



Estenoespermocarpia em frutos de mangueira e a relação com a nutrição de boro

Camila Israela Freire Silva Carvalho¹, Augusto Miguel Nascimento Lima², Jackson Teixeira Lobo³,
Laiane Eugênia Delmondes Mudo⁴, Adriana da Silva Santos^{3*}

¹Mestre em Produção Vegetal, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil.

²Doutor em Solos e nutrição de plantas, Professor da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil.

³Doutorando em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. (*Autor correspondente: drica_pl@hotmail.com)

⁴Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 06/05/2020 – Revisado em: 09/06/2020 – Aceito em: 05/07/2020

RESUMO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma planta originária do sudoeste asiático e disseminada em quase todas as regiões do mundo. No Brasil a cultura da mangueira se destaca devido a sua importância econômica, nutricional e social. O Vale do São Francisco, localizado no Nordeste brasileiro, apresenta grande potencial na mangicultura, respondendo por cerca de 66% das exportações brasileiras da fruta. Entretanto, nessa região tem sido relatada a ocorrência de distúrbios fisiológicos nos frutos da mangueira, como a “manguita” (estenoespermocarpia) que acomete principalmente a cv. Palmer, e cujas causas ainda não estão totalmente elucidadas. A influência do estado nutricional sobre os distúrbios fisiológicos tem sido comumente observada, em especial, associadas a deficiência de boro. O boro desempenha diversas funções na planta, por fazer parte de compostos essenciais, este micronutriente tem demonstrado influência na produção e qualidade de frutos da mangueira. Neste contexto, entender a relação entre a ocorrência da estenoespermocarpia e a nutrição boratada, é uma necessidade para a cadeia produtiva da manga. Portanto, objetivou-se elaborar uma breve revisão sobre as principais causas do desenvolvimento dessa distúrbio fisiológico, e a interferência do boro nesse processo. O manejo da adubação com boro apresenta resultados promissores na redução da estenoespermocarpia em mangueira, sendo uma alternativa viável para a mangicultura, uma vez que afeta positivamente a produção e qualidade de frutos de mangueira, no entanto, são necessários estudos para definição das fontes e doses do nutriente a serem aplicadas sob diferentes condições.

Palavras-Chaves: *Mangifera indica* L., Nutrição de plantas, Distúrbio fisiológico.

Stenospermocarp in mango fruits and the relationship with boron nutrition

ABSTRACT

The mango (*Mangifera indica* L.) is a plant originated in Southeast Asia and disseminated in almost all regions of the world. In Brazil, the mango crop stands out due to its economic, nutritional, and social importance. The São Francisco Valley, located in northeastern Brazil, has great potential in mango crop, accounting for about 66% of Brazilian exports of fruit. However, in this region, the occurrence of physiological disorders in the fruits of the mango has been reported, such as the “manguita” (stenospermocarp) that mainly affects cv. Palmer, and whose causes are not yet fully elucidated. The influence of nutritional status on physiological disorders has been commonly observed, especially associated with boron deficiency. Boron performs several functions in the plant, being part of essential compounds, this micronutrient has shown influence on the production and quality of mango fruits. In this context, understanding the relationship between the occurrence of stenospermocarp and boron nutrition is a necessity for the mango production chain. Therefore, this study aimed to elaborate a brief review of the main causes of the development of this physiological disorder, and the interference of boron in this process. The management of boron fertilization shows promising results in reducing stenospermocarp in mango, being a viable alternative for mangiculture, since it positively affects the production and quality of mango fruits, however, studies are needed to define the sources and doses of the nutrient to be applied under different conditions.

Keywords: *Mangifera indica* L., Plant nutrition, Physiological disorder.

Carvalho, C.I.F.S., Lima, A.M., Lobo, J.T., Mudo, L.E.D., Santos, A.S. (2020). Estenoespermocarpia em frutos de mangueira e a relação com a nutrição de boro. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.2, n.3, p.58-67.



1. Introdução

Das frutíferas com capacidade produtiva no Brasil, principalmente entre as destinadas à produção de frutas frescas para exportação, a mangueira se destaca ocupando o primeiro lugar no ranking de exportações, com ênfase na região Nordeste onde são produzidos 76% da manga do país (Carvalho et al., 2019; Ibge, 2018). Neste cenário, o Vale do São Francisco localizado no semiárido brasileiro, apresenta grande potencial na mangicultura, respondendo por cerca de 66% das exportações brasileiras dessa fruta in natura, contribuindo para que o país ocupe o sexto lugar no ranking dos maiores exportadores de manga (Carvalho et al., 2019).

