórbico. Os autores explicam que o B se associa ao transporte de eletrólitos pela membrana plasmática

ao ciclo redox do ascorbato. Por outro lado, Cunha et al. (2017) afirmam que a redução da concentração de ácido ascórbico nos frutos estaria relacionada ao fato de o B, quando em déficit, gerar impacto na síntese de ácidos nucleicos.

Consonantemente, Singh et al. (2012) sustentam que a translocação de ácido ascórbico para as raízes pode ser comprometida em situações de deficiência de B, pois esse nutriente tem papel importante na translocação de carboidratos das folhas às outras partes da planta. Segundo Yu et al. (2002), o B participa de diversas reações no metabolismo dos carboidratos e influencia significativamente o transporte de assimilados na planta. Mondy e Munshi (1993) determinam que o aumento na concentração de ácido ascórbico em batatas tem relação com a relevância do B na translocação de carboidratos, uma vez que por essa razão, maiores concentrações de ácido ascórbico podem ter sido translocadas aos tubérculos.

2.5 Aspectos nutricionais e fisiológicos do boro

Reconheceu-se a essencialidade do B para as plantas superiores em 1923 (POWER; WOODS, 1997). De acordo com Malavolta (2006), de maneira geral, o B se apresenta em concentração insuficiente nos solos brasileiros. Independentemente do tipo de cultivo, se perene ou anual, existe um destaque para o B, quando se avaliam as deficiências nutricionais. A suplementação do B pode ser feita via solo ou foliar (SOUZA et al., 2004) e os principais produtos disponíveis no mercado são o ácido bórico, o boráx e boro monoetanolamina (SOUZA et al. 2004; STURIÃO, 2017).

Dada a deficiência de micronutrientes nos solos brasileiros, associada ao avanço das pesquisas indicando e validando o uso de tais nutrientes no manejo de diferentes cultivos, a sua suplementação pelos agricultores brasileiros cresceu muito, no período de 1992 a 2004, houve aumento na ordem de 1.300% com a utilização de 500 mil toneladas e, dentre eles, o B (PINAZZA; BORSARI, 2004).

Diferentes autores, tais como Malavolta et al. (1997), Dechen et al. (1991), Marshner (1995), Epstein e Bloom (1996), Cakmak e Romheld (1997), Bell et al. (2002), Rogalla et al. (2002), O'Neill et al. (2004), Khayyat et al. (2017) e Taiz et al. (2017), apontam as seguintes funções do B na fisiologia das plantas:

- estrutura da parede celular;
- alongamento celular;

- regulação da ligação à membrana plasmática, pela ação da ATPase e oxido-redutase;
- maior pegamento das floradas e menor esterilidade;
- migração dos carboidratos através da membrana (açúcar-borato);
- fitohormônios (AIA) e síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA);
- absorção e transporte de nutrientes e água;
- síntese e metabolismo de compostos fenólicos e incidência de dano oxidativo das membranas;
- síntese do ácido ascórbico;
- melhoria na qualidade dos produtos, inibe quebra de amido – inibe as fosforilases;

O elemento B é normalmente solúvel no solo, na forma de borato ($B(OH)_4$) e ácido bórico ($B(OH)_3$), mas estes podem estar adsorvidos pelos constituintes do solo, como hidróxidos de ferro e alumínio, elementos muito presentes nos solos brasileiros (PERYEA; LAGESCHULTE, 2000; BROWN et al., 2002b; SOUZA et al., 2004; ROSOLEM; BISCARO, 2007; SIQUEIRA, 2014). De acordo com Goldberg (1997), diversos fatos impactam a absorção de B pelas plantas, tais como: a concentração do micronutriente no solo, o pH, a umidade do solo e o conteúdo de matéria orgânica. Além disso, a lixiviação do B é uma questão muito importante, dado que diminui a disponibilidade do B para a absorção, implica em perdas econômicas e em uma possível contaminação do lençol freático (ROSOLEM; BISCARO, 2007).

A matéria orgânica do solo é o principal reservatório desse nutriente, especialmente restos culturais na superfície do solo, por isso, normalmente é encontrado em maior concentração nesse horizonte superficial (CAETANO; CARVALHO, 2006; PRADO et al., 2006).

Quanto à absorção radicular, entende-se que o elemento B tem preferencialmente absorção passiva, especialmente em ambientes onde está em concentração adequada na solução do solo (HU; BROWN, 1997). Os autores argumentam que a absorção passiva ocorre por meio da difusão do ácido bórico para a célula, seguido de formação de complexos de B dentro do citoplasma e da parede celular.

Nesta mesma linha de avaliação, Brown et al. (2002a) explica que: o aparente acúmulo de B contra um gradiente de concentração foi observado por vários autores e interpretado como evidência da presença de um mecanismo de captação ativo. Permanece incerto o quão importante esses processos são sob vários níveis de fornecimento do B. Dadas as suas características, o B responde por várias funções estruturais, devido à sua tradicional imobilidade de redistribuição ou transporte pelo floema. Mas, uma vez que se entende que isso é apenas parte – e não o todo – da função do nutriente, é possível trazer algumas questões relativas ao modo como o elemento se mantém no citoplasma, ou mesmo na seiva (BROWN et al., 2002a).

Anteriormente, indicava-se o uso via solo, por ser mais eficiente (MALAVOLTA, 1989), mas nos últimos anos tem ocorrido um crescimento da suplementação via foliar de B, com o aumento da oferta de produtos elaborados para essa finalidade (BEVILAQUA et al., 2002). Para uso foliar, existem diferentes opções de fontes e agentes complexantes, autorizados pela legislação de fertilizantes, tais como: ácido bórico (17% de B), octaborato de sódio (20% de B), octaborato de potássio (19% de B 18% de K₂O), borato de monoetanolamina (8% de B), dietanolamina e trietanolamina (SOUZA et al., 2004; STURIÃO, 2017; BRASIL, 2020).

Quanto à fonte de B a ser utilizada, o ácido bórico ou boráx, são os produtos mais comumente empregados em programas de adubação (SOUZA et al., 2004). Contudo, a aplicação na forma de boro monoetanolamina surge como uma alternativa bastante promissora, considerando a hipótese de melhor eficiência de absorção pela planta. Segundo Sturião (2017), a etanolamina ou monoetanolamina é uma molécula composta por uma amina e um álcool primário; assim, o B ao complexar-se com esse composto químico orgânico teria maior absorção pelas folhas, uma vez que tal molécula teria a capacidade de solubilizar os componentes da cutícula. Ademais, ao comparar o boro + etanolamina com o Borax e o ácido bórico, Sturião (2017) observou que o primeiro promoveu maior acúmulo de B nos frutos de tomate cereja.

As aplicações foliares, ainda que tenham sido consagradas como prática de reposição de B para diferentes cultivos, ainda esbarram na baixa redistribuição do elemento, dada à sua baixa mobilidade, além das diferenças que podem ocorrer tanto pela espécie vegetal, quanto pelo estágio fenológico do cultivo (GONDIM, 2009). Na literatura, o tema está sendo abordado em diferentes direções, mostrando

que, apesar de haver consenso em muitos pontos, ainda restam lacunas a serem respondidas. Malavolta et al. (1997) reportam que há correlação entre a disponibilidade de B e sua concentração nos tecidos vegetais, assim, as folhas apresentarão evidências visíveis, caso os teores estejam muito baixos ou muito elevados.

Wimmer et al. (2002) argumentam que, sob fornecimento adequado de B, 20 a 60% do B total nas plantas está presente na forma solúvel. Ademais, excetuando-se para os complexos B-sorbitol e B-manitol na seiva do floema, a forma química do B solúvel ainda não foi identificada.

Brown et al. (2002a) relatam ter identificado pela primeira vez evidência de que o B é transportado no floema de certas espécies como um complexo B-poliol. Posteriormente, demonstrou-se que a mobilidade do floema pode ser induzida em espécies por meio da expressão do gene para sorbitol-6-fosfato desidrogenase e que a indução da mobilidade no floema também demonstrou conferir tolerância substancial às deficiências transitórias e alterar a expressão dos sintomas de toxicidade, quando as plantas são expostas ao excesso de B no ambiente (BROWN et al., 2002a).

Em um ensaio com plantas de girassol – reconhecidas por sua alta demanda por B –, Stangoulis e Reid (2002) verificam que o elemento parecia entrar livremente no simplasto, acumulando-se em concentrações maiores do que as encontradas no apoplasto. Os autores explicam que, uma vez que o B é capaz de formar complexos com uma variedade de açúcares e ácidos orgânicos, não é surpreendente que ocorra um alto acúmulo simplástico. No entanto, ainda não foi estabelecido se a complexação interna é usada por plantas como o girassol como mecanismo de desintoxicação.

A mobilidade do B no floema está diretamente associada à combinação do elemento com açúcares, e polióis como o sorbitol e o manitol. O B forma complexos cis-diol com diversas moléculas orgânicas tais como açúcares, açúcares álcoois, ácidos orgânicos, como o ácido málico, e fenóis na parede celular e no citoplasma, os quais influenciam a absorção do B (DEMBITSKY et al., 2001; SIQUEIRA, 2014).

Brown e Hu (2002) identificaram dois tipos de comportamentos fisiológicos principais que distinguem as espécies quanto a esse tipo de mobilidade do elemento B, descritas a seguir:

- a) Para as plantas não produtoras de poliols, há um acentuado gradiente de concentração de B entre os tecidos de diferentes idades, sendo a concentração de B nas folhas velhas maduras muito maior do que nas folhas jovens em expansão. O inverso é verdadeiro para plantas com produção de poliols.
- b) Nenhuma redistribuição significativa da marcação ^{10}B das folhas maduras pode ser observada nas plantas não produtoras de poliols e encontrou-se uma redistribuição significativa da marcação ^{10}B das folhas maduras nas plantas produtoras de poliols.

Hu et al. (1997) explicam que os principais polióis reconhecidos por se complexarem com o B são o sorbitol, o manitol e o dulcitol, sendo que o sorbitol (nas Rosáceas), o manitol (nas Oleáceas, Rubiáceas e Apiáceas) e o dulcitol (Celestraceae), além de ocorrerem em menor proporção em outras espécies. Thorp et al. (2011) comentam que o perseitol, açúcar presente no avocado 'Hass', forma complexo com o B, o que concorre para a mobilidade desse elemento no floema das árvores. Hu et al. (1997) observam que o B está presente no néctar extrafloral do pêssogo (*Prunus persica*) em complexos com o sorbitol (sorbitol-boro-sorbitol), e com a frutose (frutose-boro-frutose ou sorbitol-boro-frutose).

No caso da goiabeira, há mobilidade do boro (KONSAENG et al., 2005), mas não há definição de qual seria a molécula que se complexa com o B e isso não foi objeto do presente estudo.

No entanto, ao observar o perfil de açúcares dos frutos e os estudos de Mowlah e Itoo (1982), Hu et al. (1997), Lehto et al. (2004) e Yamaki (2010), poder-se-ia propor hipóteses, tais como: a complexação com o sorbitol e/ou com a frutose e/ou com o inositol, uma vez que, a goiaba contém frutose, glicose, sacarose e inositol (MOWLAH; ITOO, 1982; PEREIRA et al. 2006).

Alinhados com estas observações, Osorio e Fernie (2014) comentam que a sacarose é o principal composto translocado no floema, enquanto em algumas espécies também são predominantes os polióis (manitol e sorbitol). Estes, segundo Osorio e Fernie (2014), são produtos do metabolismo primário e precursores de metabólitos do metabolismo secundário, responsáveis pelo sabor.

Considerando-se que, tanto o sorbitol quanto o manitol impactam na concentração de sólidos solúveis nos frutos, logo, durante esse processo de

maturação, eles cumprem seu papel na translocação de carboidratos e passam a substituir açúcares simples como a manose e a glicose em frutos durante a maturação. Tal observação pode ser corroborada por Mowlah e Itoo (1982), que em seu trabalho não detectaram a presença de sorbitol em goiaba, concluindo que esse resultado poderia estar relacionado ao fato de que o sorbitol é convertido em frutose pela enzima sorbitol dehidrogenase e sorbitol-6-fosfato dehidrogenase; além disso, o sorbitol seria parcialmente convertido em sacarose na maturação. Yamaki (2010) também corrobora com essa observação, reportando que enquanto o sorbitol é convertido em frutose ou glicose pela sorbitol dehidrogenase, o manitol é convertido em frutose pela enzima manitol dehidrogenase. O autor explica que há aumento na atividade da sorbitol dehidrogenase no estágio de maturação.

Uma indicação muito interessante sobre o comportamento da espécie *Psidium guajava* L., quanto à sua habilidade em redistribuir o B, pode ser encontrada no trabalho de Arora e Singh (1972). Em um momento em que ainda não haviam sido caracterizados os agentes envolvidos nessa redistribuição, os autores constataram que: em relação ao teor de B nas folhas, o resultado promissor foi obtido devido à pulverização de ácido bórico. Os autores relataram que, no início, nas folhas das árvores pulverizadas o teor de B era apenas o dobro do que nas folhas das árvores controle. Depois, houve um declínio gradual nas árvores pulverizadas, enquanto as árvores controle não apresentaram muita variação na concentração de B durante a época de cultivo, acarretando a absorção e a translocação mais rápidas do B.

Ademais, a partir dessas referências sobre a mobilidade do B no floema, depreende-se que os problemas encontrados em campo corriqueiramente, com relação à toxidez do B, podem estar associados à capacidade das espécies de concentrar ou redistribuir o elemento. Sobre tal aspecto, relativo ao efeito fitotóxico do B, Brown et al. (2002a) chegam à conclusão de que plantas não produtoras de poliols apresentam queima clássica da ponta e margem das folhas velhas sob toxicidade de B, enquanto nas espécies produtoras de poliols, esses sintomas estavam ausentes e a toxicidade foi expressa como morte meristemática.

O elemento B ocupa sempre espaço nos programas nutricionais. Frequentemente, associado ao cálcio para as fases de floração, florescimento e frutificação efetiva (PERICA et al., 2001; BROWN et al., 2002; BELL et al., 2002; PERYEA, 2005). Defende-se que a sua aplicação tem como finalidade suplementar

o nutriente em um momento de alta demanda. Percebe-se que se costuma restringir os benefícios do B à nutrição, não o associando à maturação ou a outras funções identificadas pela pesquisa.

O B faz parte das ligações químicas entre polissacarídeos, elementos importantes para a estruturação das paredes celulares e complexos de açúcares, agindo tanto na translocação destes açúcares dentro das plantas, quanto na formação de proteínas importantes na manutenção da função da membrana celular e sua deficiência está tanto relacionada a perdas de produtividade e de qualidade (CAKMAK; ROMHELD, 1997; BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998; BELL et al., 2002; MATOH; KOBAYASHI, 2002; BROWN et al., 2002a; O'NEILL et al., 2004; KHAYYAT et al., 2017).

Quando se aborda o tema de redistribuição de fotoassimilados, um ponto fundamental no processo de maturação, encontram-se referências que concluem que a nutrição com B influencia significativamente o transporte de assimilados. Nas folhas de rami marcado com $4C$ (sexta a partir do topo), o ^{14}C transportado para as raízes principais e laterais foi maior em 42,3% e 12% após 24h, 34,2% e 69,9% maior 168h após a adição de B do que sem fornecimento de B (YU et al., 2002).

A atividade de inúmeras enzimas é influenciada pelas concentrações de B. Existem indicações sobre este tema na literatura, as quais tratam especialmente da deficiência de B. Yu et al. (2002), por exemplo, verificam que a atividade da peroxidase aumentou, enquanto a catalase e a superóxido dismutase diminuíram no rami, em colza e em pepino quando o B era deficiente, o que pode ter levado ao acúmulo de radicais livres, que são tóxicos para a planta. É provável que as reações diretas estejam relacionadas à formação de complexos de ácido bórico/borato, com açúcares como frutose e furanoses.

Ainda, encontram-se citações a respeito de um aspecto diferente atrelado à sintomas de deficiência de B, Sobral e Weber (2015) evidenciam a influência do elemento no transporte de fotoassimilados. Os autores verificam que os sintomas de deficiência de B seriam sintomas de deficiência de glicídios, uma vez que, nas plantas, as áreas nas quais há elevada atividade metabólica são, também, áreas que requerem teores elevados de açúcares e, assim, seriam as primeiras a serem impactadas em situações de deficiência de B (SOBRAL; WEBER, 2015).

Arora e Singh (1972) fazem referência aos benefícios da aplicação do B ao conduzirem um ensaio com goiabeiras submetidas às diferentes concentrações de B

em pulverização foliar. Nesse estudo, os autores afirmam que um exame crítico dos dados registrados em diferentes direções mostrou os efeitos úteis do B na melhoria das características de crescimento, maturidade, produtividade, composição físico-química dos frutos e composição química das folhas. O tratamento de 0,1% de ácido bórico resultou em aumento na produtividade (81,8%), aumento na massa do fruto (9,5%), no comprimento (4,8%) e no diâmetro (9,4%), em relação ao controle. O aumento na massa dos frutos poderia ser explicado pelo acúmulo de matéria seca nos frutos e pela influência do B na mobilização de fotoassimilados. Além disso, o tratamento com 0,1% resultou em incremento nos teores de sólidos solúveis (5,75%), açúcares redutores (7,07%), açúcares não redutores (15,02%) em relação ao controle (ARORA; SINGH, 1972).

A pulverização de B em goiaba contribuiu para o aumento no teor de sólidos solúveis, do total de açúcares (RAWAT et al., 2010; BARANWAL et al., 2017; YADAV et al., 2018), do total de açúcares redutores e não redutores, sendo que o aumento no teor de sólidos solúveis poderia ser explicado pelo papel do B em auxiliar o transporte de açúcares transmembrana (YADAV et al., 2018).

Em cerejeira (*Prunus avium* L.), Wojcik e Wojcik (2006), relatam que a pulverização com B, na primavera - 0.2 kg ha^{-1} e outono - 0.8 kg ha^{-1} , durante dois anos, melhora os aspectos organolépticos dos frutos, com o aumento dos teores de sólidos solúveis, o que contribui para a melhora do dulçor e das antocianinas, uma vez que as cascas apresentam coloração vermelho mais intenso. Assim, há melhora do sabor da cereja e de sua apresentação. Hapuarachchi et al. (2022) explicam que as pulverizações com B em abacate cultivar 'Hass', elevam o teor do elemento na polpa do fruto, o que pode resultar em redução da incidência de descoloração e escurecimento, repercutindo na percepção do consumidor e, portanto, na comercialização.

O uso do B, um nutriente com muitas ações fisiológicas sobre as plantas, como as já citadas, pode trazer impactos diretamente sobre a maturação dos frutos, agregando qualidade, sem impactar a fisiologia das árvores. O nutriente B está envolvido em diferentes processos ainda carentes de estudo e avaliação, podendo ter sua função expandida além do tradicional posicionamento pré e pós-florada (PERICA et al., 2001; BROWN et al., 2002a; BELL et al., 2002; PERYEA, 2005), integrando o manejo de diferentes cultivares, também na fase de finalização, em pré-colheita (NUNES, 2016; BRACKMANN et al., 2016).

No cultivo de árvores frutíferas, o manejo da colheita envolve muitas decisões e investimentos, porém, sempre fica dependente da evolução do processo de maturação dos frutos, sendo que os ganhos em uniformidade nessa etapa consistem em um objetivo comum de todos os fruticultores (NACHTIGALL; CZERMAINSKI, 2014; NUNES, 2016; COCCO et al., 2021).