A mangueira ‘Palmer’ tem se destacado por apresentar frutos com alta aceitação no mercado interno, além da boa capacidade de conservação e expressividade no mercado internacional entre as demais cultivares (Teixeira et al., 2011). Contudo, mesmo com disponibilidade de alta tecnologia, associada ao clima favorável e a irrigação utilizada no Vale do São Francisco, tem-se observado para essa cultivar a incidência da desordem fisiológica vulgarmente chamada de “manguita” ou “castanha”, na qual os frutos apresentam tamanho reduzido, com formato anormal e ausência de sementes, caracterizando o fenômeno da estenoespermocarpia (Davenport, 2009; Barbosa et al., 2016).

A estenoespermocarpia caracteriza-se pela formação de frutos sem sementes em razão da degeneração da semente ou aborto embrionário após a fertilização do óvulo (Revers et al., 2006). A produção de frutos estenoespermocárpicos é comum em algumas espécies vegetais, como a uva e melancia (Mesejo et al., 2014). No caso da mangueira cv. Palmer, os frutos acometidos por esta desordem fisiológica perdem valor comercial, restringindo significativamente a produtividade e viabilidade econômica da cultura.

Embora já tenham sido descobertas causas de algumas desordens fisiológicas em frutos de mangueira, outras permanecem sendo estudadas. Diversos fatores podem induzir ou favorecer o desenvolvimento de desordens, dentre eles, fatores genéticos, ambientais, nutricionais, localização e condições do pomar, estado hídrico da planta e maturidade do fruto (Shivashankar, 2014). De acordo com Assis et al. (2004), o desequilíbrio nutricional é a provável causa de diversas desordens em mangueira. Além disso, a exposição a condições adversas de clima, principalmente em fases críticas, como durante o florescimento, pode afetar o rendimento da cultura (Bhruguvanshi, 2009).

O fenômeno da estenoespermocarpia em mangueira cv. Palmer ainda é pouco estudado, embora tenham indícios de que esta desordem esteja associada entre outros fatores, à deficiência de boro, como diagnosticado em pomares no Vale do São Francisco (Barbosa et al., 2016). O boro desempenha importantes funções na polinização, formação dos frutos, e na absorção e uso de cálcio pelas plantas (Saran; Kumar, 2011), sendo o micronutriente que mais afeta a produtividade e qualidade dos frutos de mangueira (Galli et al., 2012). Neste contexto, objetivou-se elaborar uma breve revisão sobre as principais causas do desenvolvimento da estenoespermocarpia em mangueira e a interferência do boro nesse processo.

2. Desenvolvimento

2.1 Aspectos gerais da cultura da mangueira

A mangueira, pertencente à família Anacardiaceae, gênero *Mangifera* e espécie *Mangifera indica* L., é uma planta originária do sudoeste asiático, e disseminada em quase todas as regiões do mundo (Genú; Pinto et al., 2002), sendo considerada uma frutífera tipicamente tropical de relevante expressividade no agronegócio internacional (Miguel et al., 2013). Em sua composição nutricional contém níveis significativos de compostos fenólicos, ascorbato, β -caroteno, licopeno, β -criptoxantina e componentes ricos em antioxidantes, constituindo como fonte potencial de antioxidantes naturais para a dieta humana (Oliveira et al., 2011). Do ponto de vista econômico, esta cultura envolve um grande volume anual de negócios voltados para os mercados interno e externo (Xavier et al., 2009).

Na região do Vale do São Francisco, além das condições favoráveis de clima, solo, localização, disponibilidade de água e mão de obra, há vantagens ao cultivo da mangueira pelo uso de tecnologias para o manejo de indução floral da cultura com uso de reguladores vegetais que proporcionam produção de frutos de qualidade em qualquer estação do ano, permitindo o escalonamento da produção e obtenção de melhores preços no mercado (Silva et al., 2015).