Nesse sentido, o B, como agente maturador, seria uma abordagem alternativa para as necessidades dos fruticultores, independentemente de o direcionamento do fruto ser a indústria ou o consumo do fruto fresco. Isto é, pode ser utilizado como uma ferramenta para a fase de maturação dos frutos, de forma a propiciar controle sobre o processo, utilizando-se de um manejo simples, de baixo impacto ambiental, sem deixar resíduos químicos nos frutos ou no pomar.

Os efeitos do B sobre a fase de maturação dos frutos ainda são objeto de estudo de poucas investigações científicas. Uma primeira referência pode ser vista no trabalho apresentado por Arora e Singh (1972) identificaram impacto mensurável do B sobre a maturação de frutos de goiaba. O período de maturação foi significativamente reduzido pela pulverização com B, uma vez que os frutos das árvores controle levaram 77 dias para atingir a maturidade, enquanto os frutos das árvores pulverizadas levaram 70 e 66 dias referente às concentrações de 0,1% e 0,2% de ácido bórico, respectivamente.

Brackmann et al. (2016) observaram que há maior produção de etileno em maçãs pulverizadas com B (ácido bórico) em pré-colheita, em relação ao controle, acarretando aumento no metabolismo das plantas com consequente aceleração da maturação, o que propiciou a colheita precoce dos frutos. Contudo, resulta também em perdas de pós-colheita, uma vez que os frutos apresentam menor firmeza da polpa. Os autores explicam que a maior produção de etileno eleva a taxa de respiração. Desse modo, o acréscimo respiratório poderia ser explicado pelo fato de que as maiores concentrações de B estimulam o consumo de glicose por meio da glicólise. Também concluiu-se que o aumento no metabolismo nos tratamentos com B não resulta em redução dos teores de sólidos solúveis.

Similarmente, Nunes (2016), ao realizar a pulverização com B (ácido bórico) em maçãs, verificou o aceleração do metabolismo dos frutos e, consequentemente, sua maturação. Isso pode contribuir para a logística de colheita, visto que lhe permite escalonamento de modo que o produtor poderia estender o período de colheita. No entanto, adverte-se que os frutos devem ser colhidos em

estágio ideal de maturação, para não trazer prejuízos ao armazenamento pós-colheita. A autora relata ainda que o aumento na atividade da enzima ACC oxidase poderia ser a responsável pelo aumento no metabolismo, dado que, em uma das safras, houve aumento linear da ACC oxidase (oxidase do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) devido ao incremento nas pulverizações com B. Nesse sentido, Taiz et al. (2017) afirmam que o etileno é sintetizado via ACC oxidase. Nunes (2016) também afirma que, na literatura, há autores que verificaram alterações na firmeza de maçãs decorrentes de tratamentos com B. Contudo, essa verificação contrasta com relatos de outros autores, os quais não observaram mudanças na firmeza dos frutos.

Nachtigall e Czermainski (2014) também observaram antecipação na maturação de maçãs com a pulverização foliar de B, em especial, na 'Gala'. Verificou-se que a sua maturação adiantou entre sete e doze dias, enquanto a 'Fuji' adiantou somente entre três e cinco dias. Os autores explicam que ainda não se esclareceram as razões para tal adiantamento, mas sugerem que poderia estar relacionado ao fato de o B, como precursor do ascorbato, ser essencial para a atividade da ACC oxidase.

A influência do Boro como agente de maturação ou agregação de qualidade, pode ser encontrado sobre diferentes cultivos não correlatos a fruticultura, como pode ser visto no trabalho apresentado por Siqueira (2014), ao realizar um ensaio com cana de açúcar, conseguiu identificar que, isoladamente ou em combinação com herbicidas, o B atua antecipando o processo de maturação, a colheita e a qualidade da cana colhida. Reforçando o posicionamento de que o B associado aos processos de maturação é um tema com potencial uso e cobertura em múltiplos cultivos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido durante os meses de maio a julho de 2022, no sítio Santa Filomena, localizado no município de Valinhos – SP, situado nas coordenadas: 22° 55' 51" S e 46° 58' 39" O; a 715 metros de altitude. Utilizaram-se goiabeiras (*Psidium guajava*, L.) da cultivar 'Cortibel RG' (de polpa vermelha) de 13 anos de idade em espaçamento de 4 x 3 m (800 plantas ha⁻¹).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da área é classificado como Cfa (clima temperado quente), com 20,6 °C de temperatura média e pluviosidade média anual de 1462 mm (SETZER, 1966).

O solo da área de cultivo foi um latossolo vermelho-amarelo distrófico típico, A moderado, textura média e argilosa (LVAd6), conforme nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

Realizou-se uma análise de solo da área experimental antes da instalação do experimento, com a coleta de amostras de 0-20 cm, foram feitos 15 pontos de amostragem considerando linha e entrelinha, estas amostras foram misturadas e uniformizadas de modo a ter uma amostra representativa do talhão de produção, a qual foi encaminhada para o laboratório Agrilab, em Botucatu-SP, segundo metodologia do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (RAIJ et al., 2001). Os resultados dessa análise química encontram-se nas Tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1 – Análise dos teores de macronutrientes do solo da área experimental, análise composta por subamostras colhidas entre linhas e entrelinhas, na cidade de Valinhos -SP, em profundidade de 0-20cm.

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	----- mmol _c /dm ³ -----							
5,9	68	364	0	21	2,42	240	20	262	283	93

Fonte: Agrilab.

Tabela 2 – Análise dos teores de micronutrientes e enxofre do solo da área experimental, análise composta por subamostras colhidas entre linhas e entrelinhas, na cidade de Valinhos -SP, em profundidade de 0-20cm.

S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg/dm ³ -----					
22	0,11	30	109	7,3	55

Fonte: Agrilab.

3.2 Tratos culturais

Iniciaram-se as atividades no pomar no mês de dezembro/2021, com podas, adubação e limpeza, seguidas pelas ações correlatas a cada fase de desenvolvimento do cultivo e desenvolvimento dos frutos. Conduziu-se o trabalho em um ciclo de cultivo, correspondente à safra de 2021/22.

Todas as atividades de manejo do pomar, seguiram o cronograma de manejo e boas práticas adotadas para o cultivo de goiabeira, segundo os Boletins 100 e 200 do IAC (RAIJ et al., 1997; Aguiar et al., 2014). No pomar onde foi realizado o trabalho, não foi identificada necessidade de realizar o desbaste nem ensacamento de frutos. A poda de frutificação por talhão, foi realizada no final de fevereiro de 2022.

As fertilizações e os tratamentos fitossanitários foram realizados conforme calendário pré-estabelecido e avaliações técnicas, sem o uso de fontes externas de B, exceto aquelas indicadas no experimento.

Não foi realizada a aplicação de calagem no solo, visto que a mesma já havia sido feita pelo proprietário recentemente e segundo Natale et al. (2007), os melhores resultados, em termos de produção, ocorrem com a saturação de bases, aproximadamente, em 50% na linha e 65% na entrelinha.

Para correção dos elementos nutricionais que apareceram em níveis baixos no solo, foi programada adubação de cobertura, conforme descrito abaixo, e no caso dos micronutrientes, foi preconizada apenas suplementação via foliar com Sulfato de manganês, na concentração de 150g/100 litros, caso a análise foliar indicasse deficiência deste nutriente.

A adubação foi parcelada e programada para ser realizada em 4 diferentes momentos do ciclo de produção, com foco na suplementação de macronutrientes, especialmente Nitrogênio e Potássio. A adubação foi posicionada na projeção da copa.

- após a poda em fevereiro de 2022, 2000g/planta do formulado 20-05-20;
- pleno florescimento, 1500g/planta do formulado 20-05-20;
- 30 dias após o início do florescimento, 1500g/planta do formulado 20-05-20;
- 60 dias após o início do florescimento, 2000g/planta do formulado 15-05-30.

3.3 Delineamento experimental e aplicação do produto

O delineamento experimental a campo foi realizado em blocos ao acaso com 4 tratamentos, com 5 repetições compostas por três plantas por repetição, totalizando 60 plantas úteis. O experimento foi realizado com um total de 20 plantas bordadura, sendo 5 plantas entre cada tratamento avaliado.

Os tratamentos consistiram na aplicação do nutriente B aplicado por pulverização foliar, com equipamento costal da marca “Jacto”. Trata-se do modelo elétrico com padronização de pressurização. Os tratamentos foram representados como T1, T2, T3 e T4, correspondentes as concentrações de 0 (controle); 1,0; 2,0 e 3,0 ml L⁻¹ do produto comercial Boroplus (11% B), densidade de 1,37g/ml na forma

de Boro MEA (Monoetanolamina), da empresa Valagro S.A., concentrações equivalentes a 0g (controle); 60,28g; 120,56g; 180,84g ha⁻¹ de B, utilizado no estágio fenológico correspondente a escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, und Chemische Industrie) referente a BBCH 78 (80% do crescimento final dos frutos) referente a espécie *Psidium guajava* L. (MEIER, 2001; SALAZAR et al., 2006).

O volume de calda utilizado, 400 L ha⁻¹, baseou-se no molhamento das copas de modo a se evitar o ponto de escorrimento. Nesta pulverização não se utilizou de adjuvantes ou qualquer outro elemento que pudesse causar alteração na calda ou solução.

Os frutos atingiram o estágio 78 da escala BBCH - 80% do crescimento final dos frutos em junho de 2022, quando foram então realizadas as pulverizações do produto. Neste período pré-instalação do ensaio, seguiu-se com monitoramento semanal do pomar e, o padrão dos frutos no momento da instalação do trabalho pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Aspecto do pomar de goiabeira em frutificação, em 13 de junho de 2022, momento da pulverização dos tratamentos, com frutos no estágio 78 da escala BBCH - 80% do crescimento final, na cidade de Valinhos-SP



Foto: Vitor Hugo Artigiani Filho - 2022



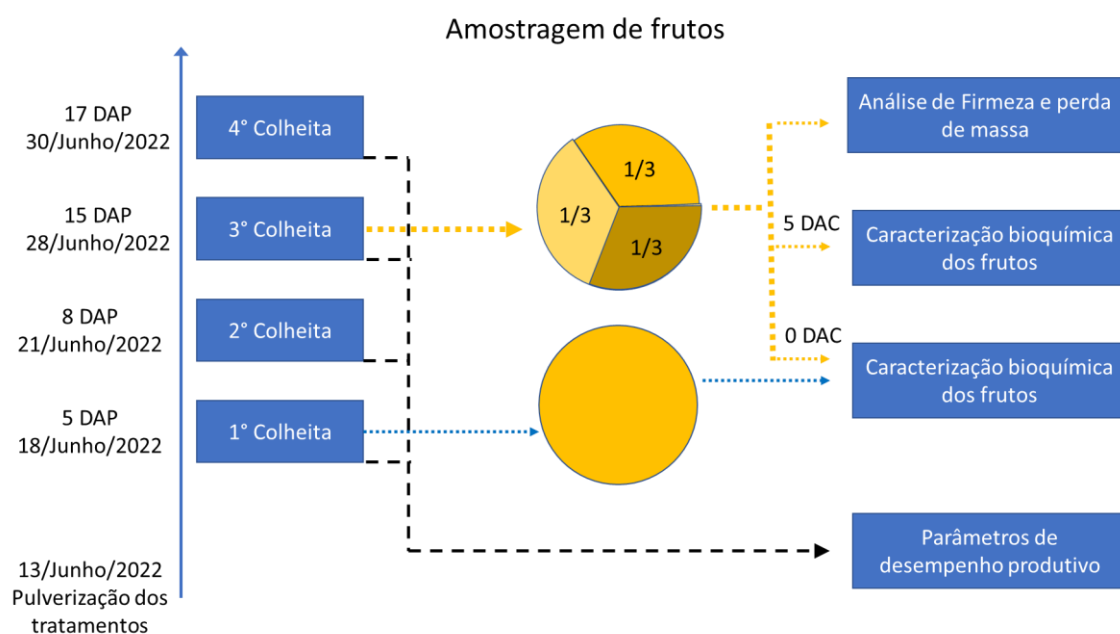
Foto: Vitor Hugo Artigiani Filho - 2022

As plantas receberam a pulverização dos tratamentos no dia 13 de junho de 2022, com 80% dos frutos em estágio BBCH 78 de maturação (80% do crescimento final).

3.4 Colheita e preparo das amostras

As ações executadas nesta etapa estão apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Representação esquemática da amostragem e da análise dos frutos, nos diferentes estádios de colheita, referência em DAP (dias após a pulverização) para caracterização e análise dos frutos



A colheita foi realizada no período de 18 a 30 de junho de 2022 (Figura 3). Os frutos foram colhidos no ponto que os produtores de goiaba consideram que estes atingiram a maturidade fisiológica, ou seja, apresentam a casca verde com princípio de cor amarela na base e estão firmes (GARCIA, 1978).

Os frutos foram coletados para caracterização bioquímica, em dois momentos diferentes, considerando a primeira caracterização em frutos colhidos no dia 18 de junho, 5 dias após as pulverizações com B (5 DAP); e a segunda caracterização em frutos colhidos aos 15 DAP (dias após a pulverização), ambas realizadas em amostras de todos os tratamentos e controle. Na primeira etapa, apesar de ser uma colheita de baixa quantidade de frutos em ponto de maturação, foram coletados 2 kg de frutos por repetição, para análise e registro das primeiras referências bioquímicas quanto ao efeito do B sobre a maturação. A segunda amostragem ocorreu no momento identificado como de maior concentração da colheita ou pico da colheita,

aos 15DAP, os resultados oriundos desta amostragem (15DAP), foram prioritariamente a base de avaliação e discussão no capítulo correspondente.

Figura 4 - Início da operação de colheita



3.5 Avaliações

3.5.1 Teores de nutrientes em folhas e frutos após as pulverizações com boro

Analisaram-se os teores de macro e micronutrientes em amostras de folhas, coletadas no dia 18 de junho de 2022, cinco dias após as pulverizações com B (5 DAP), coletaram-se 25 pares de folhas, da altura média da copa, considerando o terceiro ou quarto par expandido. Selecionaram-se folhas maduras e sem incidência de lesões ou enfermidades, em ramos produtivos, por tratamento. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para o laboratório Icasa, na cidade de Campinas-SP, para análise segundo metodologia de Malavolta et al. (1997) e Silva (2009).

Avaliaram-se teores de macro e micronutrientes em amostras de frutos colhidos no momento do pico de colheita, aos 15 DAP. As amostras de todos os tratamentos foram acondicionadas em saco de papel, mantidas em temperatura ambiente e sombra, e encaminhadas para análises de nutrientes em tecido vegetal – polpa de goiaba, metodologia segundo Malavolta et al. (1997), no laboratório Agrilab, em Botucatu-SP.

3.5.2 Desempenho produtivo

- **Número de frutos:** contaram-se todos os frutos produzidos por planta.
- **Massa dos frutos:** pesaram-se individualmente, com balança digital, todos os frutos produzidos por planta. Os resultados foram expressos em grama (g).
- **Massa média dos frutos:** quociente entre a massa dos frutos e o número de frutos colhidos. Os resultados foram expressos em grama (g).
- **Produção total:** consideraram-se a soma das massas da totalidade dos frutos colhidos por planta. Os resultados expressos em quilograma (kg árvore^{-1}).
- **Produtividade:** razão da produção total dos tratamentos pela área. Os resultados foram expressos em (t ha^{-1}).
- **Fluxo de colheita:** número de frutos colhidos a cada data de colheita, 5 DAP (dias após a pulverização), 8 DAP, 15 DAP e 17 DAP e contabilizados também de forma cumulativa no decorrer do processo.

3.5.3 Caracterização pós-colheita dos frutos

Conforme apresentado na Figura 3, para compor as amostras, foram coletados frutos que não apresentavam danos ou lesões, durante a amostragem realizada no momento do pico da colheita aos 15 DAP, as amostras colhidas foram acondicionadas em saco de papel, mantidas em temperatura ambiente e sombra, fracionada em 3 partes iguais.

Um terço da amostra foi mantida para avaliação de parâmetros de pós-colheita (firmeza e perda de massa), foi mantida em temperatura ambiente com monitoramento da temperatura, conforme Tabela 3, e avaliada por um período total de 9 dias, com intervalos de 3 dias. As análises foram realizadas no laboratório de fruticultura, na UNESP/FCA em Botucatu – SP.

Foi encaminhada 1/3 da amostra total, para análise imediata dos parâmetros bioquímicos e outra fração de 1/3 da amostra foi reservada para análise bioquímica 5 dias após a primeira (conforme Figura 3), as análises foram realizadas no laboratório de fruticultura, na UNESP/FCA em Botucatu – SP.

Tabela 3 – Temperatura ambiente durante a avaliação de pós-colheita, no laboratório do Departamento de Horticultura, campus Lageado, Botucatu-SP

Tempo (Dia)	Temperatura
0	21,2°C
3	22,5°C
6	20,9°C
9	21,3°C

As amostras foram acondicionadas em bandejas e agrupadas sobre bancadas de acordo com os tratamentos realizados (Figura 5). Ainda que o ambiente tenha sido mantido ventilado, não havia isolamento ambiental da sala e nem entre os tratamentos, portanto, é preciso ter em conta o gás etileno produzido pelo processo de maturação que estava presente no ambiente, e atuou de forma uniforme sobre os frutos.

Figura 5 - Instalação da avaliação em pós-colheita, frutos dispostos em bancadas sobre bandejas de isopor, ambiente ventilado sem controle de umidade ou temperatura, no laboratório do Departamento de Horticultura, campus Lageado, Botucatu/SP



3.5.4 Caracterização física dos frutos

- **Comprimento dos frutos (CF) e diâmetro dos frutos (DF):** analisou-se com paquímetro digital tanto o comprimento e quanto o diâmetro dos frutos (Starret 799). Os resultados foram expressos em mm.
- **Perda de massa dos frutos:** escolheram-se amostras representativas de cada repetição e pesaram-se, os frutos por um período de 9 dias, com intervalo de 3 entre as pesagens, para a quantificação da perda de massa. Os resultados foram expressos em porcentagem (%). Os cálculos foram realizados por meio da seguinte equação:

$$- \% PM = 100 - \left(MA * \frac{100}{MI} \right)$$

Sendo que:

- % PM = porcentagem de perda de massa
 - MA = massa no dia da avaliação
 - MI = massa inicial (dia zero)
- **Firmeza:** a partir de amostras representativas dos tratamentos, foi determinada a resistência à penetração dos frutos com o auxílio do penetrômetro modelo PTR 500 – Fruit Sclerometer. Foi feita a leitura em dois pontos centrais diferentes dos frutos. Os resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

3.5.5 Caracterização química dos frutos

- **Acidez titulável (AT):** os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico e o método utilizado foi com a titulação de hidróxido de sódio (NaOH) (Instituto Adolfo Lutz, 2005).
- **Sólidos solúveis (SS):** os resultados foram obtidos por meio de refratômetro digital e expressos em °Brix.
- **Índice de maturação (IM):** obteve-se o resultado por meio da relação entre o teor de sólidos solúveis e o teor de acidez titulável.