O emprego de novas tecnologias de produção e pós-colheita na cultura da mangueira, bem como a escolha de cultivares mais adaptadas para a região, aumenta a eficiência do sistema produtivo e contribui para redução dos custos (ABF, 2017). Das variedades com relevância comercial no Brasil, como ‘Tommy Atkins’, ‘Palmer’, ‘Kent’ e ‘Keitt’, a variedade Palmer tem se destacado por ser uma variedade tardia, com boa aceitação no mercado interno e boas perspectivas para exportação (Teixeira et al., 2011). Além disso, é caracterizada por apresentar coloração de polpa amarelo firme, elevado rendimento de polpa, menor acidez titulável e elevada relação sólidos solúveis totais/acidez titulável, características que agradam os consumidores (Silva et al., 2009).

2.2 *Desordens fisiológicas em mangueira*

As desordens fisiológicas são decorrentes do metabolismo anormal e da modificação estrutural de tecidos, podendo ser induzidas por fatores pré-colheita, tais como, suscetibilidade da cultivar, localização e condições do pomar, estresses abióticos, estado hídrico na planta, maturidade do fruto, nutrição mineral, condições climáticas, e/ou por fatores pós-colheita, como as condições de armazenamento, embalagem e revestimento dos frutos (Shivashankar, 2014).

Os frutos de mangueira podem ser afetados por várias desordens fisiológicas, interferindo na produtividade, qualidade e valor de mercado para exportação (Saran et al., 2015), sendo conhecidas, atualmente, mais de vinte, dentre elas, colapso interno, “soft nose”, semente gelatinosa (Shivashankar, 2014), frutos rachados (Saran; Kumar, 2015), e outra recentemente relatada na literatura como “manguita” ou “castanha”, onde os frutos apresentam tamanho reduzido, com formato diferenciado e ausência de semente caracterizando o fenômeno da estenoespermocarpia (Barbosa et al., 2016).

A estenoespermocarpia caracteriza-se pela formação de frutos sem sementes causado pelo aborto embrionário após a fertilização do óvulo (Huang et al., 2010), o que difere do fenômeno da partenocarpia, em que os frutos sem sementes são originados sem a ocorrência da fertilização do óvulo (Azevedo et al., 2013). Geralmente, as causas de desordens fisiológicas em frutos de mangueira não são facilmente identificadas devido à complexidade de eventos envolvidos, ocasionando ausência de estratégias eficientes de controle e levando a uma restrição na produção de frutos de qualidade (Shivashankar, 2014).

2.2.1 *Nutrição da mangueira e a relação com o desenvolvimento de desordens fisiológicas*

A mangueira é uma cultura de clima tropical cultivada em condições diversas de solo e clima, sendo que, para o seu cultivo comercial, os pomares necessitam de adubações regulares (Costa et al., 2011a). Para isso, é necessário obedecer as particularidades quanto a dinâmica de absorção de nutrientes, visto que é variável em função da idade e do estágio fenológico da planta. Durante um novo ciclo produtivo, logo após a colheita da safra anterior, tem início o acúmulo de nutrientes na folha que vai até o início do florescimento, havendo redução nesses teores na floração e frutificação, como é observado para o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) (Costa et al., 2011b), magnésio (Mg) e enxofre (S) (Ponchner et al., 1993).

A exportação de nutrientes, que é dada pela quantidade de nutrientes removidos pela cultura em um determinado período e o conhecimento da dinâmica desses nutrientes nas diversas partes da planta em cada fase fenológica, é base para determinação da exigência nutricional da cultura (Fernandes; Nascimento, 2004), com isso, a realização de análises nutricionais foliares em mangueira, juntamente com a análise nutricional do solo, auxilia no programa de recomendação de adubação da cultura.

A mangueira apresenta floração excessiva, produzindo entre 1000 a 6000 flores por panícula a depender da cultivar e das condições climáticas, contudo, apesar da frutificação inicial ser alta, a retenção final é muito baixa em virtude da queda natural abundante destes e do desenvolvimento de desordens fisiológicas que podem estar associadas a deficiência de nutrientes (Gupta et al., 2016). Neste sentido, Sankar et al. (2013) evidenciam a necessidade do manejo adequado da fertilização em pomares de mangueiras, sobretudo da aplicação de micronutrientes, visando a manutenção do equilíbrio nutricional das plantas e, conseqüentemente, obtenção de frutos com qualidade.