- **Ácido ascórbico (AA):** utilizou-se o método de titulação com redução do indicador 2,6-diclorofenol indolfenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico (MAPA, 2021), e expresso em mg 100 g⁻¹.
- **Potencial hidrogeniônico (pH):** utilizou-se pHmetro (Digital DMPH-2) para a medição do pH em extratos de frutos homogeneizados, de acordo com a metodologia AOAC (2005).
- **Açúcares redutores (AR), açúcar não redutores (ANR) e totais (AT):** utilizou-se espectrofotômetro Bel Photonics modelo 1105 por meio da metodologia descrita por Somogy com adaptação de Nelson (1944). Os resultados foram expressos em porcentagem.
- **Compostos fenólicos totais (CFT):** leitura em espectrofotômetro a 750 nm, após uma hora de reação com extrator de acetona (50%), de acordo com a metodologia descrita por Singleton et al., 1999. Os resultados foram expressos em ug ácido gálico 100 ml⁻¹ de amostra.
- **Carotenóides totais (CT) e antocianinas totais (ANT):** determinação por espectrofotômetro 470 nm e 537 nm, respectivamente, após uma hora de reação com extrator de acetona (80%) e solução TRIS (hydroximetil) aminomethan (20%), de acordo com a metodologia descrita por Sims e Gamon (2002). Os resultados foram expressos em mg 100⁻¹.

3.5.6 Análise estatística

O teste de Anderson-Darling foi utilizado para a análise da normalidade dos dados, na totalidade dos conjuntos de resultados. Verificou-se a homoscedasticidade por meio do teste da equação da variância (ou teste de Levenn's). Considerando o nível de significância de 0,05 de probabilidade de erro, pelo teste F, submeteram-se todos os dados à análise de variância. As médias, quando significativas, foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro e utilizou-se o programa estatístico R. Os gráficos foram elaborados por meio do software Sigmaplot.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise foliar

Os resultados obtidos mostraram que não houve variação nos teores nutricionais nas folhas de goiabeira, com exceção do ferro e do manganês (Tabela 4).

Com relação ao elemento boro, o pomar onde foi instalado o experimento, mostrava aos 5 DAP (dias após a pulverização), níveis de boro acima dos valores indicados por Natale et al. (2012), dados no Apêndice A, em estudo de cultivares de goiaba, como sendo a faixa de suficiência entre 20-25 mg kg⁻¹. Desta forma sendo atendida a suficiência nutricional para o elemento B, sem apresentar diferença estatística entre os tratamentos. Ainda observou-se que os teores foliares de macronutrientes estavam adequados, com exceção do nitrogênio, que se encontrava na parte inferior da faixa de suficiência nutricional.

Na análise de solo o teor de boro, na faixa de 0-20 cm, foi de 0,11 g dm³, enquanto em média o teor de B nas folhas foi de 48,32 g kg⁻¹.

A percolação do B no solo, em decorrência da lixiviação desse elemento, poderia explicar teores maiores do elemento nas folhas do que nas camadas superficiais do solo, uma vez que as raízes das plantas perenes conseguiriam absorver o B que se deslocou até camadas mais profundas. (ROSOLEM; BISCARO, 2007).

Tabela 4 – Teor de nutrientes em folhas de goiabeira ‘Cortibel RG’, 5 DAP (dias após a pulverização) para o teor de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco, sódio e alumínio

F	G L	Nitrogênio (g.kg ⁻¹)	Fósforo (g.kg ⁻¹)	Potássio (g.kg ⁻¹)	Cálcio (g.kg ⁻¹)	Magnésio (g.kg ⁻¹)	Enxofre (g.kg ⁻¹)	Boro (mg.kg ⁻¹)
Bloco	4	0,85 ^{ns}	2,60 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,25 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Tratamentos	3	0,56 ^{ns}	2,99 ^{ns}	1,92 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,31 ^{ns}
CV (%)		2,75	7,67	5,74	6,55	9,35	7,24	12,35
Média		15,92	2,39	14,64	20,63	3,35	5,08	48,32

F	G L	Cobre (mg.kg ⁻¹)	Ferro (mg.kg ⁻¹)	Manganês (mg.kg ⁻¹)	Zinco (mg.kg ⁻¹)	Sódio (mg.kg ⁻¹)	Alumínio (mg.kg ⁻¹)
Bloco	4	2,27 ^{ns}	0,91 ^{ns}	2,40 ^{ns}	4,12*	5,10**	5,06**
Tratamentos	3	0,21 ^{ns}	5,46**	10,18**	3,06 ^{ns}	2,67 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV (%)		13,19	4,41	4,36	4,76	8,18	9,96
Média		24,23	105,77	311,11	46,74	98,60	154,46

ns = não significativo; * = significativo a 5%; **

Quanto aos micronutrientes, ressalta-se que foi possível observar diferença estatística entre os tratamentos para os teores de ferro e manganês, tomando por referência os valores indicados no trabalho de Natale et al. (2002) (Apêndice A), foi possível verificar que valores adequados de manganês podem variar de acordo com a cultivar, mas encontram-se na faixa de 40 a 250 mg/kg.

Na literatura, encontram-se referências de correlação tanto positivas, quanto negativas a respeito da interação entre B e Mn. No experimento com *Citrus*, relatado por Papadakis et al. (2003), verificou-se que, a depender da cultivar estudada, há aumento linear no teor de Mn conforme aumenta-se a dosagem de B até um determinado limite, que, quando ultrapassado, mostra a inversão da curva de absorção. Os resultados encontrados por Lobim e Bates (1982) foram os de que, a depender da cultura, ou não há diferença estatística, ou verifica-se ora incremento, ora redução no nível de Mn, dependendo da concentração de B.

Segundo Malavolta et al. (1997), a redução no teor de ferro (Fe) e o aumento no teor de Mn nos tratamentos 3 e 4 poderiam ser explicados pela interação Fe-Mn, porque há competição pelo sítio de absorção desses dois cátions bivalentes. Com base nessa explicação, Salvador et al. (2003) determinam que o aumento no teor de Mn, na goiabeira, ocasiona redução no teor de Fe.

No presente estudo, não houve diferença estatística entre os tratamentos com dosagens crescentes de B, nos teores foliares do nutriente em folhas coletadas aos 5 DAP.

4.2 Análise de tecido vegetal – polpa de goiaba

O resultado da análise dos teores nutricionais nos frutos aos 15DAP (dias após a pulverização) não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 – Teor de nutrientes em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’, aos 15 DAP, submetidos a diferentes concentrações de boro aplicado via foliar, teores de: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, zinco, manganês e boro

	N	P	K	Ca	Mg	S
Concentrações	g kg⁻¹					
T1 = 0	7.59±0.84	0.95±0.21	7.72±1.81	0.95±0.14	0.41±0.07	0.93±0.09
T2 = 1ml L⁻¹	6.76±0.52	0.99±0.12	8.87±0.58	1.15±0.13	0.43±0.04	0.87±0.09
T3 = 2ml L⁻¹	7.49±0.95	0.97±0.07	9.00±0.69	1.33±0.17	0.45±0	0.92±0.06
T4 = 3ml L⁻¹	7.71±0.61	0.87±0.11	8.235±0.48	1.62±0.25	0.39±0.04	0.83±0.04
C.V. (%)	10,46	13,90	12,64	23,72	11,01	8,58

	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Concentrações	mg kg⁻¹				
T1 = 0	21.15±3.3	13.37±6.68	19.65±4.73	11.62±2.81	14.65±1.73
T2 = 1ml L⁻¹	22.2±3.63	11.12±3.09	19.80±1.55	12.37±2.06	14.39±0.99
T3 = 2ml L⁻¹	21.1±3.02	11.37±2.06	22.65±8.56	12.75±1.85	13.89±1.84
T4 = 3ml L⁻¹	17.25±1.08	9.87±0.25	22.05±9.06	11.25±0.65	13.87±1.93
C.V. (%)	15,99	21,96	19,28	15,74	10,76

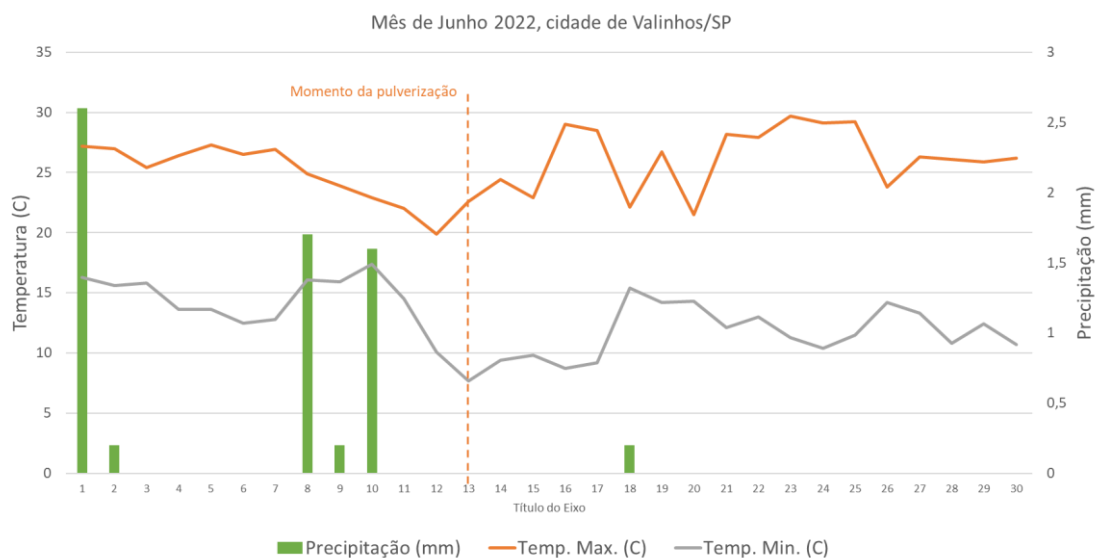
Quanto ao teor de nutrientes nos frutos, não foi identificada diferença estatística entre os tratamentos, pela análise dos frutos aos 15 DAP.

4.3 Desempenho produtivo das plantas

A colheita ocorreu em um período bastante concentrado entre o início e o final do processo (12 dias). Durante o acompanhamento do pomar, foi possível identificar boa padronização dos frutos e desenvolvimento vegetativo das árvores. O mês de junho de 2022 caracterizou-se por grandes variações de temperatura, oscilação entre as entradas de frentes frias típicas do inverno. Após as pulverizações, dia 13

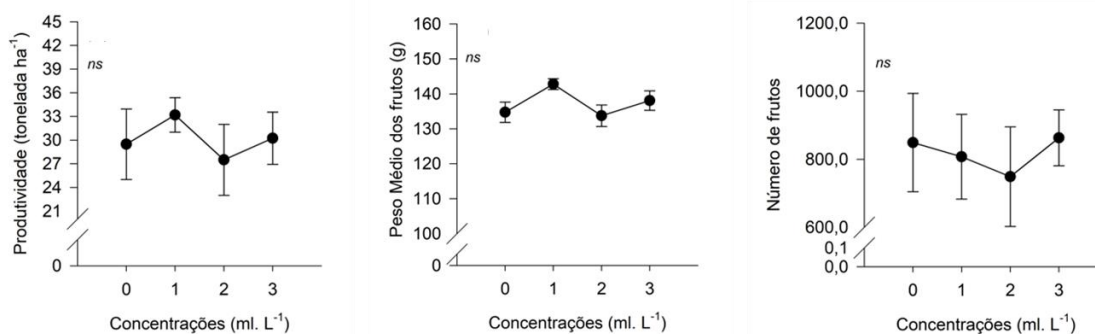
de junho/2022, houve um rápido aumento da temperatura na cidade de Valinhos/SP, o que acelerou a finalização do processo de maturação, conforme dados indicados na Figura 6.

Figura 6 – Temperaturas máximas e mínimas na cidade de Valinhos/SP, durante o mês de junho de 2022, utilizando dados disponibilizados pelo INMET, coletados pela estação automática identificada como V0516



Quanto à avaliação dos parâmetros produtivos (Figura 7), não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Figura 7 – Produtividade, peso médio e número de frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’, em função da aplicação de boro. Valinhos/SP – 2022



Os tratamentos não tiveram efeito na retenção de frutos por planta, uma vez que a frutificação efetiva já estava definida. Neste ensaio, não havia o intuito de buscar ganhos produtivos, apenas identificar a influência do B em etapa final do ciclo de produção. Não houve diferença estatística para a análise de produtividade.

Com o objetivo de identificar ganhos quanto ao efeito maturador do B, avaliou-se o fluxo em que aconteceu a colheita. Nos frutos relativos ao tratamento com 3ml l⁻¹ de boro monoetanolamina (T4), a colheita concentrou-se aos 17 DAP (dias após a pulverização), indicando uma possível influência do tratamento com boro (T4 3ml l⁻¹), na mudança de coloração da casca, indicador utilizado à campo para que o fruto fosse colhido (Figura 8).

Figura 8 - Fluxo de colheita da goiabeira ‘Cortibel RG’, indicando o número de frutos colhidos durante o espaço compreendido pela colheita, tendo por referência DAP (dias após a pulverização) dos tratamentos com boro

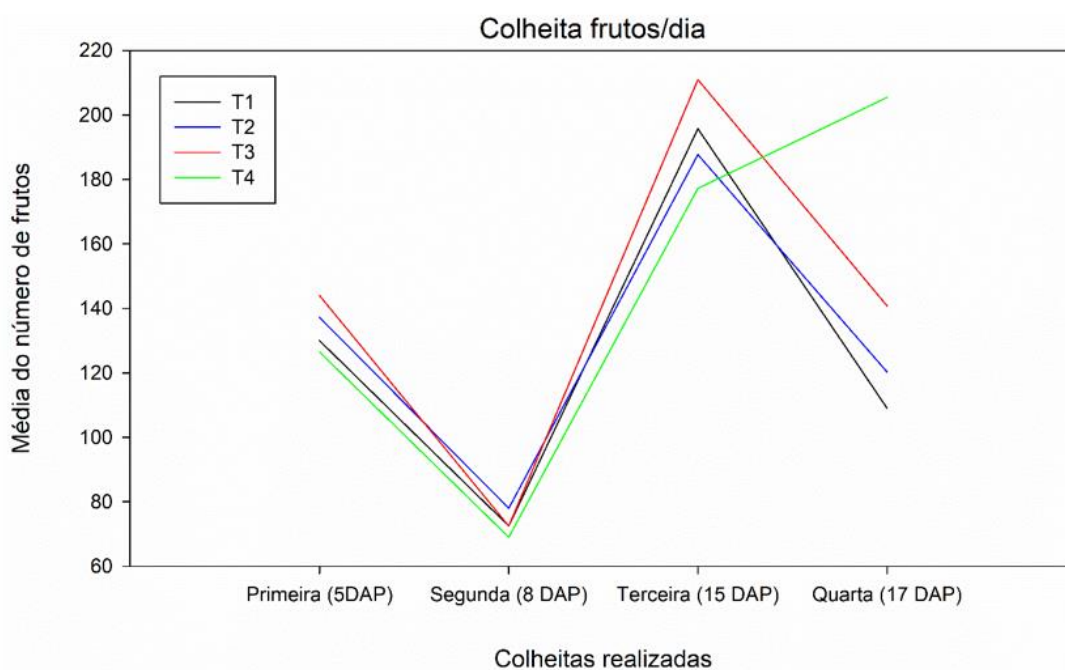
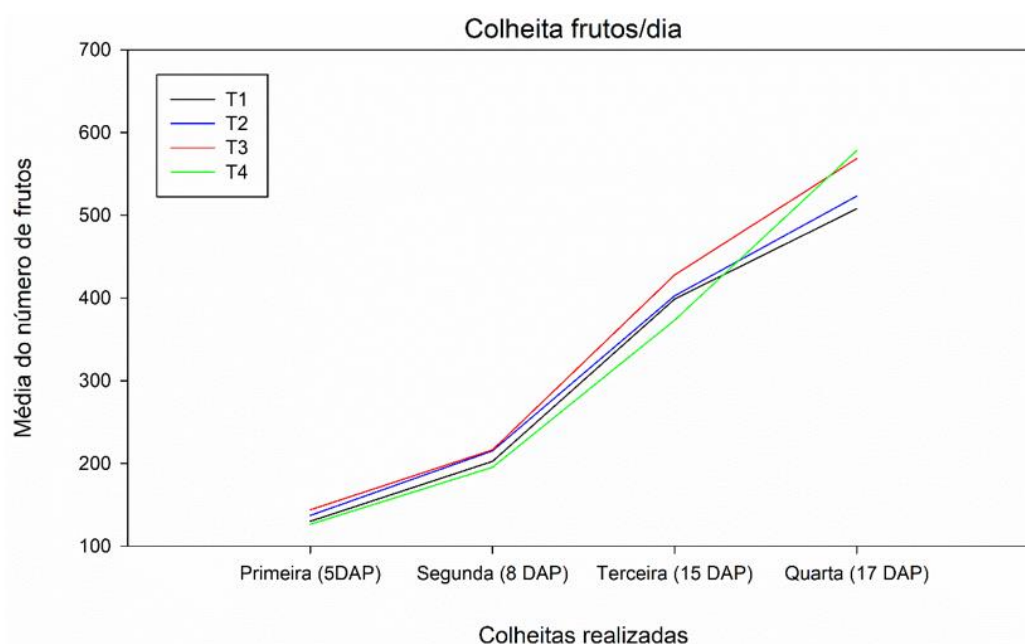


Figura 9 – Somatória de frutos colhidos durante o espaço compreendido pela colheita, tendo por referência DAP (dias após a pulverização) dos tratamentos com boro



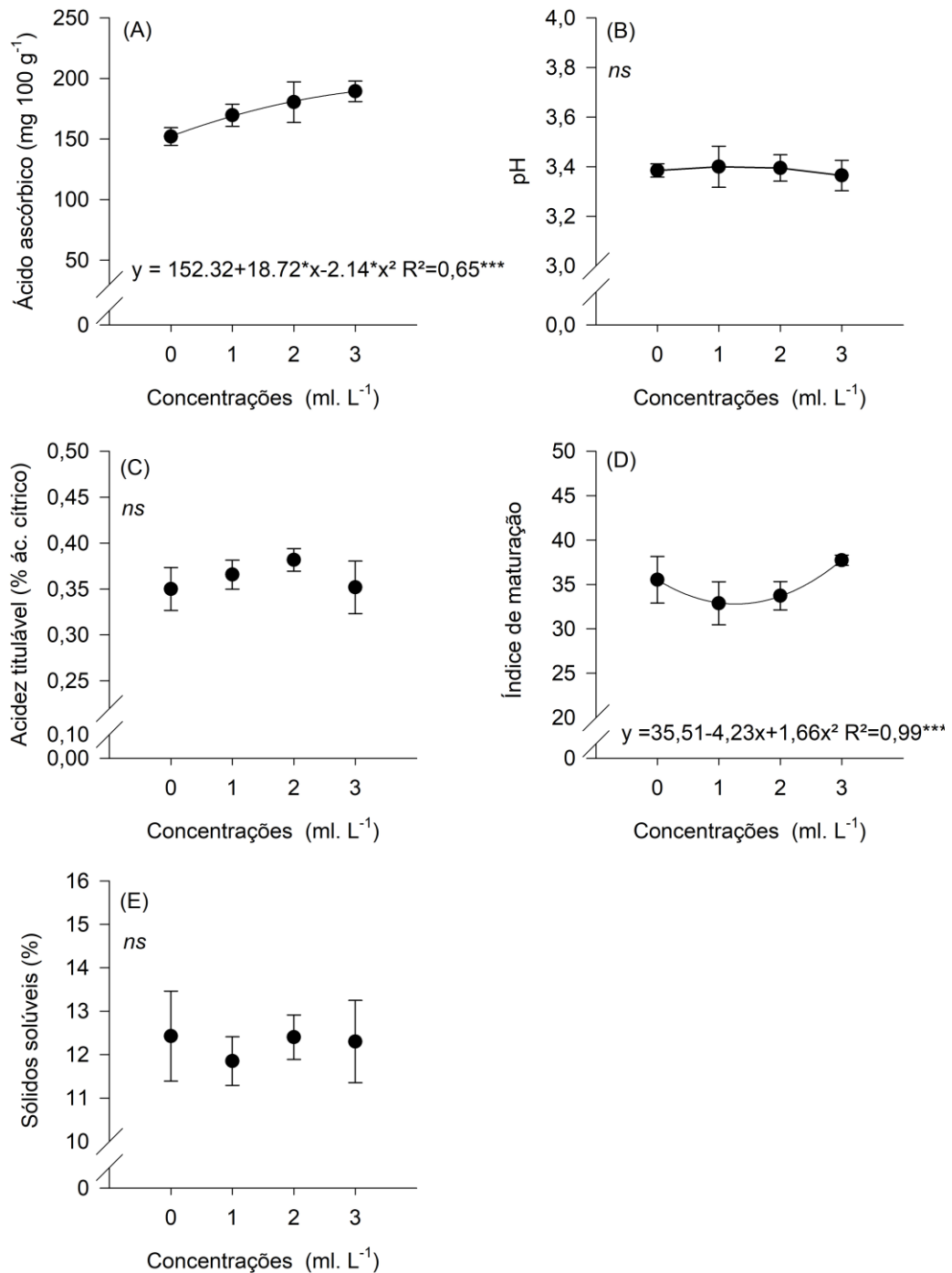
Ainda considerando o fluxo de colheita (Figura 9), vale ressaltar que o tratamento com maior concentração de B (T4 3ml l⁻¹), tanto concentrou a colheita, quanto manteve os frutos por mais tempo nas árvores, em estágio de maturação. Esse resultado nem sempre é o esperado, dado que Arora e Singh (1972), em goiabas, e Brackmann et al. (2016) e Nunes (2016), em maçãs, observam resultados contrários, ou seja, nesses trabalhos houve aceleração na maturação. Em maçãs, a aplicação de B em pré-colheita acelerou a maturação por causa da maior produção de etileno, possibilitando a colheita precoce (BRACKMANN et al., 2016; NUNES, 2016).

4.4 Caracterização dos frutos

Aos 5 DAP (dias após a pulverização), amostra única foi enviada ao laboratório e foram realizadas análises físico-químicas dos frutos. Não houve variação para às variáveis acidez titulável, sólidos solúveis e pH. Apesar do curto espaço de tempo entre a instalação do ensaio e esta análise, foi possível identificar diferença estatística quanto ao teor de ácido ascórbico e o índice de maturação. Observaram-se ganhos crescentes e proporcionais, de acordo com as

concentrações aplicadas em cada tratamento, com destaque para o tratamento T4 (3ml l-1) (Figura 10).

Figura 10 – Concentração de ácido ascórbico, pH, acidez titulável, índice de maturação e sólidos solúveis em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’ aos 5 DAP (dias após a pulverização)



O aumento dos teores de ácido ascórbico foi o primeiro “sinal fisiológico”, desencadeando, na etapa seguinte às reações de estímulos fisiológicos relacionadas à maturação dos frutos. De acordo com Rogalla et al. (2002), o elemento B tem papel importante na síntese de ácido ascórbico, e este é cofator para ativar outras rotas metabólicas relacionadas à maturação dos frutos, conforme reportado por Tucker (1993) e Barata-Soares et al. (2004). Os autores relacionam a variação de concentração do ácido ascórbico à atuação de antioxidantes como o ascorbato, durante o processo de maturação dos frutos.

A correlação entre as concentrações de B e o teor de ácido ascórbico vem ao encontro das referências apresentadas anteriormente, inclusive, Rawat et al. (2010) verificou que a pulverização foliar de B na concentração de 0,4% resultou em aumento no teor de ácido ascórbico na cultivar de goiaba ‘L-49 Sadar Guava’. Tal correlação entre B e os teores encontrados em goiaba também foi registrada por Yadav et al. (2018) e Baranwal et al. (2017).

A associação entre ascorbato e outros fatores relacionados ao processo de maturação, como antocianinas e etileno são reiterados pelos trabalhos de Gest et al. (2013) e Baldet et al. (2014), sendo que o último identificou o ascorbato como cofator da enzima ACC oxidase que catalisa a última etapa da biossíntese do etileno.

A relação entre o B e açúcares como manitol e sorbitol, relacionados ao transporte de carboidratos está presente no trabalho de Wimmer et al. (2002). Os autores verificaram que os complexos B-sorbitol e B-manitol estavam presentes na seiva do floema. Também, Brown et al. (2002a) mostraram que a expressão do gene Sorbitol-6-fosfato desidrogenase, em algumas espécies, está envolvida na indução da mobilidade do B no floema.

Com relação às reações metabólicas que acontecem no processo de maturação, segundo Taiz et al. (2017), os açúcares não redutores seriam os principais açúcares transportados no floema. Dentre eles, tem-se: sacarose, sacarose ligada a moléculas de galactose, manitol e sorbitol. Dessa forma, é possível inferir que os três açúcares estão relacionados ao B e são responsáveis por atuar na redistribuição de carboidratos nas espécies que dispõem da produção de polióis.

Considerando-se que, tanto o sorbitol quanto o manitol impactam na concentração de sólidos solúveis nos frutos, logo, durante esse processo de

maturação, eles cumprem seu papel na translocação de carboidratos e passam a substituir açúcares simples como a manose e a glicose em frutos durante a maturação. Yamaki (2010) também corrobora com essa observação, reportando que enquanto o sorbitol é convertido em frutose ou glicose pela sorbitol desidrogenase, o manitol é convertido em frutose pela enzima manitol desidrogenase. O autor explica que há aumento na atividade da sorbitol desidrogenase no estágio de maturação.

Após o início da colheita, o pico ocorreu aos 15 DAP (dias após a pulverização). Nessa etapa da avaliação, as análises físico-químicas apresentaram diferenças significativas, quando comparadas às obtidas aos 5 DAP, para as seguintes variáveis: acidez titulável, sólidos solúveis, índice de maturação, açúcares não redutores e compostos fenólicos totais (Figuras 11 e 12). Aos 5 DAP os teores médios de ácido ascórbico apresentavam diferença entre os tratamentos. Contudo, aos 15 DAP isso não se repetiu, o que indicou a mudança para uma segunda etapa metabólica no processo de maturação dos frutos.

Figura 11 – Ácido ascórbico, pH, acidez titulável, índice de maturação e sólidos solúveis em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’ aos 15 DAP (dias após pulverização), análise realizada no momento da colheita 0 DAC (dias após a colheita)

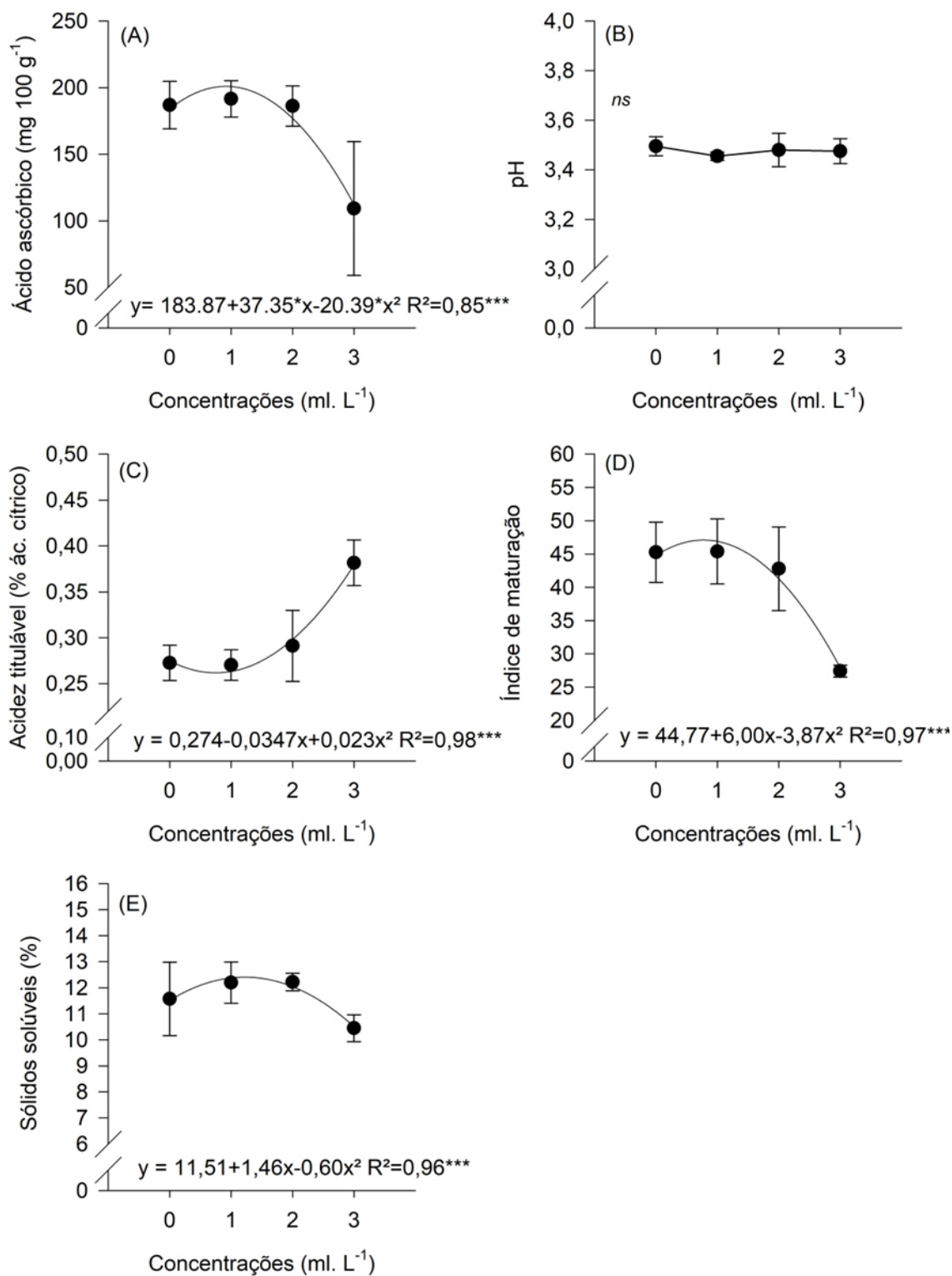
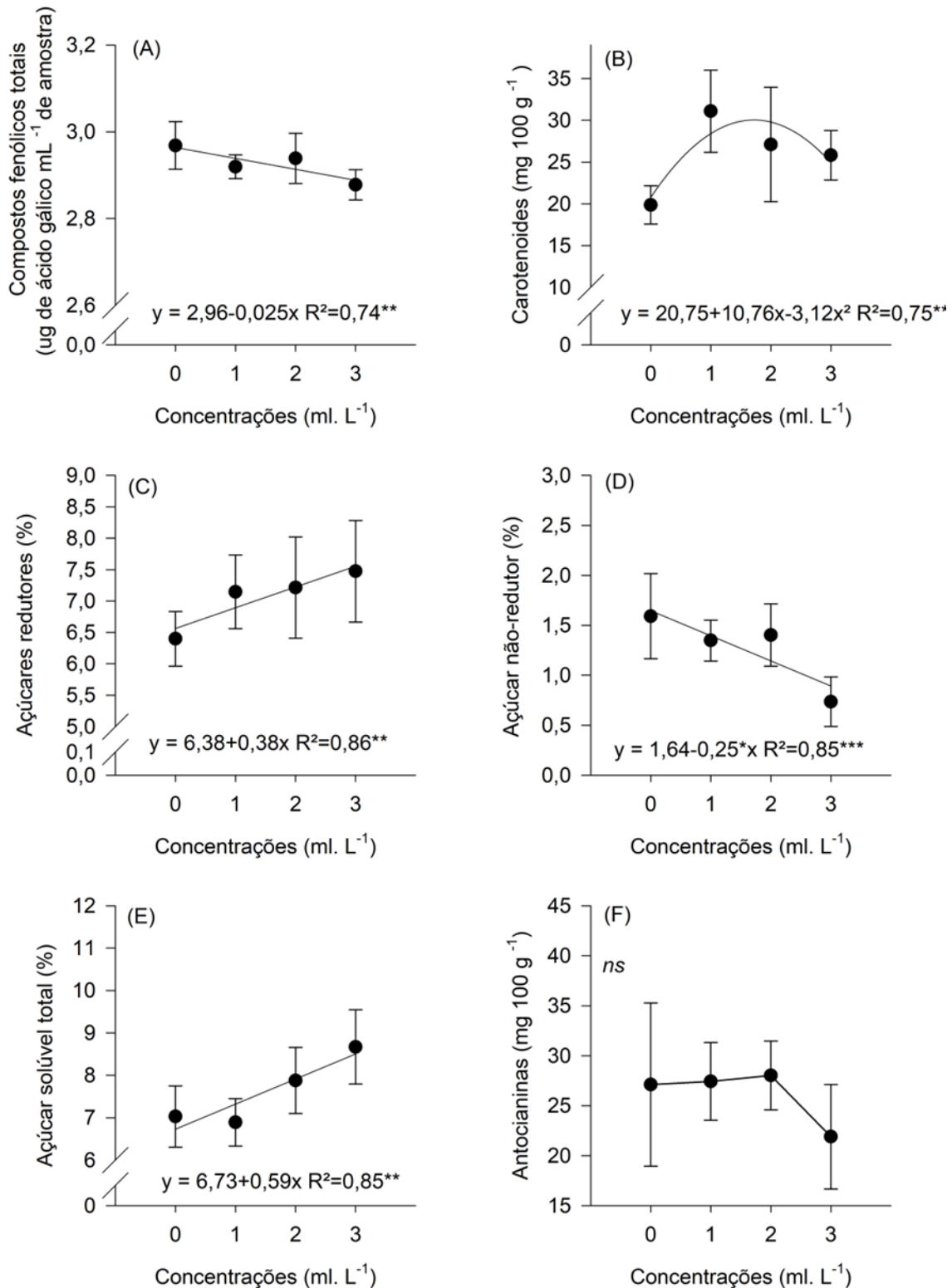


Figura 12 – Compostos fenólicos totais, carotenóides totais, açúcar redutor, açúcar não redutor, açúcar total e antocianinas totais em frutos de goiabeira ‘Cortibel RG’ 15 DAP (dias após a pulverização), análise realizada no momento da colheita 0 DAC (dias após a colheita)



As análises realizadas demonstraram que ocorreu processo diferenciado de maturação entre os tratamentos (Figura 11). Houve uma indicação de que foi acelerado o processo de maturação para o tratamento T4 (3ml L⁻¹), sendo possível identificar nas análises sequenciais (Figuras 11 e 12), que os frutos referentes aos tratamentos T1, T2 (1ml L⁻¹) e T3 (2ml L⁻¹) entraram em processo inicial de maturação fisiológica posteriormente.

Nas análises realizadas no dia da colheita, considerando quinze dias desde a pulverização do boro (0 DAC), o T4 (3ml L⁻¹) já apresentava características relativas ao segundo passo metabólico da maturação, nos teores de açúcares redutores e não redutores e teor de açúcares totais. Também foi evidenciada a redução dos compostos fenólicos totais, que são encontrados em maior concentração em frutos imaturos.

Nas análises realizadas em 0 DAC (dias após a colheita), (Figuras 11 e 12), o grupo de tratamentos que recebeu boro, apresentou resultado similar e proporcional ao aumento da concentração do nutriente.

Tais resultados também foram verificados por Manica et al. (1998), quanto aos teores de sólidos solúveis totais poderem ser considerados para a determinação aproximada dos teores de açúcares. Ademais, são essenciais para a manutenção das propriedades organolépticas da goiaba, em especial, o sabor e o aroma. O IM (índice de maturação) também foi indicado por Manica et al. (1998), e Cavalini et al. (2015), os quais relataram que a relação SS/AT também é referência no estado de maturação em goiabas, tal índice também influencia na palatabilidade dos frutos, pois está diretamente relacionado ao sabor, uma vez que aqueles com menor valor de índice de maturação apresentam sabores menos agradáveis.

Azzolini et al. (2004a) consideraram que os teores de sólidos solúveis, a relação SS/AT e o teor de ácido ascórbico exercem influência nas propriedades organolépticas. Portanto, influenciaram nos parâmetros nutricionais e de qualidade da goiaba. Chitarra (1996) propuseram que a relação apresentada pelo índice de maturação, em conjunto com outros parâmetros, pode ser uma referência de qualidade para a goiaba. É possível correlacionar isso aos dados apresentados na Figura 11, resultado que sinalizou o movimento metabólico atrelado ao avanço do processo de maturação dos frutos avaliados.

Considerando-se que o processo de maturação é uma rota de oxidação coordenada por grande número de enzimas, tem-se o ácido ascórbico como um

forte antioxidante, conforme explica Jimenez et al. (2002), uma vez que o ácido ascórbico pode promover a remoção das espécies reativas de oxigênio (EROs). Foi possível, nas análises realizadas aos 5DAP e 15DAP, determinar a máxima concentração de ácido ascórbico e sua sequencial queda (Figuras 10 (A) e 11 (A)).

Como resposta à primeira reação metabólica aos 5DAP, em que foi determinada a maior atuação do ácido ascórbico nos tratamentos com incremento de B, foi possível visualizar que tal estímulo apresentou-se correlato a variação das concentrações (Figura 10 (A)), e com o avançar do processo de maturação, aos 15DAP, apenas a maior concentração empregada nesse ensaio (T4 – 3 ml L⁻¹) apresentou, com resultados significativos, indicadores diferenciados dos demais tratamentos quanto ao impacto sobre as variáveis avaliadas no processo de maturação, com estaque para acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e índice de Maturação (IM) (Figura 11, gráficos C, E e D).