De acordo com Saran e Kumar (2011), um pomar de mangueira com deficiência de boro pode apresentar diversas desordens fisiológicas, dentre elas a necrose interna, sementes necrosadas, frutos com a ponta mais fina e rachados. Desta forma, o manejo da fertilização boratada pode reduzir a incidência de desordens e a ocorrência de queda de frutos de mangueira, uma vez que, o B mantém a integridade da membrana celular e retarda o desenvolvimento da camada de abscisão do fruto (Gupta et al., 2016).

Barbosa et al. (2016), avaliaram diferentes manejos de adubação boratada na incidência de frutos estenospermocárpicos (manguita) em mangueira cv. Palmer no Vale do São Francisco, e constataram que a utilização da adubação usual com apenas duas fertirrigações com 50 g de H_3BO_3 por planta, produziu um número expressivo de frutos com a desordem (239 manguitas por planta), enquanto que em plantas que receberam boro na fertirrigação mais pulverizações foliares houve um menor número de frutos do tipo “manguita” (média de 7 frutos por planta).

O boro desempenha papel importante na produção da semente e dos frutos da mangueira, visto que é necessário para germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (Saran; Kumar, 2011). O teor de boro considerado adequado na planta é variável entre culturas, diferindo em função das exigências quanto à composição química das paredes celulares, sendo para a mangueira, a faixa adequada foliar entre 50 a 100 mg kg^{-1} (Quaggio, 1996). No entanto, Barbosa et al. (2016) observaram que os valores definidos por Quaggio (1996) como adequados, não foram suficientes para atender à exigência nutricional da mangueira ‘Palmer’ cultivada no Vale do São Francisco, visto a ocorrência da desordem fisiológica “manguita” mesmo em plantas que apresentaram teor de boro acima da faixa de suficiência. Desse modo, é importante destacar a necessidade de estudos a respeito da demanda do nutriente pela cultura, considerando a influência de fatores como, características da cultivar, condições edafoclimáticas e manejo da cultura.

2.2.2 Efeito do clima no desenvolvimento de desordens fisiológicas

Além da deficiência de nutrientes, a flutuação de temperatura e umidade, e o excesso de precipitação estão associados à ocorrência de desordens fisiológicas na mangueira, como frutos rachados e queda excessiva de frutos (Gupta et al., 2016). Para Ho e White (2005), fatores ambientais (seca, salinidade, umidade relativa, temperatura e luminosidade) e desequilíbrio mineral, aumentam a suscetibilidade de frutos à deficiência de nutriente, e, conseqüentemente, a desordens fisiológicas. Em casos onde o teor de nutrientes no tecido da planta influencia a incidência de desordens, e que mesmo com manejo de adubação não é alcançado o controle, conclui-se que a nutrição da planta pode ser um fator somente influenciador no desenvolvimento da desordem (Shivashankar, 2014).

A maioria das desordens fisiológicas que acometem a mangueira afeta a qualidade dos frutos e podem causar reduções drásticas no rendimento comercial. A desordem fisiológica “manguita” ou “castanha”, caracterizada pelo fenômeno da estenospermocarpia, está relacionada ao processo de floração da planta, que, de acordo com Ramírez e Davenport (2010), é influenciado principalmente pelos fatores abióticos, como nutrição mineral, relações hídricas e condições climáticas. Para Huang et al. (2010), a fase reprodutiva da mangueira apresenta elevada sensibilidade a temperatura, sendo influenciada por baixa (<20 °C) ou alta temperatura (>30 °C) (Sukhvibul et al., 2000).

Sukhvibul et al. (2000) estudando processo sexual de cultivares de mangueiras monoembriônicas e poliembriônicas na Austrália, constataram redução na germinação do grão de pólen *in vitro* quando incubados a temperaturas mais baixas (10°C) e mais altas (30°C), estando a faixa de temperatura ideal entre 15 e 25 °C, e para crescimento do tubo polínico entre 20 e 25 °C, para ambos os ecotipos. Adicionalmente, a baixa viabilidade do grão de pólen e lento crescimento do tubo polínico afetam a fertilização do óvulo e ocasiona frutos sem sementes (Huang et al., 2010). De acordo com Moretti et al., (2010), a exposição a elevadas temperaturas resulta em alterações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e bioquímicas nos tecidos das plantas, afetam as relações hídricas, e os níveis de hormônios, metabólitos primários e secundários interferindo no crescimento e desenvolvimento dos diversos órgãos da planta e originando distúrbios fisiológicos.

Geralmente, as desordens fisiológicas na mangueira são específicas da cultivar, e a frequência e intensidade de ocorrência dependem do período e do ambiente em que estão inseridos, em que, uma vez induzidas, não podem ser revertidas. Sendo assim, quando conhecido os fatores causais de cada desordem, possibilita retardar ou controlar a expressão dos sintomas, reduzindo a extensão de perdas (Shivashankar, 2014).

2.3 Efeito do boro na produção e qualidade de frutos

O boro afeta significativamente o rendimento e qualidade das culturas, desempenhando importante papel na manutenção da integridade da parede celular, na fertilização, formação de frutos e sementes, sendo responsável pela ativação de enzimas, síntese proteica e atividade fotossintética (Gupta et al., 2016). Este micronutriente pode influenciar as relações hídricas das plantas, uma vez que a deficiência deste altera a absorção de água na raiz, o transporte através da planta e perda de água da folha, e, conseqüentemente, a absorção de nutriente (Wimmer; Eichert, 2013), contudo, a resposta de cada processo em diferentes espécies de plantas pode ser diferente. Dentre os micronutrientes, o boro é o que geralmente se encontra em menor concentração no solo, principalmente em solos arenosos, devido a sua alta capacidade de lixiviação (Mattiello et al., 2009).

O boro tem papel estrutural tanto na parede celular como na membrana plasmática e ainda funções no citoplasma (Voxeur; Fry, 2014), dentre os compostos biológicos que o boro pode formar, se evidencia um polissacarídeo péctico da parede celular, o Rhamnogalacturonan II (RG-II), o qual contribui para as propriedades mecânicas da parede primária e é necessária para o crescimento e desenvolvimento normal da planta. Desta forma, a redução da ligação cruzada do borato com o polissacarídeopéctico resulta em mudanças nas propriedades da parede celular podendo ocasionar vários sintomas associados à deficiência de boro nas plantas (O'Neill et al., 2004).

El-Motaium et al. (2019) avaliando adubação com nitrogênio e boro em mangueira cv. Zebda, cultivada no Egito, relatam incremento na produção de frutos associado aos nutrientes. Shaban et al. (2019) avaliando esta mesma cultivar no Egito, observaram que a aplicação foliar de ácido bórico proporcionou aumento das concentrações foliares de nitrogênio, fósforo, potássio e boro. Além disso, a clorofila total das folhas, carboidratos totais, açúcares totais e razão carbono/nitrogênio (C/N) também aumentaram com a pulverização foliar de ácido bórico.

De acordo com Aular e Natale (2013), a qualidade de frutos é obtida através do somatório de vários fatores tais como, as características externas do fruto (tamanho, formato, aparência, cor, textura, uniformidade, e firmeza), além do aroma, sabor, valor nutricional, acidez e teor de sólidos solúveis totais. Apesar dessas características serem inerentes ao gene de cada frutífera, a expressão das mesmas depende de vários fatores, dentre os quais se destaca o adequado suprimento nutricional da cultura, especialmente do boro (Aular; Natale, 2013).

Em pesquisa realizada no Paquistão com a mangueira cv. Dusehri, objetivando determinar o efeito da aplicação foliar de micronutrientes Ferro (Fe), Boro (B) e Zinco (Zn) sobre a qualidade dos frutos (massa de

fruto e semente, sólidos solúveis totais, acidez total, ácido ascórbico e açúcares não-redutores), Moazzam et al. (2011) verificaram uma melhoria significativa na qualidade dos frutos com a aplicação de todos os micronutrientes em comparação aos frutos não tratados. No entanto, Galli et al. (2012) afirmam que dentre os micronutrientes, o boro é o que mais afeta a qualidade e produtividade de frutos de mangueira.

Dos fertilizantes usados como fonte de boro, o ácido bórico e o bórax são os mais utilizados, por apresentarem maior solubilidade em água (Abat et al., 2015), sendo este um fator importante para o manejo da fertilização, em que fontes mais solúveis de boro aplicadas ao solo estão mais propícias a lixiviação (Sá; Ernani, 2016).