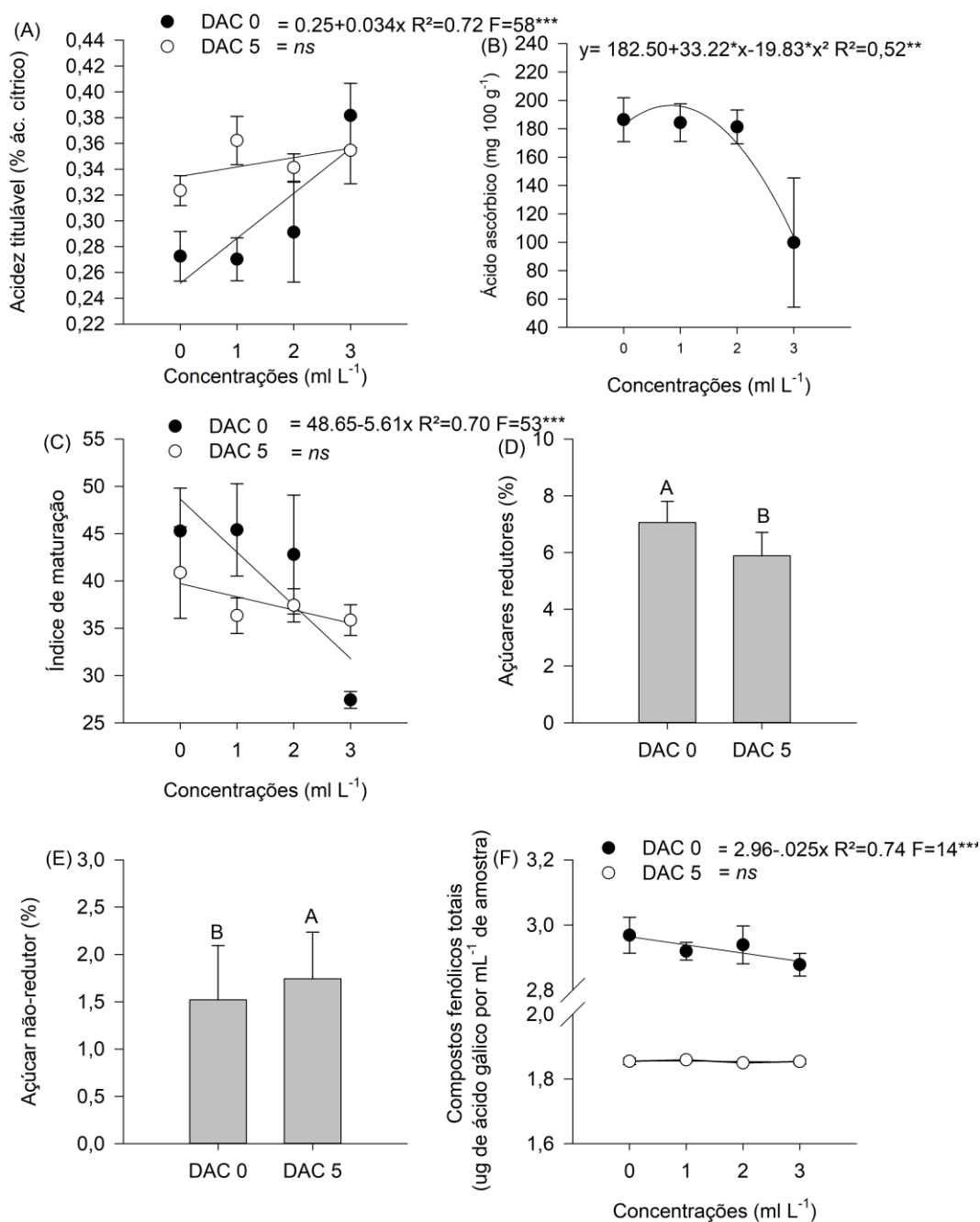
Ainda considerando os dados auferidos durante a avaliação em 0 DAC, houve resultado indicando que o processo de maturação estava acontecendo em fluxo diferenciado para T1, T2 (1ml L⁻¹) e T3 (2ml L⁻¹), quando comparado com o tratamento T4 (3ml L⁻¹) (Figuras 11 e 12). O adiantamento do processo de maturação no T4 foi evidenciado através do aumento nos teores de açúcares totais solúveis (%) e o aumento da acidez titulável (% ac. cítrico), corroborando com o que foi determinado por Bashir e Abu-Goukh (2003), os quais verificaram que o total de sólidos solúveis e de açúcares aumentaram com a progressão da maturação, sendo que o aumento mais significativo no teor de açúcar ocorreu após o pico respiratório do climatério. Os autores enfatizaram que o aumento nos sólidos solúveis e nos açúcares totais pode ser explicado pela hidrólise do amido em açúcar.

O teor de acidez titulável (AT) mostrou diferença quanto à resposta das plantas às concentrações de B, notadamente para os valores do tratamento T4 (3ml L⁻¹) (Figura 15 C). Esses resultados podem indicar que os frutos submetidos a este tratamento, estavam em etapa posterior aos demais, dado que o processo de maturação é um processo oxiredutor, ocorreu acidificação do meio frente ao processo de transição, entre açúcares redutores e não redutores.

Ficou demonstrado, nas amostras analisadas aos 05 DAC (Figura 3) resultados que complementaram o efeito identificado pela ação das diferentes concentrações de B, propostas pelo presente trabalho. Verificou-se efeito

significativo nas variáveis físico-químicas como índice de maturação, ácido ascórbico, açúcares totais, açúcar não redutores e antocianinas totais (Figura 13).

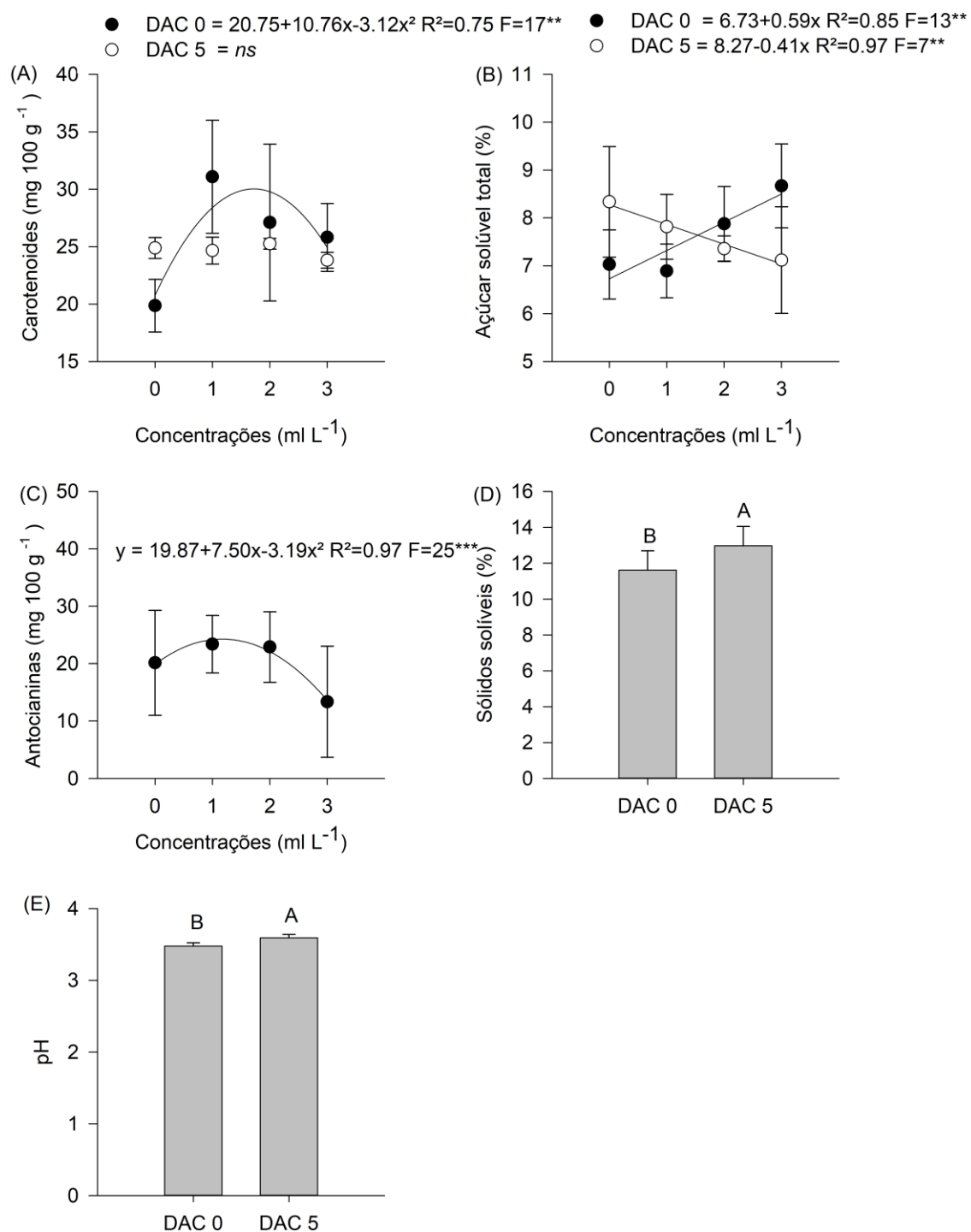
Figura 13 – Resultados das análises realizadas em 0 DAC (dias após a colheita) e 5 DAC (dias após a colheita), para os seguintes parâmetros: acidez titulável, ácido ascórbico, índice de maturação, açúcares redutores, açúcar não-redutor e compostos fenólicos totais



Os resultados mostraram que o processo de maturação dos frutos referentes ao tratamento T4 (3ml L⁻¹) apresentou aos 20 dias após a aplicação dos tratamentos com boro (5 DAC – dias após a colheita), valores iguais entre os tratamentos, tanto para acidez titulável quanto para índice de maturação. Também foi possível verificar que os compostos fenólicos totais também foram iguais neste período e em valores inferiores, ao que foi identificado no início das análises.

Figura 14 – Resultados das análises realizadas em 0 DAC (dias após a colheita) e 5 DAC (dias após a colheita), para os seguintes parâmetros: carotenoides, acidez titulável, antocianinas, sólidos solúveis e pH em frutos de goiabeira

‘Cortibel RG’

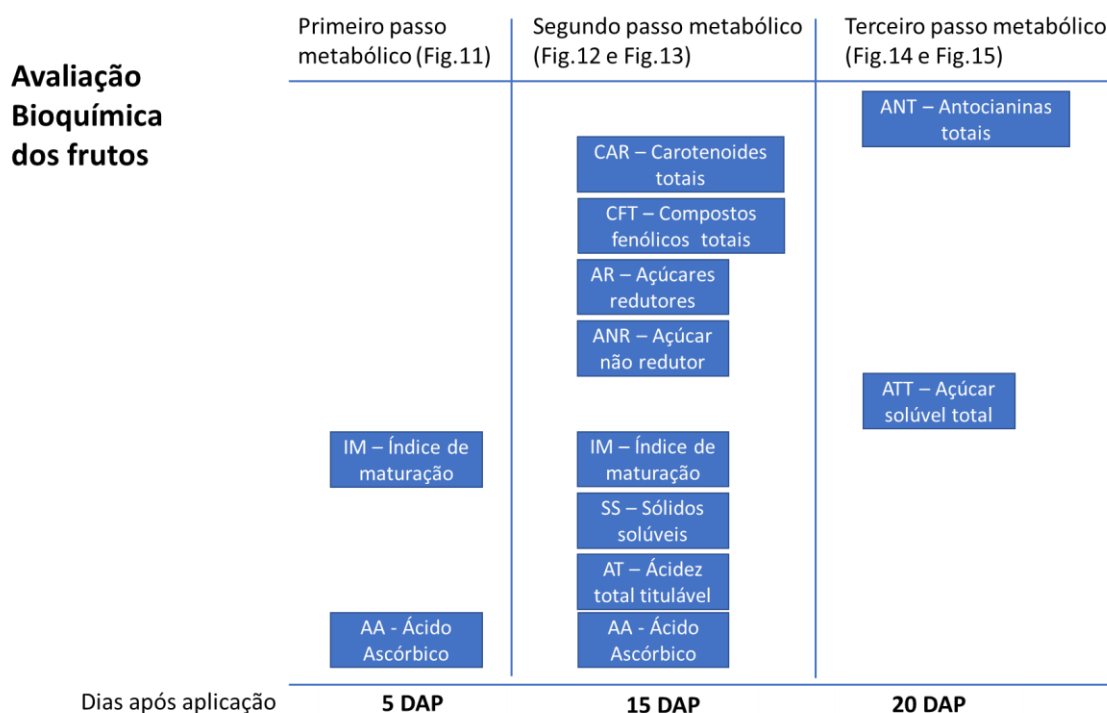


Foi possível identificar que elementos relacionados a pigmentação, como os carotenóides, aos 20 dias após a pulverização (5DAC) mostram que os frutos, independente dos tratamentos com boro, atingiram o mesmo patamar, no intervalo de cinco dias entre as análises, a marcha metabólica eliminou as diferenças para este parâmetro (Figura 14). Tal resultado corrobora com o que foi observado por Jain et al. (2001) que, em seu estudo, verificaram aumento dos teores de carotenoides na maturação da goiaba.

Quanto a antocianina não foi possível estabelecer uma curva resposta, o mesmo aconteceu com relação ao teor de sólidos solúveis e pH, onde os resultados foram diferentes entre os momentos avaliados, mas não foi possível construir uma curva resposta. Com relação ao teor de antocianina, um trabalho de Ageorges et al. (2014), indica que o acúmulo das antocianinas, inicia-se durante a maturação e estabiliza-se ou decresce conforme se aproxima o estágio de colheita.

Foi possível visualizar nos resultados dessas análises que os processos metabólicos seguiram em equilíbrio e sequenciamento, de acordo ainda com o proposto por Gest et al. (2013) e Baldet et al. (2014) (Figura 15).

Figura 15 – Fluxograma de identificação dos marcadores bioquímicos, em cada etapa metabólica, envolvidos no processo de maturação dos frutos de goiabeira



Para a elaboração da Figura 15, foram selecionadas as variáveis que apresentaram diferença estatística nos três momentos em que as análises foram realizadas.

Foi possível identificar que no momento identificado como “Primeiro passo metabólico”, apenas dois parâmetros analisados apresentaram resultados significativos, sendo que o teor de ácido ascórbico (AA) teve destaque, diferindo os tratamentos quanto ao teor de AA na ordem de $T4 > T3 > T2 > T1$. Enquanto o índice de maturação (IM), mostrou pequeno diferencial entre os tratamentos, destacando um detalhe importante quanto a amplitude dos dados, sendo o T4 com a maior uniformidade comparado aos demais.

Entende-se que o aumento de ácido ascórbico seja a primeira sinalização metabólica oriunda dos tratamentos propostos, em apoio ao processo de maturação dos frutos. Vale lembrar que o ácido ascórbico é a forma reduzida do ascorbato, que, de acordo com Gest et al. (2013), é cofator enzimático essencial para a síntese de compostos importantes para o desenvolvimento dos frutos, tais como: o etileno, o

ácido giberélico, antocianinas e os flavonoides. No que tange ao processo de maturação dos frutos, Baldet et al. (2014) indicam que o ascorbato é cofator da enzima ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) oxidase que catalisa a última etapa da biossíntese do etileno. Nessa etapa, a maturação dos frutos foi acelerado sob o aspecto fisiológico, com destaque para o tratamento T4 (3ml L⁻¹).

No “Segundo passo metabólico”, fez-se referência ao estudo de Mercado-Silva et al. (1998), na qual os autores concluíram que o aumento na concentração do ácido ascórbico estaria associado à síntese de metabólicos intermediários, relacionados à degradação de polissacarídeos da parede celular. As variáveis destacadas no segundo passo metabólico, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) e o seu quociente representam o índice de maturação (IM) e dão a indicação de que os processos de maturação estão relacionados à transformação de amido (açúcar de reserva). Bashir e Abu-Goukh (2003) que ao avaliarem as alterações na composição físico-químicas de goiabas na maturação, no que concerne ao total de sólidos solúveis e de açúcares, verificaram que houve aumento nesses compostos, com a progressão da maturação.

Tal aumento pode ser explicado pela hidrólise do amido em açúcar e pela correlação entre o aumento mais significativo desses açúcares com o pico respiratório. Nesse passo metabólico, os tratamentos T1 (controle), T2 (1 ml L⁻¹) e T3 (2 ml L⁻¹) apresentaram a mesma performance. Os resultados do T4 (3 ml L⁻¹) foram diferentes, em comparação com os demais parâmetros.

Após a colheita, frutos caracterizados como de hábito climatéricos seguem o processo de maturação, com picos respiratórios que são muitas vezes associados ao pico de concentração de ácido ascórbico. No presente estudo, no tratamento T4 (3 ml L⁻¹) houve queda dos terrores de AA e do IM, dado que os maiores valores ocorreram na etapa anterior., Neste segundo passo o T4 (3 ml L⁻¹) segue a frente dos demais tratamentos, onde AT, AR e ANR ganharam destaque no processo de maturação.

Uma outra rota metabólica pode ter sido corresponsável pela baixa nos teores de AA, dado ao potencial de concentrações altas do elemento boro, causarem danos aos tecidos vegetais, apresentou-se uma hipótese para o que foi observado com o tratamento T4 (3ml L⁻¹) é que o efeito detox, também associado ao ascorbato, superou o estímulo dado pelo ascorbato sobre a ACC oxidase. Prevaleceu o efeito protetor contra as EROs. Isso está em conformidade com as observações de Pech

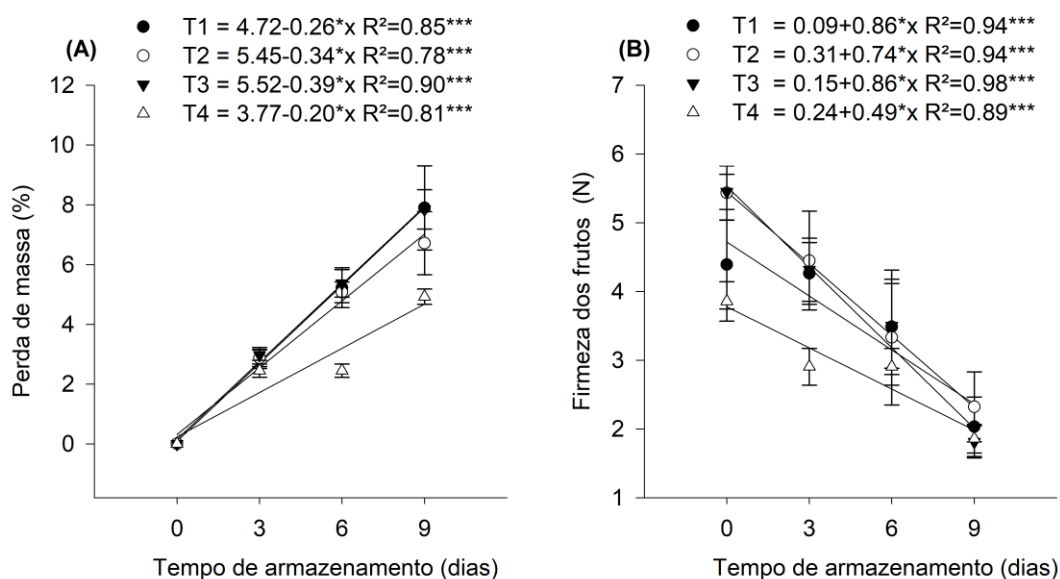
et al. (2014). Segundo os autores, o sistema antioxidante que detoxifica as EROs incluem enzimas do ciclo ascorbato glutationa, que são uma série de reações redox que envolvem a ascorbato peroxidase.

No terceiro passo metabólico, algumas variáveis foram substituídas, em clara sequência desse dinâmico processo metabólico relacionado à maturação dos frutos. Houve o avanço de ATT, AA e ANT, indicando que o processo de maturação foi diferente entre os tratamentos, e mostrando que o T4 (3 ml L⁻¹) apresentava resultados diferentes dos demais, T1 (controle), T2 (1 ml L⁻¹) e T3 (2 ml L⁻¹), que apresentaram evolução nos parâmetros de maturação, mas atrasados em comparação com o T4 (3 ml L⁻¹). Em concomitância, havia esta perspectiva bioquímica que indicava possíveis diferenças potenciais, sendo o T4 (3 ml L⁻¹), quanto aos parâmetros bioquímicos, apresentou frutos prontos para a comercialização, antes dos demais tratamentos.

4.5 Pós-colheita

Para auxiliar no entendimento dos parâmetros bioquímicos identificados nas etapas anteriores, foram apresentados a seguir, os resultados das análises realizadas, sobre amostra colhida no pico da colheita, aos 15 DAP (dias após a pulverização), sendo a amostra proporcional a um terço do total de frutos colhidos.