Em pesquisa realizada na região do Vale do São Francisco, avaliando diferentes manejos de adubação com ácido bórico na mangueira cv. Palmer, Barbosa et al. (2016) constataram que a produtividade da cultura foi significativamente influenciada pela fertilização boratada, com aumento de aproximadamente 133% em relação ao tratamento testemunha, todavia, ressaltam que a adubação quando aplicada somente via fertirrigação não é suficientemente eficiente quando comparada com a aplicação via solo e foliar, pois, embora este nutriente apresente baixa mobilidade na planta, é possível obter altos índices de utilização deste pela planta mediante a adubação foliar, além de respostas rápidas, como a correção de deficiência após seu aparecimento. Da mesma forma, Oldoni et al. (2018) pesquisando o manejo da adubação boratada em mangueiras cv. Palmer cultivada na região do Vale do São Francisco, verificaram que cinco aplicações foliares de ácido bórico (Duas primeiras 0.3% e três 0.2%) aumentaram a produção e qualidade dos frutos.

Bhatt et al. (2012), avaliando aplicações foliares de nutrientes (K, Ca, Zn e B) na pré-colheita de frutos de mangueira cv. Dashehari na Índia, observaram que as plantas pulverizadas com 0,5 % de bórax apresentaram maior rendimento, peso e volume de frutos, maior quantidade de sólidos solúveis, açúcar redutor, açúcar não redutor e teor de ácido ascórbico, quando comparado aos outros tratamentos. Em relação ao aumento no peso dos frutos, os autores atribuíram ao envolvimento do B no metabolismo hormonal, aumento da divisão e expansão celular, concluindo que o B também é conhecido por estimular a mobilização rápida de água e açúcar no fruto.

Sankar et al. (2013), em estudo realizado também na Índia, observaram efeitos positivos na nutrição da mangueira cv. Alphonso e qualidade de frutos em decorrência da aplicação foliar de ácido bórico (0,02 %), em que foi verificado aumento significativo no teor de sólidos solúveis, açúcares totais, açúcar redutor, açúcar não redutor, ácido ascórbico, carotenóides, ratio e valores mais baixos de acidez, além de maior teor de N, P, K e B foliar, quando comparado aos demais tratamentos. Ali et al. (2017) também constataram respostas benéficas para qualidade de fruto da mangueira cv. Zebda cultivada no Egito, quando aplicado ácido bórico e putrescina em dois ciclos da cultura, além de aumento de produção, rendimento de frutos e redução da porcentagem da queda de frutos. El-Hoseiny et al. (2020) avaliando o efeito de ácido bórico e húmico em frutos de mangueira cv. Zebda no Egito, observaram melhoria no crescimento, floração, rendimento e qualidade dos frutos.

3. Considerações finais

O manejo da adubação com boro apresenta resultados promissores na redução da estenoespermocarpia em mangueira, sendo uma alternativa viável para a mangicultura. Os benefícios do boro afetam positivamente a produção e qualidade de frutos de mangueira, no entanto, são necessários estudos para definição das fontes e doses do nutriente a serem aplicadas nos cultivos de mangueira em diferentes condições.

4. Referências

Abat, M.; Degryse, F.; Baird, R.; McLaughlin, M. J. (2015). Boron phosphate (BPO₄) as a seedling-safe boron fertilizer source. **Plant and Soil**, 391(1), 153–160.

Ali, M. S.; Elhamahmyb, M. A.; El-Shiekha, A. F. (2017). Mango trees productivity and quality as affected by Boron and Putrescine. **Scientia Horticulturae**, 216(1), 248-255.

Anuário Brasileiro da Fruticultura – ABF, (2017). Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 88p.

Assis, J. S.; Silva, D. J.; Moraes, P. L. D. (2004). Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga ‘Tommy Atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 26(2), 326-329.

Aular, J.; Natale, W. (2013). Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(4), 1214-1231.

Azevedo, F. A.; Borges, R. de S.; Fávero, M. A. B.; Giorgi Neto, R. O.; Schinor, E. H.; Bastianel, M. (2013). A polinização cruzada determina a formação de sementes em frutos de clementina Nules. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 43(1), 88-92.

Barbosa, L. F. S.; Calvacante, I. H. L.; Lima, A. M. N. (2016). Desordem fisiológica e produtividade de mangueira cv. Palmer associada à nutrição de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 38(1), 001-009.

Bhatt, A.; Mishra, N.; Mishra, D.; Singh, C. (2012). Foliar application of potassium, calcium, zinc and boron enhanced yield, quality and shelf life of mango. **Hort Flora Research Spectrum**, 1(4), 300-305.

Bhruguvanshi, S. R. (2009). Implications of climate change in mango. In: Lal S. S.; Govindakrishnan, P. M.; Dua, V. K.; Singh, I. F.; Pandey, S. K. **Impact Assessment of climate change for research priority planning in horticultural crops**. Central Potato Research Institute, 43-46.

Carvalho, C.; Kist, B. B.; Beling, R. R. (2019). **Anuário Brasileiro de horti&fruti 2020**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 96 p.

Costa, M. E.; Caldas, A. V. C.; Oliveira, A. de F. M.; Gurgel, M. T.; Silva, R. M. (2011a). Caracterização nutricional da mangueira “Tommy Atkins” em função da adubação nitrogenada. **Agropecuária Científica no Semiárido**, 7(1), 16-22.

Costa, M. E.; Caldas, A. V. C.; Souza, W. C. M. de; Gurgel, M. T.; Silva, R. M. (2011b). Caracterização nutricional da mangueira ‘Tommy Atkins’ sob adubação potássica. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, 6(2), 125-130.

Davenport, T.L. (2009). Reproductive Physiology. In: LITZ, R. E. **The Mango – Botany, Production and Uses**, 2 ed., 97–169. CAB International.

El-Motaium, R. A.; Shaban, A. E. A.; Badawy, S. H. & Ibrahim, A. S. A. (2019). Alleviation of alternate bearing phenomenon in mango (*Mangifera indica* L.) trees using boron and nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 42(20), 2861-2872.

El-Hoseiny, H. M.; Helaly, M. N.; Elsheery, N. I.; Alam-Eldein, S. M. (2020). Humic Acid and Boron to Minimize the Incidence of Alternate Bearing and Improve the Productivity and Fruit Quality of Mango Trees. **HortScience**, 55(7), 1026-1037.

- Fernandes, F.M.; Nascimento, V.M. (2004). Fertilidade do solo e nutrição de mangaieira. In: Rozane, D. E.; Darezzo, R. J.; Aguiar, R. L.; Aguilera, G. H. A.; Zambolim, L. **Manga – Produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, 179-198.
- Galli, J. A.; Palharini, M. C. A.; Fischer, I. H.; Mechelotto, M. D. (2012). Boro: efeito na produção e qualidade de frutos de diferentes variedades de manga. **Pesquisa & Tecnologia**, 9(2), 01-04.
- Genú, P. J. de C.; Pinto, A. C. de A. (2002). **A Cultura da Mangaieira**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 454 p.
- Gupta, R. P. V.; Bhattacharyya, D.; Hazarika, B. (2016). Effect of boron and potash on control of fruit splitting and fruit drop in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Amrapali. **Advances in Life Sciences**, 5(6), 2093-2099.
- Ho, L. C.; White, P. J. (2005). A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**, 95(4), 571–581.
- Huang, J. H.; Mab, W. H.; Liang, G. L.; Zhang, L. Y.; Wang, W. X.; Cai, Z. J.; Wen, S. X. (2010). Effects of low temperatures on sexual reproduction of ‘Tainong 1’ mango (*Mangifera indica* L.). **Scientia Horticulturae**, 126(1), 109–119.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em: 18 Jun. 2020.
- Mattiello, E. M.; Ruiz, H. A.; Silva, I. R.; Barros, N. F.; Neves, J. C. L.; Behling, M. (2009). Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33(5), 1281-1290.
- Mesejo, C.; Muñoz-Fambuena, N.; Reig, C.; Martínez-Fuentes, A.; Agustí, M. (2014). Cell division interference in newly fertilized ovules induces stenospermocarpy in cross-pollinated citrus fruit. **Plant Science**, 225(1), 86-94.
- Miguel, A. C. A.; Durigan, J. F.; Barbosa, J. C.; Morgado, C. M. A. (2013). Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(2), 398- 408.
- Moazzam, A.; Tahir, F. M.; Shahzad, J.; Mahmood, N. (2011). Effect of foliar application of micronutrients on the quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dusehri fruit. **Mycopathologia**, 9(1), 25-28.
- Moretti, C. L.; Mattos, L. M.; Calbo, A. G.; Sargent, S.A. (2010). Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. **Food Research International**, 43(7), 1824–1832.
- O’Neill, M. A.; Ishii, T.; Albersheim, P.; Darvill, A. G. (2004). RhamnogalacturonanII: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. **Annual Review of Plant Biology**. 55(1), 109–139.
- Oldoni, F. C. A.; Lima, A. M. N.; Cavalcante, I. H. L.; Sousa, K. S. M.; Carneiro, M. A.; Carvalho, I. R. B. (2018). Boron fertilizing management on fruit production and quality of mango cv. Palmer in semiarid. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 40(3), 1-8.