Figura 16 – Relação entre tempo de armazenamento, perda de massa e firmeza dos frutos, em amostra de frutos da goiabeira ‘Cortibel RG’, coletadas aos 15 DAP (dias após a pulverização)



Legenda: T1: 0 T2: 1 ml L⁻¹ T3: 2 ml L⁻¹ T4: 3 ml L⁻¹

Houve interação entre o fator “tempo de armazenamento” e os tratamentos, com destaque para a perda de massa apresentada pelo tratamento T1 (controle) e as concentrações crescentes de B, conforme apresentado na Figura 16. Quanto aos tratamentos T3 (2 ml L⁻¹) e T4 (3 ml L⁻¹), o índice de perda de massa foi menor e estatisticamente diferente.

Tal resultado reforça as observações realizadas nas etapas anteriores, em que se identificou resposta significativa quanto aos parâmetros de maturação. Isso denota potenciais ganhos de pós-colheita no quesito de manutenção dos frutos, por um período maior do que aquelas que não receberam o suporte dado pelas concentrações de B, pontuando o tratamento T4 (3 ml L⁻¹) com destaque quanto a este quesito.

Com relação ao tema pós-colheita, a relação encontrada entre os parâmetros firmeza de fruto e perda de massa, são concomitantes ao apoiar a proposta de uso do boro em fase final do desenvolvimento dos frutos.

Um parâmetro importante nesta etapa é dado pela avaliação da firmeza dos frutos. Conforme indicado pelas curvas apresentadas na Figura 16, desde o momento inicial foi possível identificar diferenças estatísticas entre os tratamentos.

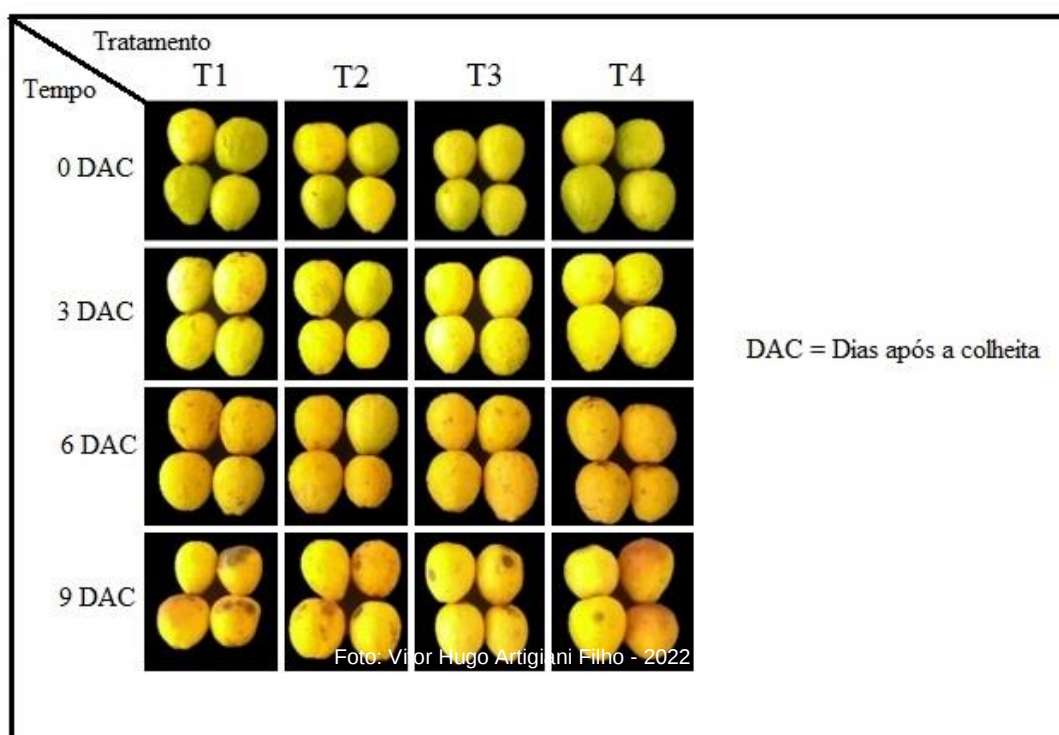
Porém na análise gráfica, fica nítido que, se ao final do período de avaliação (9 dias) todos os tratamentos alcançaram o mesmo patamar, a velocidade com que isso aconteceu foi diferente.

A inclinação das curvas de firmeza denota que, comparativamente com a testemunha T1 (controle), o tratamento T4 (3ml L⁻¹) teve inclinação similar e, em patamar menor e, mesmo havendo diferença quanto ao estágio de maturação dos tratamentos no momento inicial das avaliações de pós-colheita, o T4 (3 ml L⁻¹) não demonstrou perda diferenciada do parâmetro Firmeza.

Quanto aos tratamentos T2 (1 ml L⁻¹) e T3 (2 ml L⁻¹), valem alguns destaques, pois ambos apresentaram comportamento distintos da testemunha e do tratamento T4 (3 ml L⁻¹), sendo que a análise gráfica mostra curvas acentuadas quando comparadas com a testemunha, especialmente o T3 (2 ml L⁻¹) que demonstrou perda acelerada da firmeza). Considerando ainda os tratamentos T2 (1 ml L⁻¹) e T3 (2ml L⁻¹), ambos estavam no início da avaliação, com a polpa muito endurecida comparada aos tratamentos T1 (controle) e T4 (3 ml L⁻¹), indicando estágio de maturação atrasado em comparação aos demais tratamentos.

Algumas citações da literatura auxiliam no entendimento deste resultado, como o que foi relatado por Islam et al. (2016) ao afirmarem que a aplicação de B reduz a taxa de respiração e, assim, a degradação das estruturas celulares ocorreria mais lentamente, o que favoreceria a firmeza dos frutos no pós-colheita e, portanto, a qualidade dos frutos e maior “shelf-life”. Davis et al. (2003) observaram que o B reduz as rachaduras na casca do tomate e, portanto, aumenta a vida útil em pós-colheita. Singh et al. (2007), em morangos, não encontraram diferença significativa na firmeza de frutos com pulverização de B.

Figura 17 - Evolução dos estádios de maturação dos frutos durante as etapas de avaliação



A avaliação visual do registro fotográfico do experimento (Figura 17) também corrobora com os dados analisados em laboratório. Enquanto identificam-se perdas severas de qualidade nos frutos do tratamento controle, o mesmo efeito aparece de forma gradual e menor nos tratamentos T2 (1 ml L^{-1}), T3 (2 ml L^{-1}) e T4 (3 ml L^{-1}).

4.6 Considerações Finais

O estudo apresentou em diferentes momentos e etapas avaliadas, respostas que se ainda não são totalmente elucidadas para todos os pontos identificados, abrem oportunidades para a continuação ou mesmo busca por abordagens diferentes sobre a interação entre o elemento B e os processos de maturação. Houve relação positiva quanto às concentrações de B e os processos fisiológicos relacionados à maturação de frutos da goiabeira.

As concentrações de B diferiram significativamente quanto ao aumento do teor de ácido ascórbico, com destaque para o tratamento T4 (3 ml L^{-1} ou $180,84 \text{ g de B/ha}$). Os teores de AA e as análises bioquímicas, fundamentaram um melhor

entendimento, quanto ao potencial uso do nutriente boro em fase final da produção da goiabeira. Além disso, não foram identificados sintomas de fitotoxidez nas folhas ou frutos, relativos às diferentes concentrações de boro aplicadas por pulverização foliar.

Os resultados também identificaram o efeito benéfico para o tratamento T4 (3 ml L⁻¹) nos parâmetros de pós-colheita avaliados, tanto com relação a manutenção da firmeza dos frutos quanto a menor perda de massa.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de boro apresentou resultados na maturação dos frutos de goiabeira 'Cortibel RG'.

A aplicação foliar de boro, na dosagem de 180,84g de B/ha resultou na menor perda de massa em pós-colheita e a antecipação do ponto de colheita, dado por parâmetros bioquímicos.

REFERÊNCIAS

- ABOU SEEDA, M. A.; ABOU EL-NOUR, E. A. A.; YASSEN, A. A.; HAMMAD, S. A. Boron, Structure, Functions and Its Interaction with Nutrients in Plant Physiology. A Review. **Middle East Journal of Agriculture Research**, v. 10, n. 1, p. 117-179, 2021. DOI: 10.36632/mejar/2021.10.1.9. Disponível em: <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2021/mejar.2021.10.1.9.pdf>. Acesso em: 1 set. 2022.
- ABREU, J. R. de; SANTOS, C. D. dos; ABREU, C. M. P. de; PINHEIRO, A. C. M; CORRÊA, A. D. Ripening pattern of guava cv. Pedro Sato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 2, p. 344-350, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/36PjjgcHCwKZ578KRBH9wbF/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 4 set. 2022.
- AGEORGES, A.; CHEYNIER, V.; TERRIER, N. Polyphenols. In: NATH, P.; BOUZAYEN, M.; MATTO, A. K.; PECH, J.C. (orgs.) *Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics*. Boston, MA: CABI, 2014. (p. 151-177).
- AGUIAR, A. T. da E. GONÇALVES, C.; PATERNIANI M. E. A. G. Z. et al. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7.^a Ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. 452 p. (Boletim IAC, n.º 200)
- ALTENDORF, S. Minor Tropical Fruits: Mainstreaming a niche market. In: **Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/3/CA0239EN/ca0239en.pdf>. Acesso em: 3 mai. 2022.
- ANUÁRIO brasileiro de horti&fruti 2021**. KIST, B. B. et al.(eds). Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2021. Disponível em: https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2021/04/HORTIFRUTI_2021.pdf. Acesso em: 3 mai. 2022.
- AOAC Official methods of analysis**. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2005.
- APEDA. **Indian Production of GUAVA year 2019-2020**. New Delhi: APEDA Agri Exchange. Disponível em: https://agriexchange.apeda.gov.in/India%20Production/India_Productions.aspx?cat=fruit&hscod=1046. Acesso em: 3 mai. 2022.
- ARÉVALO-MARÍN, E.; CASAS A.; LANDRUM L.; SHOCK, M.P.; ALVARADO-SIZZO, H.; RUIZ-SANCHEZ, E.; CLEMENTE, C.R. The Taming of Psidium guajava: Natural and Cultural History of a Neotropical Fruit. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, n. 714763, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.714763. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.714763/full>. Acesso em: 3 set. 2022.
- ARORA, J. S.; SINGH, J. R. Responses of Guava (*Psidium guajava* L.) to Boron Spray's. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 41, n.3, p. 239-244, 1972. Disponível em:

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshs1925/41/3/41_3_239/_pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

AZAM, M.; HAMEED, L.; QADRI, R.; SHAGHEF, E.; ASLAM, A.; KHAN, M. I.; SHEN, J.; ZHANG, J.; NAFFES, M.; AHMAD, I.; GHANI, M.; CHEN, J.; ANJUN, N.

Postharvest ascorbic acid application maintained physiological and antioxidant responses of Guava (*Psidium guajava* L.) at ambient storage. **Food Science and Technology**, v. 41, n.3, p. 748-754, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.19820>.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/V9PMCjC3hHtmLswm7rzq5DC/?lang=en>. Acesso em: 3 jul. 2022.

AZZOLINI, Marisa. **Fisiologia pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato': estádios de maturação e padrão respiratório**. 2002, 100 f. Dissertação Mestrado (Mestre em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. DOI:10.11606/D.11.2003.tde-25022003-140356. Disponível em:

<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11144/tde-25022003-140356/publico/marisa.pdf> . Acesso em: 4 abr. 2022.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; SPOTO, M. H.F. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 29-31, 2004a. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbf/a/FQSJ9LGvmcgz6R3dQCWQxJQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 abr. 2022.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I.U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.139-145, 2004b. Disponível em:

[https://www.scielo.br/j/pab/a/7BqmYmz5VDCm39pFXYq6Hbf/?lang=pt&format=pdf#:~:text=em%20diferentes%20est%C3%A1dios%20de%20matura%C3%A7%C3%A3o,Marisa%20Azzolini\(1&text=Frutos%20colhidos%20nos%20est%C3%A1dios%20de,q u%C3%ADmicas%20e%20percentual%20de%20podrid%C3%A3o](https://www.scielo.br/j/pab/a/7BqmYmz5VDCm39pFXYq6Hbf/?lang=pt&format=pdf#:~:text=em%20diferentes%20est%C3%A1dios%20de%20matura%C3%A7%C3%A3o,Marisa%20Azzolini(1&text=Frutos%20colhidos%20nos%20est%C3%A1dios%20de,q u%C3%ADmicas%20e%20percentual%20de%20podrid%C3%A3o). Acesso em: 4 abr. 2022.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I.U; KLUGE, R. A.; SCHIAVINATO, M. A. Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 17, n. 3, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000300004>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/bjpp/a/KsBmHkgcdBgZyYjtsDBHRNP/?lang=en>. Acesso em: 4 abr. 2022.

BALDET, P.; FERRAND, C.; ROTHAN, C. Vitamins in Fleshy Fruits. In: NATH, P.; BOUZAYEN, M.; MATTO, A. K.; PECH, J.C. (orgs.) **Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics**. Boston, MA: CABI, 2014. (p. 127-150).

BAN, T.; KUGISHIMA, M.; OGATA, T.; SHIOZAKI, S.; HORIUCHI, S.; UEDA, H. Effect of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) on the fruit ripening characters of rabbiteye blueberry. **Scientia Horticulturae**, v. 112, n. 3, p. 278-281, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.027>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423806005152>. Acesso em: 12 nov. 2021.

BARANWAL, D.; TOMAR, S.; SINGH, J. P.; MAURYA, J.K. Effect of foliar application of zinc and boron on fruit growth, yield and quality of winter season guava (*Psidium guajava* L.). **Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.**, v. 6, p. 1525-1529, 2017. Disponível em: <https://www.ijcmas.com/6-9-2017/Dewanshu%20Baranwal,%20et%20al.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2022.

BARATA-SOARES, A. D.; GOMEZ, M. L. P. A.; MESQUITA, C. H. de; LAJOLO, F.M. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 16, n. 3, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202004000300004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/ttDKFhftgSBJ8J66XGL4Kbf/?lang=en>. Acesso em: 16 set. 2022.

BASHIR, H. A.; ABU-GOUKH, A-B. A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chemistry**, v. 80, n. 4, p. 557-563, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00345-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00345-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881460200345X>. Acesso em: 10 mai. 2022.

BASSETTO, E.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, A. L.; KLUGE, R. A. Delay of ripening of 'Pedro Sato' guava with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, n. 3, p. 303-308, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.08.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552140400211X>. Acesso em: 10 mai. 2021.

BELL, R. W.; DELL, B.; HUANG, L. Boron Requirements of Plants. In: GOLDBACH, H. E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M. A.; BROWN, P. H.; THELLIER, M.; BELL, R. W. (orgs.). **Boron in Plant and Animal Nutrition**. New York: Springer Science + Business Media, 2002. (p. 63-86).

BEVILAQUA, G.A.P.; FILHO, P.M.S.; POSSENTI, J.C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/vHnHtbGwvs3pctFGtL4yWGh/?lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2021.

BIENERT, P.; CAKMAK, I.; WIMMER, M. **Happy Boron**. International Conference on 100 years on Boron Research in Plants. Stuttgart, Germany, 22nd-23rd, September 2023.

BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in Plant Structure and Function. **Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.**, v. 49, p. 481-500, 1998. DOI: 10.1146/annurev.arplant.49.1.481. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.arplant.49.1.481?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed. Acesso em 1 abr. 2022.

BRACKMANN, A.; THEWES, F.R.; ANESE, R. de O.; LINKE JUNIOR. Preharvest boron application and its relation with the quality of 'Galaxy' apples after harvest and controlled atmosphere storage. **Ciência Rural**, v.46, n.4, p. 585-589, 2016.

DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140466>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/WqjMvWLXNJ4FHcY9LNb8x5x/?lang=en>. Acesso em: 5 out. 2021.

BROWN, P. H.; BELLALLOUI, N.; SAH, R. N.; BASSIL, E.; HU, H. Uptake and Transport of Boron. In: GOLDBACH, H. E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M. A.; BROWN, P. H.; THELLIER, M.; BELL, R. W. (orgs.). **Boron in Plant and Animal Nutrition**. New York: Springer Science + Business Media, 2002a. (p. 87-102).

BROWN, P.H.; BELLALLOUI, N.; WIMMER, M.A.; BASSIL, E.S.; RUIZ, J.; HU, H.; PFEFFER, H.; DANIEL, F.; RÖMHELD, V. Boron in Plant Biology. **Plant Biology**, v. 4, p. 205-223, 2002b. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-2002-25740> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1055/s-2002-25740>. Acesso: 22 jun. 2021.

BROWN, P. H.; HU, H. Phloem Boron Mobility in Diverse Plant Species. *Botanica Acta*, v. 111, n. 4, p. 331-335, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1998.tb00717.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1438-8677.1998.tb00717.x>. Acesso em: 22 jun. 2021.

CAETANO, L.C.S.; CARVALHO, A.J.C. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo. **Ciência Rural**, n.4, p.1150- 1155, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/mxnL4r6hHY38MzsJb6zhW5C/?lang=pt>. Acesso em: 23 jun. 2021.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron Deficiency-Induced Impairments of Cellular Functions in Plants. **Plant and Soil**, v. 193, p. 71-83, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1004259808322>. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1004259808322.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2022.

CAVALINI, F. C., JACOMINO, A. P., TREVISAN, M. J., MIGUEL, A. C. A. Ponto de colheita e qualidade de goiabas 'Kumagai' e 'Paluma'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 064-072, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-013/14>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/dm6FyLZw9rWxFrpZ8rPjnKy/?lang=pt>. Acesso em: 21 mai. 2021.

CHAVES, A. P. S.; MELLO-FARIAS, P. C. de. Ethylene and fruit ripening: From illumination gas to the control of gene expression, more than a century of discoveries. **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, n. 3, p. 508-515, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-47572006000300020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gmb/a/HTgBD9By9tMcLmHRZk4SsLn/abstract/?lang=en> Acesso em: 4 set. 2022.

CHANG, S. K.; ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. Superfruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies and health effects - a comprehensive review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 10, p. 1580-1604, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1422111>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29360387/>. Acesso em: 22 dez 2021.

CHATZOPOULOU, F.; SANMARTIN, M.; MELLIDOU, I.; PATERAKI, I. ; KOUKOUNARAS, A. ; TANOU, G. ; KALAMAKI, M. S. ; VELJOVIC-JOVANOVIC, S.; ANTIC, T. C.; KOSTAS, S.; TSOUVALTZIS, P.; GRUMET, R.; KANELIS, A. K. Silencing of ascorbate oxidase results in reduced growth, altered ascorbic acid levels and ripening pattern in melon fruit. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 156, p. 291-303, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.040>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942820304228>. Acesso em: 16 ago. 2022.

CHITARRA, M. I. F. Características das frutas de exportação. In: GONGATTI NETO, A. et al. **Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 1996. (Série publicações técnicas FRUPEX, 20).

CLIMATE DATA. **Clima Valinhos –SP**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/valinhos-23964/>. Acesso em: 2 mar. 2022.

COCCO, C.; SILVESTRE, W. P.; SCHILDT, G. W.; TESSARO, F. A. Ripening and fruit quality of 'Fortune' plums treated by pre-harvest application of ripening stimulants. **Research, Society and Development**, v.10, n.17, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24098>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24098/21407>. Acesso em: 5 fev. 2022.