- Oliveira, D. S.; Aquino, P. P.; Ribeiro, S. M. R.; Proença, R. P. C.; Pinheiro-Sant'ana, H. M. (2011). Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, 33(1), 89-98.
- Ponchner, S.; Rojas, R.; Bornemisza, E. (1993). Variacion estacional de nutrimentos en arboles de mango (*Mangifera indica*) en tres suelos del pacifico seco de costa rica. I. Macronutrimentos. **Agronomia Costarricense**, 17(2), 21-30.
- Quaggio, J.A. (1996). Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: São Jose, A.R.; Souza, I.V.B. Martins, J.M.; Morais, O. M. (Ed.). **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 106-135.
- Ramírez, F.; Davenport, T. L.; (2010). Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, 126(2), 65–72.
- Revers, L. F.; Lampe, V. S.; Oliveira, P. R. D.; Camargo, U. A.; Lima, J. C. (2006). Uso prático de marcadores moleculares para seleção assistida no melhoramento de uvas apirênicas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 28(1), 104-108.
- Sá, A. A. de; Ernani, P. R. (2016). Boron leaching decreases with increases on soil pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 40(2), 1-7.
- Sankar, C.; Saraladevi, D.; Parthiban, S. (2013). Effect of foliar application of micronutrients and sorbitol on fruit quality and leaf nutrient status of mango cv. Alphonso. **Asian Journal of Horticulture**, 8(2), 714-719.
- Saran, P. L.; Kumar, R. (2011). Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica* L.): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, 81(6), 506-510.
- Saran, P. L.; Kumar, R.; Ercisli, S.; Choudhary, R. (2015). Fruit cracking in mango (*Mangifera indica* L.) cv. 'Dashehari'. **Erwerbs-Obstbau**, 57(2), 93-96.
- Shaban, A. E. A.; El-Motaium, R. A.; Badawy, S. H.; Ibrahim, A. S. A. (2019). Response of mango tree nutritional status and biochemical constituents to boron and nitrogen fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, 42(20), 2784-2793.
- Shivashankar, S. (2014). Physiological disorders of mango fruit. **Horticultural Reviews**, 42, 313-347.
- Silva, D. F. P.; Siqueira, D. L.; Pereira, C. S.; Salomão, L. C. C.; Struiving, T. B. (2009). Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata Mineira. **Revista Ceres**, 56(6), 783-789.
- Silva, J. S.; Campeche, L. F. S. M.; Barbosa, D. F.; Lira, R. M.; Barnabé, J. M. C.; Souza, D. H. S. (2015). Estimativa da evapotranspiração da cultura da mangueira no Vale do São Francisco. **Revista GEAMA**, 2(1), 56-68.

Sukhvibul, N.; Whiley, A. W.; Vithanage, V.; Smith, M. K.; Doogan, V. J.; Suzan, E. H. (2000). Effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth of four cultivars of mango (*Mangifera indica* L.). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 75(2), 214-222.

Teixeira, G. H. de A.; Durigan, J. F. (2011). Storage of ‘Palmer’ mangoes in low-oxygen atmospheres. **Fruits**, 66(4), 279-289.

Voxeur, A.; Fry, S. C. (2014). Glycosylinositol phosphoryl ceramides from Rosa cell cultures are boron-bridged in the plasma membrane and form complexes with rhamnogalacturonan II. **The Plant Journal**, 79(1), 139-149.

Wimmer, M. A.; Eichert, T. (2013). Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. **Plant Science**, 204, 25-32.

Xavier, I. F.; Leite, G. A.; Medeiros, E. V. de; Morais, P. L. D. de; Lima, L. M. de; (2009). Qualidade pós-colheita da manga ‘Tommy Atkins’ comercializada em diferentes estabelecimentos comerciais no município de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, 22(4), 7-13.