COSTA, A. de F. S. da; PACOVA, B. E. V. Botânica e Variedades. In: COSTA, A. de F. S. da; COSTA, A.N. da. **Tecnologias para produção de goiabas**. Vitória: INCAPER, 2003.

CUNHA, J. M.; FREITAS, M. S. M.; CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C. de; PEÇANHA, D. A. SANTOS, P. C. dos. Fruit quality of pineapple 'Vitória' under macronutrients and boron deficiency. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019080>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/Q56Mqfdxbf6jZtKsNjyzdws/?lang=en>. Acesso em: 10 out. 2022.

DAVEY, M. V.; AUWERKERKEN, A.; KEULEMANS, J. Relationship of apple vitamin C and antioxidant contents to harvest date and postharvest pathogen infection. **J Sci Food Agric.**, v. 87, p. 802–813, 2007. Doi: 10.1002/jsfa.2777. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsfa.2777>. Acesso em: 13 out. 2022.

DAVEY, M. V.; KEULEMANS, J. Determining the potential to breed for enhanced antioxidant status in Malus: mean inter- and intravarietal fruit vitamin C and glutathione contents at harvest and their evolution during storage. **J Agric Food Chem.**, v. 52, n. 26, p.8031-8038, 2004. Doi: 10.1021/jf048531k. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf048531k>. Acesso em: 13 out. 2022.

DAVIS, J.M.; SANDERS, D.C.; NELSON, P.V.; LENGNICK, L.; SPERRY, W. J. Boron improves growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v. 128, n. 3, p. 441-446, 2003. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.128.3.0441>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/128/3/article-p441.xml>. Acesso em: 9 set. 2022.

DECHEN, A.R. et al. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; RUZ, M.C.P. (Coord.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafós, 1991.

DE MOURA, CYNTIA LADYANE ALVES; SAAVEDRA PINTO, GUSTAVO ADOLFO; DE FIGUEIREDO, RAIMUNDO WILANE. Processamento e utilização da polpa de cajá (*Spondias mombin* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, 2011. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v29i2.25489>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/25489>. Acesso em: 1 nov. 2022.

DEMBITSKY, V. M.; SMOUM, R.; AL-QUNTAR, A. A.; ALI, H. A.; PERGAMENT, I.; SREBNIK, M. Natural occurrence of boron-containing compounds in plants, algae and microorganisms. **Plant Science**, v. 163, n.5, p. 931-942, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00174-7](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00174-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945202001747>. Acesso em: 15 ago. 2022.

DENG, H.; XIA H.; GUO, Y.; LIU, X.; LIN, L.; WANG, J.; XU, K.; LV, X.; HU, R.; LIANG, D. Dynamic Changes in Ascorbic Acid Content during Fruit Development and Ripening of *Actinidia latifolia* (an Ascorbate-Rich Fruit Crop) and the Associated Molecular Mechanisms. **Int J Mol Sci.**, v. 23, n.10, ref. 5808, 2022. Doi: 10.3390/ijms23105808. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9146223/>. Acesso em: 16 out. 2022.

DHARA, P.; PATEL, N. L.; TANVEER, A.; APEKSHA, P.; KUMAR, V. Effect of pre-cooling packaging material on chemical and sensory quality of guava fruits [*Psidium guajava* (Linn.)] cv Allahabad Safeda. **Environment & Ecology**, v. 35, n. 1, p. 64-69, 2017. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2017/20173068068.pdf>. Acesso em: 4 set. 2022.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas**. Trad. Maria Edna Tenório Nunes Londrina: Editora Planta, 2006.

FAO. **Agricultural production statistics: 2000–2020**. FAOSTAT Analytical Brief Series n. 41. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022a. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb9180en/cb9180en.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2022.

FAO. **Major Tropical Fruits: Market review 2021**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022b. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc1900en/cc1900en.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2022.

FAO. **World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022c. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc2211en>. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc2211en/cc2211en.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.

FAO. **FAOSTAT** – Mangoes, guavas and mangosteens production 2021. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021a. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 3 ago. 2023.

FAO. **Major Tropical Fruits: Market review 2020**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021b. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb6897en/cb6897en.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2022.

FAO. **World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021c. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb4477en>. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb4477en/online/cb4477en.html>. Acesso em: 4 abr. 2022.

FORNARO, A; COICHEV, N. Ácido L-ascórbico: reações de complexação e de oxido-redução com alguns íons metálicos de transição. **Química Nova**, v. 21, n. 5, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40421998000500017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/TTx9BCppcgBdgnGHypfRGKB/?lang=pt>. Acesso em: 18 set. 2022.

FLORES, G.; WU, S. B.; NEGRIN, A.; KENNELLY, E. J. Chemical composition and antioxidant activity of seven cultivars of guava (*Psidium guajava*) fruits. **Food Chemistry**, v. 170, n. 1, p. 327-335, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.076>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614013004>. Acesso em: 3 set. 2022.

FLORI, J. Principais variedades de goiaba. 2016. **Campo & Negócios hortifruti**. Informe técnico p.72-73.

FUMIS, T. de F.; SAMPAIO, A. C. Biologia e cultivares. In: SAMPAIO, A. C. et al. (orgs.). **Goiaba do plantio a comercialização**. Campinas: CATI, 2011. (Manual Técnico, 78).

GARCIA, J.L.M. Matéria prima. In: MEDINA, J.C.; GARCIA, J.L.M.; KATO, K.; MARTIN, Z.J.; VIEIRA, L.F.; RENESTO, O.V. (Ed.). **Goiaba: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, p.47-59, 1978.

GARCIA, D. M., COSTA, A. F. da, GALEANO, E. A. V., ROSSI, D. A., BÁRBARA, W. P. de F., EGGER, V. A. Análise de custos de produção da goiabeira: Um estudo de caso em Venda Nova do Imigrante, ES. **Revista Científica Intelletto**, v.3, n.especial, 2018 p. 33-42. Disponível em: <https://faveni.edu.br/wp-content/uploads/sites/10/2019/04/4-Custo-GOIABA-VNI-v3-n-esp-2018.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2021.

GEST, N.; GAUTIER, H.; STEVENS, R. Ascorbate as seen through plant evolution: the rise of a successful molecule? **J. Exp. Bot.**, v. 64, n. 1, p. 33-53, 2013. DOI: [doi: 10.1093/jxb/ers297](https://doi.org/10.1093/jxb/ers297). Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/64/1/33/631408?login=true>. Acesso em: 13 set. 2022.

GONDIM, A. R. O. **Absorção e mobilidade do boro em plantas de tomate e de beterraba**. 2009, 76f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de

Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, 2009.

GOLDBACH, H. E.; WIMMER, M. A.; CHAUMONT, F.; MATOH, T.; VOLKMANN, D.; BALUSKA, F.; WINGENDER, R.; SCHULZ, M.; YU, Q. Rapid Responses of Plants to Boron Deprivation: Where are the links between boron's primary role and secondary reactions?. In: GOLDBACH, H. E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M. A.; BROWN, P. H.; THELLIER, M.; BELL, R. W. (orgs.). **Boron in Plant and Animal Nutrition**. New York: Springer Science + Business Media, 2002. (p. 167-180).

GOLDBACH, H.E.; YU, Q.; WINGENDER, R.; SCHULZ, M.; WIMMER, M.; FINDEKLEE, P.; BALUSKA, F. Rapid response reactions of roots to boron deprivation. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, v. 164, n. 2, p. 173-181, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1002/1522-2624\(200104\)164:2<173::AID-JPLN173>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1522-2624(200104)164:2<173::AID-JPLN173>3.0.CO;2-F). Acesso em: 15 jul. 2021.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, v.193, p.35-48, 1997. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004203723343#:~:text=Boron%20is%20an%20essential%20micronutrient,B%20adsorbed%20on%20soil%20constituents>. Acesso em: 10 jun. 2021.

GOMES, T. B. A.; TAVARES, A. T.; NETO, J. F. M.; REYES, I. D. P.; BENETTI, M.; CARLINE, J. V. G.; PEREIRA, F. F. .; NASCIMENTO, I. R. do . Adubação potássica em características agrônômicas e pós-colheita de melancia. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 8, n. 3, p. 197–204, 2020. DOI: 10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n3.gomes. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/9148>. Acesso em: 19 fev. 2022.

GOMEZ, M.L.P.; LAJOLO, F.M. Ascorbic acid metabolism in fruits: activity of enzymes involved in synthesis and degradation during ripening in mango and guava. **J. Sci. Food Agric.**, v. 88, p. 756-762, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3042>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsfa.3042>. Acesso em: 8 set. 2022.

HAPUARACHCHI, N.S.; KÄMPER, W.; WALLACE, H.M.; HOSSEINI, B. S.; OGBOURNE, S.M.; NICHOLS, J.; TRUEMAN, S.J. Boron Effects on Fruit Set, Yield, Quality and Paternity of Hass Avocado. **Agronomy**, v. 12, n. 6, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061479>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/6/1479>. Acesso em: 4 set. 2022.

HIWASA-TANASE, K.; EZURA, H. Climacteric and Non-climacteric Ripening. In: NATH, P.; BOUZAYEN, M.; MATTO, A. K.; PECH, J.C. (orgs.) **Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics**. Boston, MA: CABI, 2014. (p. 1-14).

HLPE. **Food losses and waste in the context of sustainable food systems**. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3901e/i3901e.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

HU H.; BROWN P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, v.193, p.49-58, 1997. Disponível em:

https://www.jstor.org/stable/42948087#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 23 mai. 2021.

HU, H.; PENN, S. C.; LEBRILLA, C. B. ; BROWN, P. H. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants—the mechanism of phloem mobility of boron. **Plant Physiology**, v. 113, n.2, p. 649-655, 1997. DOI: doi: 10.1104/pp.113.2.649. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC158181/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11954>. Acesso em: 27 ago. 2022.

IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Permanente 2021**. Goiaba: quantidade produzida (t) - ranking. Rio de Janeiro: IBGE, 2021b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/pesquisa/15/11863?tipo=ranking&indicador=11955>. Acesso em: 27 ago. 2022.

INMET. **Mapas Climáticos**. Brasília. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 27 ago. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físicoquímicos para análise de alimentos**. São Paulo, 1018 p., 2005.

IOANNIDI, E.; KALAMAKI, M.S.; ENGINEER, C.; PATERAKI, I.; ALEXANDROU, D.; MELLIDOU, I.; GIOVANNONNI, J.; KANELIS, A.K. Expression profiling of ascorbic acid-related genes during tomato fruit development and ripening and in response to stress conditions. **J Exp Bot.**, v. 60, n. 2, p. 663-78, 2009. DOI: doi: 10.1093/jxb/ern322. <https://academic.oup.com/jxb/article/60/2/663/633758?login=true>. Acesso em: 16 out. 2022.

ISLAM, M.; MELE, M.; BAEK, JP; KANG, H-M. Cherry tomato qualities affected by foliar spraying with boron and calcium. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 57, p. 46-52, 2016. DOI: 10.1007/s13580-016-0097-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13580-016-0097-6>. Acesso em: 9 set. 2022.

JACOMINO, A.P. **Conservação de goiabas ‘Kumagai’ em diferentes temperaturas e materiais de embalagem**. 1999. 90p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

JAIN, N. ; DHAWAN, K. ; MALHOTRA, S.P. et al. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. **Acta Physiol Plant**, v. 23, p. 357–362, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-001-0044-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-001-0044-7#citeas>. Acesso em: 15 out. 2022.

JIMENEZ, A.; CREISSEN, G.; KULAR, B.; FIRMIN, J. : ROBINSON, S. ; VERHOEYEN ; MULLINEAUX. Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. **Planta**, v. 214, n. 5, p. 751-758, 2002. Disponível em: URL: <https://www.jstor.org/stable/23386899>. Acesso em: 10 set. 2022.

KHAYYAT, M.; TAFAZOLI, E.; ESHGHI, S.; RAJAEI, S. Effect of nitrogen, boron, potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of date palm. **Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.**, v. 2, p. 289-296, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/211546161_Effect_of_Nitrogen_Boron_Potassium_and_Zinc_Sprays_on_Yield_and_Fruit_Quality_of_Date_Palm. Acesso em: 8 nov. 2022.

KONSAENG, S.; DELL, B.; RERKASEN, B. A survey of woody tropical species for boron retranslocation. **Plant Production Science**, v. 8, n.3, p.338–34, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1626/pps.8.338>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1626/pps.8.338?scroll=top&needAccess=true&role=tab>. Acesso em: 16 ago. 2022.

LEHTO, T.; RÄISÄNEN, M.; LAVOLA A.; JULKUNEN-TIITTO, R.; APHALO, P. J. Boron mobility in deciduous forest trees in relation to their polyols. **New Phytologist**, v. 163, n. 2, p. 333-339, 2004. DOI: 0.1111/j.1469-8137.2004.01105.x. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.2004.01105.x>. Acesso em: 15 ago. 2022.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A.; LIMA, G.P.P. Atividade das enzimas invertases e acúmulo de sacarose em cana-de-açúcar sob efeito do nitrato de potássio, etefon e etil-trinexapac. **Ciênc. agrotec**, v.35, n.4, p.649-656, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000400002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/6nvNkjYvwWZRYXF8shKKRrd/?lang=pt>. Acesso em: 22 mai. 2021.

LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. A.; VENTURINI FILHO, W. G.; SURIANO, A. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar em função da aplicação de reguladores vegetais no início da safra. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.726-732, mai-jun, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000300015> Disponível: <https://www.scielo.br/j/cr/a/nGQxzyF3WmXZKkj6SWZDNrG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 mai. 2021.

LIU, Y.; RIAZ, M.; YAN, L.; ZENG, Y.; CUNCANG, J. Boron and calcium deficiency disturbing the growth of trifoliate rootstock seedlings (*Poncirus trifoliate* L.) by changing root architecture and cell wall. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 144, p. 345-354, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.10.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942819304085>. Acesso em: 30 jul. 2021.

LIMA, M. A. C. de; ASSIS, J. S. de; GONZAGA NETO, L. Caracterizacao dos frutos de goiabeira e selecao de cultivares na regio do Submedio Sao Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n. 1, p. 273-276, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000100061>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/rBVkCZzbD4KXtbhX3qyv8QH/>. Acesso em: 4 ago. 2022

LIMA, R. S.; FERREIRA, S. R. S.; VITALI, L.; BLOCK, J. M. May the superfruit red guava and its processing waste be a potential ingredient in functional foods? **Food Research International**, v. 115, p. 451–459, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.053>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918308457#:~:text=T>

he%20results%20showed%20that%20guava's,the%20development%20of%20functional%20foods. Acesso em: 22 dez. 2021.

LOBIM, G.L.; BATES, T.E. Bates. Comparative responses of peanuts, alfalfa and soybeans to varying rates of boron and manganese on two calcareous Ontario soils. **Can. J. Soil Sci.**, v. 62, n. 1, p. 1-9, 1982. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjss82-001>. Disponível em: <https://cdnscepub.com/doi/10.4141/cjss82-001>. Acesso em: 1 nov. 2022.

LUKASZEWSKI, K. M.; BLEVINS, D. G. Root growth inhibition in boron deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism. **Plant Physiology**, v. 112, n. 3, p. 1135–1140, 1996. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC158040/pdf/1121135.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2022.

MALAVOLTA, E. **Abc da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres. 5º Ed. 1989. 160p.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 páginas.

MANICA, I.; KIST, H.; MICHELETTO, E.L.; KRAUSE, C.A. Competição entre quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.8, p.1305-1313, 1998.

MAPA. **Método de Tillmans modificado**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 22 mai. 2021.

MAPA. **Registro Nacional de Cultivares (RNA)**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 jul. 2022.

MARKIEWICZ, B.; MUZOLF-PANEK, M.; KACZMAREK, A. Effect of deficit and over-standard boron content in nutrient solution on the biological value of tomato fruit. **J. Elem.**, v. 24, n. 3, p. 961-976, 2019. DOI: 10.5601/jelem.2019.24.1.1796. Disponível em: <http://jsite.uwm.edu.pl/articles/view/1796/>. Acesso em: 25 out. 2022.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 1995.

MATOH, T.; KOBAYASHI, M. Boron Function in Plant Cell Walls: Research progress since 1997. In: GOLDBACH, H. E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M. A.; BROWN, P. H.; THELLIER, M.; BELL, R. W. (orgs.). **Boron in Plant and Animal Nutrition**. New York: Springer Science + Business Media, 2002. (p. 143-155).

McCOOK-RUSSELL, K.P.; NAIR, M.G.; FACEY, P.C.; BOWEN-FORBES, C.S. Nutritional and nutraceutical comparison of Jamaican Psidium cattleianum (strawberry guava) and Psidium guajava (common guava) fruits. **Food Chemistry**, v. 15, n. 2, p.1069-1073, 2012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.03.018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814612004785?via%3Dihub>. Acesso em: 3 set. 2022.

MEIER, U. (org.). **BBCH Monograph**: Growth stages of mono and dicotyledonous plants. Berlin: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2001. Disponível em:

https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCH_engl2001.pdf. Acesso em: 4 ago. 2022

MENDONÇA, R. D. ; FERREIRA, K. S.; SOUZA, L. M. de; MARINHO, C. S.; TEIXEIRA, S. L. Características físicas e químicas de goiabas ‘cortibel 1’ e ‘cortibel 4’ armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 685-692, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400019>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/tbyX9vH5zTSQV3Gf8mNwWKg/?lang=pt>. Acesso em: 10 jul. 2022.

MERCADO-SILVA, E.; BAUTISTA, P.B.; GARCIA-VELASCO, M.A. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, v.13, p.143-150, 1998. DOI:

[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00003-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00003-9). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521498000039?via%3Dihub>. Acesso em: 5 jun. 2022.

MITRA, S.; GURUNG, M.R.; PATHAK, P. Guava production and improvement in India. **Acta Horticulturae**, n. 787, p. 59-66, 2008. DOI:

10.17660/ActaHortic.2008.787.4. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290241667_GUAVA_PRODUCTION_AND_IMPROVEMENT_IN_INDIA_AN_OVERVIEW. Acesso em: 3 ago. 2022.

MOWLAH, G. ; ITOO, S. Guava (*Psidium guajava* L.) Sugar Components and Related Enzymes at Stages of Fruit Development and Ripening. **Nippon Shokuhin Kyo Gakkaishi**, v. 29, n. 8, p. 472-476, 1982.

DOI: https://doi.org/10.3136/nskkk1962.29.8_472. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk1962/29/8/29_8_472/_article/-char/en. Acesso em: 15 set. 2022.

MONDY, N. I.; MUNSHI, C.B. Effect of boron on enzymatic discoloration and phenolic and ascorbic-acid contents of potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, n. 4, pp. 554-556, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00028a009>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00028a009>. Acesso em: 9 set. 2022.

MÔRO, F. V.; NATALE, W.; DAMIÃO FILHO, C. F.; PRADO, R. M. Morfologia de frutos de goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, 2003. DOI:

<https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000100010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/SBHL8dYQw5Hc3mHrFsy9nN/?lang=pt>. Acesso em: 4 mar. 2022.

NACHTIGALL, G. R.; CZERMAINSKI, A. B. C. **Efeito da aplicação de boro via foliar na qualidade e na colheita de frutos de macieira**. Bento Gonçalves:

Embrapa Uva e Vinho, 8 p., 2014. (Comunicado Técnico, 164). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1003178/1/cot164.pdf>. Acesso em: 2 out. 2021.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; BANZATTO, D. A. Nutrient foliar content for high productivity cultivars of guava in Brazil. In: TAGLIAVINI, M. (Ed.). Proceedings ISHS on Foliar Nutrition. **Acta Horticulturae**, Bologna, v. 594, p. 383-386, 2002.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. *Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira*. **Revista Bras. Ciênc. Solo**, v.31, n.6, p. 1475-1485, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600024>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/YjphKGGWWfYnJHYXb86gxS/?lang=pt>. Acesso em: 22 dez. 2021.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PRADO, R.M. Diagnose foliar nas culturas da goiaba e da carambola. In: PRADO, R.M. (Ed.) **Nutrição de Plantas – Diagnose Foliar em Frutíferas**. Jaboticabal: FCAV/CAPEF/FAPESP/CNPq, 2012. p. 411-441.

NELSON, N. A photometric adaptation of somogi method for determination of glicose. **Journal Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)71980-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)71980-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021925818719807>. Acesso em: 20 abr. 2021.

NUNES, A. A. S. **Aplicação foliar de boro: antecipação da colheita e conservação de maçãs “Galaxy” e Pink Lady”**. Tese Doutorado (Doutor Ciênc. do Solo), Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016, Lages, 93f. Disponível em: http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/952/tese_alessandra_sa_final.pdf. Acesso em: 2 out. 2021.

O’NEILL, M. A.; ISHII, T.; ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A.G. Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 55, p. 109-139, 2004. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/68a8b60c6466d58554839e932beaf370/1?pq-origsite=gscholar&cbl=25555>. Acesso em: 5 jul. 2022.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J.D.; PINHO, S. Z.; RODRIGUES, S. D. Enraizamento de estacas de café cv. ‘Mundo Novo’ submetidas à tratamentos auxínicos e com boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 7, p. 773-777, 1993. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/37702/WOSA1993LZ20300003.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 15 jul. 2022.

OSORIO, C.; CARRIAZO, J.G. Thermal and structural study of guava (*Psidium guajava* L.) powder obtained b two dehydration methods. **Química Nova**, v.34, p.636-640, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000400016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/gdzZxBXhMQSZ8PjGQSnLgMh/?lang=en>. Acesso em: 3 set. 2022.

OSORIO, S.; FERNIE, A. R. Fruit Ripening: Primary Metabolism. In: NATH, P.; BOUZAYEN, M.; MATTO, A. K.; PECH, J.C. (orgs.) **Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics**. Boston, MA: CABI, 2014. (p. 15-27).

PAPARDAKIS, I.E.; DIMASSI, K.N.; THERIOS, I.N. Response of Two Citrus Genotypes to Six Boron Concentrations: Concentration and Distribution of Nutrients, Total Absorption, and Nutrient Use Efficiency. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, n. 6, p. 571-580, 2003. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/cp/AR02163>. Acesso em: 1 nov. 2022.

PECH, J. C.; BOUZAYEN, M.; LATCHÉ, A. Cellular, Metabolic and Molecular Aspects of Chromoplast Differentiation in Ripening Fruit. In: NATH, P.; BOUZAYEN, M.; MATTO, A. K.; PECH, J.C. (orgs.) **Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics**. Boston, MA: CABI, 2014. (p. 28-47).

PENHA, E. T. S. **Doses e modo de aplicação de boro em plantas-matrizes de nespereira**. 2016, 28 f. Dissertação Mestrado (Mestre em Agronomia – Produção Vegetal) ,Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136358/penha_ets_me_jabo.pdf;jsessionid=598ED79F811D7F9DC68D38826A57BA12?sequence=4. Acesso em: 15 set. 2021.

PEREIRA, T; CARLOS, L. de A.; OLIVEIRA, J. G. de; MONTEIRO, A. M. Influência das condições de armazenamento nas características físicas e químicas de goiaba (*Psidium guajava*), cv. 'Cortibel' de polpa branca. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 276-284, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226794019.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2022.

PERICA, S.; BROWN, P. H.; CONNELL, J. H.; NYOMORA, A. M. S.; DORDAS, C.; HU, H. Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive. **HortScience**, v. 36, n.5, p. 714-716, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.36.4.714>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/36/4/article-p714.xml>. Acesso em: 30 jul. 2021.

PERYEA, F. J. Comparison of Commercial Boron Spray Products Applied at the Pink Flowering Stage on 'Fuji' Apple. **HortScience**, v. 40, n. 5, p. 1487-1492, 2005. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.5.1487>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/40/5/article-p1487.xml>. Acesso em: 15 jul. 2022.

PERYEA, F. J.; LAGESCHULTE, J. M. Boron Fertilizer Product and Concentration Influence Spray Water pH. **Hort Technology**, v. 10, n. 2, p. 350-353, 2000. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.10.2.350>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/10/2/article-p350.xml>. Acesso em: 15 jul. 2022

PLESE, L. P. M.; TIRITAN, C. S.; YASSUDA, E. I.; PROCHNOWJ, L. I.; CORRENTE, J. E.; MELLO, S. C. Efeitos de aplicações de cálcio e boro na ocorrência de podridão apical e produção de tomate em estufa. **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 1, p. 144-148, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000100023>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/LZLQV7RnGDWN3fXLxGpGQVQ/?lang=pt>. Acesso em: 22 jun. 2022.

PINAZZA, L.A.; BORSARI, F. Aumenta o uso de micronutrientes. **Agroanalysis**, v. 24, n. 9, p. 50-51, 2004. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/51902>. Acesso em: 20 mai. 2021.

POWER, P. P.; WOODS, W. G. The chemistry of boron and its speciation in plants. **Plant and Soil**, v.193, p.1-13, 1997. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1004231922434.pdf?pdf=button>. Acesso em: 23 mai. 2021.

PRADO, R.M. de; NATALE, W.; ROZANE, D.E. Níveis críticos de boro no solo e na planta para cultivo de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.2, p.305-309, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/kg7Zhw7khgXWj5yk3CMYJWd/?lang=pt>. Acesso em: 23 jun. 2021.

PRESCOTT, A.G.; JOHN, P. Dioxygenases: molecular structure and role in plant metabolism. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 47, 245–271, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.47.1.245> Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.arplant.47.1.245>. Acesso em: 20 nov. 2022.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 2001.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 1997. (Boletim técnico, 100).

RAWAT, V.; TOMAR, Y. K.; RAWAT, J. M. S. Influence of foliar application of micronutrients on the fruit quality of guava cv. Lucknow-49. **Journal of Hill Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 63-66, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236676591_Influence_of_foliar_application_of_micronutrients_on_the_fruit_quality_of_guava_cv_Lucknow-49. Acesso em: 12 mar. 2022.

REID, R. J.; HAYES, J. E.; POST, A.; STANGOULIS, J. C. R.; GRAHAM, R. D. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. **Plant Cell Environ.**, v. 27, n. 5, p. 1405-1414, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2004.01243.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3040.2004.01243.x?src=getftr>. Acesso em: 7 jun. 2021.

REVISTA DA FRUTA. Projeto mapeia produção de goiabas no Brasil em 2018. **Revista da Fruta**. Lages, 27 ago. 2020. Disponível em: <https://www.revistadafruta.com.br/noticias-do-pomar/projeto-mapeia-producao-de-goiabas-no-brasil-em-2018,372669.jhtml#:~:text=Segundo%20a%20pesquisa%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o,produtores%20em%20todo%20o%20pa%C3%ADs>. Acesso em: 6 jun. 2021.

REY, J.-Y. L'étude architecturale du goyavier. **Fruits**, v. 53, p. 191-197, 1998. Disponível em: <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/view/35618>. Acesso em: 30 jul. 2021.

REYES, M. U.; PAULL, R. E. Effect of storage temperature and ethylene treatment on guava (*Psidium guajava* L.) fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, n. 3–4, p. 357-365, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(95\)00007-S](https://doi.org/10.1016/0925-5214(95)00007-S). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/092552149500007S>. Acesso em: 20 dez. 2021.

RIBEIRO, L. R. **Aplicação de Cálcio pré-colheita em goiabeira (*Psidium guajava*) CV. Paluma**. 2019, 63 f. Dissertação Mestrado (Mestre em Agronomia – Horticultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/191233>. Acesso em: 20 abr. 2021.

RIBEIRO, L. R.; LEONEL, S.; SOUZA, J. M. A.; GARCIA, L.; LEONEL, M.; MONTEIRO, L. N. H.; SILVA, M de S.; FERREIRA, R. B. Improving the nutritional value and extending shelf life of red guava by adding calcium chloride. **LWT**, v. 30, n. 109655, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109655>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820306447>. Acesso em: 22 dez. 2021.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 6, p. 445-463, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.04.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157508000458>. Acesso em: 3 set. 2022.

ROGALLA, H.; ROMHELD, V. Effects of Silicon on the Availability of Boron: Possible effects on the phenol pathway and on the redox status in *Cucumis sativus* L. In: GOLDBACH, H. E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M. A.; BROWN, P. H.; THELLIER, M.; BELL, R. W. (orgs.). **Boron in Plant and Animal Nutrition**. New York: Springer Science + Business Media, 2002. (p. 205-211).

ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 42, n. 10, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001000015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/znRWKPYZhVG8MSCZCYR8cSy/?lang=pt>. Acesso em: 21 set. 2022.

SALAZAR, D. M.; MELGAREJO, P.; MARTÍNEZ, R.; MARTÍNEZ, J. J.; HERNÁNDEZ, F.; BURGUERA, M. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 108, n. 2, p. 157-161, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.01.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423806000501>. Acesso em: 27 fev. 2023.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do Boro e do Manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de

goiabeira. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras. V.27, n.2, p.325-331, mar./abr., 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000200011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/y5cp5dW9gThbGN3dXDM4p6x/?lang=pt>. Acesso em: 30 abr. 2021.

SANTOS, C.M.G.; CERQUEIRA, R.C.; FERNANDES, L.M.S.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Efeito de substratos e boro no enraizamento de estacas de pitaya. **Revista Ceres**, v.57, n.6, p.795-802, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000600015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/knLyrrNQzxCvTBGFV5yg5x/?lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2021.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo**. São Paulo: CIBPU, 1966.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, n. 2–3, p. 337-354, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00010-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00010-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003442570200010X>. Acesso em: 10 mai. 2022.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, R. A.; CAVALCANTE, L. F.; HOLANDA, J. S.; PEREIRA, W. E.; MOURA, M. F.; FERREIRA NETO, M. Qualidade de frutos do coqueiro-anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p.310-313, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200035>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/dwjB6rJyC9kyGFF8b3J7Ddf/?lang=pt>. Acesso em: 15 set. 2021.

SINGH, D. P.; BELOY, J.; McINERNEY, J. K.; DAY, L. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). **Food Chemistry**, v. 132, n. 3, p. 1161-1170, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.045>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814611016268>. Acesso em: 20 set. 2022.

SINGH, J.; PRASAD, N.; SINGH, S. Postharvest Treatment of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruits with Boric Acid and NAA for Quality Regulation during Ambient Storage. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 8, n. 2, p. 201-206, 2017. DOI: 10.23910/IJBSM/2017.8.2.1633a. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317487031_Postharvest_Treatment_of_Guava_Psidium_guajava_L_Fruits_with_Boric_Acid_and_NAA_for_Quality_Regulation_during_Ambient_Storage. Acesso em: 3 mar. 2022.

SINGH, R.; SHARMA, R. R.; TYAGI, S. K. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 112, n. 2, p. 215-220, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423806005048>. Acesso em: 9 mar. 2022.

SINGH, S. P.; PAL, R. K. Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 307-314, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.08.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521407002785>. Acesso em: 21 dez 2021.

SIQUEIRA, G. F. de. **Aplicação de boro e maturadores na pré-colheita da cana-de-açúcar em início e final de safra**. 2014. viii, 139 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/110935>. Acesso em: 1 jun. 2021.

SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P.; LOEWUS, F.A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.52, p.437-467, 2001. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.arplant.52.1.437?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Aacrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed. Acesso em: 8 set. 2022.

SOBRAL, A.F.; WEBER H. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. ORLANDO FILHO, José (Coord.). Piracicaba: Coleção Planalsucar 2, 1983.

SOUZA, A. de; OLIVEIRA, M. F. de; CASTIGLIONI, V. B. R. O boro na cultura do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175419/1/2216-7261-1-PB.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2022.

SRIVASTAVA, A.K.; SINGH, S. Boron nutrition in citrus-current status and future strategies – review. **Agricultural Reviews**, v. 26, n. 3, p. 173-186, 2005. Disponível em: <https://arccjournals.com/journal/agricultural-reviews/ARCC4218>. Acesso em: 15 jul. 2022.

STANGOULIS, J. C. R.; REID, R. J. Boron Toxicity in Plants and Animals. In: GOLDBACH, H. E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M. A.; BROWN, P. H.; THELLIER, M.; BELL, R. W. (orgs.). **Boron in Plant and Animal Nutrition**. New York: Springer Science + Business Media, 2002. (p. 227-240).

STURIÃO, W. P. **Efeitos fitotécnicos e anatômicos da disponibilidade de cálcio e boro em tomateiro do grupo cereja**. 2017. 153f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/18695/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021.

SULISTIO, M.; CHAO, C.-W.; CHEN, C.-C.; WU, C.-T. Nonclimacteric ‘Jen-Ju Bar’ guava ripening behavior is caused by Copia LTR retrotransposon insertion in the promoter region of PgACS1, a System-2 ACC synthase gene. **Postharvest Biology**

and Technology, v. 193, n. 112038, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552142200206X>. Acesso em: 21 nov. 2022.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus pérsica* domestic: the quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. 10, p. 63-68. 1959. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740100110>. Acesso em: 10 jun. 2021.

TAGLIAVINI, M., SCUDELLARI, B. MARANGONI, D., TOSELLI, M. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research**, v. 43, n. 1-2, p. 93-102, 1996. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00747687>. Acesso em: 12 mai. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. São Paulo: Artmed Editora, 2017.

THORP, T. G.; BARNETT, A. M.; BOLDINGH, H.; ELMSLY, T.; MIMCHIN, P. E. H. Is boron transport to avocado flowers regulated by carbohydrate supply? In: **Proceedings VII World Avocado Congress 2011**, 2011. Cairns, Australia. Disponível em: <https://www.avocado.org.au/wp-content/uploads/2017/02/Is-Boron-Transport-to-Avocado-Flowers-Regulated-by-Carbohydrate-Supply-G-Thorp-NZ-Plant-Food-Research-et-al..pdf>. Acesso em: 15 dez. 2022.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening** London: Chapman & Hall, 1993. p.2-51.

USDA. **Food data central**: Guavas, common, raw. 2019. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173044/nutrients>. Acesso em: 22 dez. 2021.

WEI, C.; MA, Z.; LIU, Y. Et al. Effect of boron on fruit quality in pineapple. **AIP Conference Proceedings**, 1956, 020006, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5034258>. Disponível em: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5034258>. Acesso em: 15 out. 2022.

WERNER, E. T.; JUNIOR, L. F. G. O.; BONA, A. P.; CAVATI, B.; GOMES, T. D. U. H. Efeito do cloreto de cálcio na pós-colheita de goiaba Cortibel. **Bragantia**, v. 68, n.2, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000200026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/pVmC6mRM8hPnfWN5LMKyXwj/?lang=pt>. Acesso em: 4 ago. 2022.

WHEELER, G.L.; JONES, M.A.; SMIRNOFF, N. The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. **Nature**, v.393, p.365-369, 1998.

WIMMER, M. A.; MÜHLING, K. H.; LAÜCHLI; BROWN, P. H.; GOLDBACH, H. E. Boron Toxicity: The Importance of Soluble Boron. In: GOLDBACH, H. E.; RERKASEM, B.; WIMMER, M. A.; BROWN, P. H.; THELLIER, M.; BELL, R. W. (orgs.). **Boron in Plant and Animal Nutrition**. New York: Springer Science + Business Media, 2002. (p. 241-254).

WOJCIK, P.; WOJCIK, M. Effect of Boron Fertilization on Sweet Cherry Tree Yield and Fruit Quality. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, n. 10, p. 1755-1766, 2006. DOI: 10.1080/01904160600897471. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904160600897471>. Acesso em: 4 jun. 2022.

YADAV, A.; RAM, R.B.; VERMA, R.B.; VIPLAW, K.; YADAV, R. K. Effect of foliar application of micronutrients on Bio-chemical attributes of winter season guava (*Psidium guajava* L.) cv. Lalit. **J Pharmacogn Phytochem**, v. 7, n. 2, p. 3196-3197, 2018. Disponível em: <https://www.phytojournal.com/archives?year=2018&vol=7&issue=2&ArticleId=4017>. Acesso em: 14 nov. 2022.

YAMAKI, S. Metabolism and Accumulation of Sugars Translocated to Fruit and Their Regulation. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 79, n. 1, p. 1-15, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2503/jjshs1.79.1>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshs1/79/1/79_1_1/_article/-char/en. Acesso em: 15 out. 2022.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene Biosynthesis and Its Regulation in Higher Plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 155-189, 1984. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.pp.35.060184.001103>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.pp.35.060184.001103>. Acesso em: 27 fev. 2023.

YOUSAF, A. A.; ABBASI, K. S.; AHMAD, A.; HASSAN, I.; SOHAL, A.; QAYYUM, A.; AKRAM, M. A. Physico-chemical and Nutraceutical Characterization of Selected Indigenous Guava (*Psidium guajava* L.) Cultivars. **Food Science and Technology**, v. 41, n.1, p. 47-58, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.35319>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/rWzGFhDmzs3zS8C8YqhSWLF/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 3 set. 2022.

YU, M.; YANG, Y.-H.; DU, C.-W.; WU, L.-S.; PI, M.-M.; LIU, W.-D.; WANG, Y.-H. Effect of Boron on the Metabolism of Carbohydrates. In: GOLDBACH, Heiner E.; RERKASEM, Benjavan; WIMMER, Monika A.; BROWN, Patrick H.; THELLIER, Michel; BELL, Richard W. (orgs.). **Boron in Plant and Animal Nutrition**. New York: Springer Science + Business Media, 2002. (p. 197-204).

ZEIST, A. R.; ZANIN, D. S.; CAMARGO, C. K.; RESENDE, J. T. V. de; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Fruit yield and gas exchange in bell peppers after foliar application of boron, calcium, and stimulate. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 498-503, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180412>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/h5JGmgPNNpMxtGdZSFcTbsL/?lang=en>. Acesso em: 30 jul. 2021.

ZHENG, X.; GONG, M.; ZHANG, Q.; TAN, H.; LI, L.; TANG, Y.; LI, Z.; PENG, M.; DENG, W. Metabolism and Regulation of Ascorbic Acid in Fruits. **Plants**, v.11, n.12, ref.1602, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11121602>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/12/1602>. Acesso: 6 out. 2022.

APÊNDICE A - Teores de macro e micronutrientes em folhas de goiabeiras

Nutriente	cv. Rica		cv. Paluma
		g/kg	
Nitrogênio	22-26		20-23
Fósforo	1,5-1,9		1,4-1,8
Potássio	17-20		14-17
Cálcio	11-15		7-11
Magnésio	2,5-3,5		3,4-4,0
Enxofre	3,0-3,5		2,5-3,5
		mg/kg	
Boro	20-25		20-25
Cobre	10-40		20-40
Ferro	50-150		60-90
Manganês	180-250		40-80
Zinco	25-35		25-35

Fonte: NATALE et al. (2002).