



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

Franciele Miranda de Moura

**Prolina e extrato de *Ascophyllum nodosum* no estado nutricional da  
mangueira 'Kent'**

Petrolina-PE

2021

**Franciele Miranda de Moura**

**Prolina e extrato de *Ascophyllum nodosum* no estado nutricional da mangueira 'Kent'**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Herbert  
Lucena Cavalcante  
Co-orientador: Prof. Dr. Vespasiano  
Borges de Paiva Neto

Petrolina-PE

2021

M929p Moura, Franciele Miranda de  
Prolina e extrato de *Ascophyllum nodosum* no estado nutricional da mangueira 'Kent' / Franciele Miranda de Moura. – Petrolina, 2021.  
59f.: Il. ; 29 cm.

Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2021.

Orientador: Prof.º Dr.º Ítalo Herbert Lucena Cavalcante.

Inclui referências.

1. Plantas - nutrição. 2. Bioestimulante. 3. Nutrição vegetal. 4. Mangueira - cultivo. I. Título. II. Cavalcante, Ítalo Herbert Lucena. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 581.1335

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

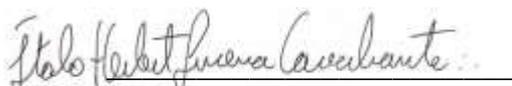
Franciele Miranda de Moura

Prolina e extrato de *Ascophyllum nodosum* no estado nutricional da  
mangueira 'Kent'

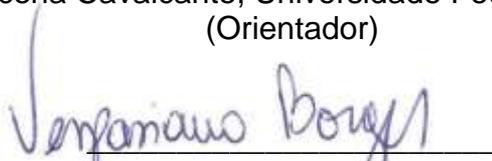
Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 20 de julho de 2021.

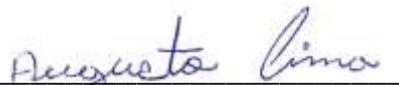
**Banca Examinadora**



Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(Orientador)



Prof. Dr. Vespasiano Borges de Paiva Neto, Universidade Federal do Vale do São  
Francisco (Co-orientador)



Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima, Universidade Federal do Vale do São  
Francisco (Membro interno)



Prof. Dr. Wagner Pereira Félix, Universidade Federal do Vale do São Francisco  
(Membro externo)

## AGRADECIMENTOS

Sou eternamente grata à Deus pelo fôlego da vida, pelos desafios apresentados e por toda proteção divina que recebi, mesmo sem merecer.

À FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pela concessão da bolsa de estudo que me permitiu realizar parte dos meus estudos, e a Agronogueira Exportação e Importação Ltda pela inserção no mercado de trabalho. As Fazendas DAN (Desenvolvimento Agrícola do Nordeste) e Fazenda Aracê do grupo Special Fruit pela concessão do espaço e confiança em disponibilizar área experimental.

Aos Professores Ítalo Cavalcante e Vespasiano Borges pela confiança desde antes do início do curso, quando cursei disciplinas como aluna especial, o apoio prestado, incentivo e solidariedade, gratidão.

Aos meus amigos Adilson Almeida Melo, Dr. Manoel Gonçalves, José Ferreira Lima e Dr. Marta Amâncio pelo investimento no capital humano à vários estudantes, confiança em mim e na minha formação desde a graduação até o final desse ciclo. Vocês foram e são meus exemplos de profissionais.

Aos meus amigos e professores Carlos Roberto de Oliveira e Érika Rodrigues Barbosa por todo suporte desde o início do mestrado, não só pelo apoio logístico mas por sempre partilhar o pão e teto comigo. Não foi fácil, mas sem o apoio de vocês seria muito mais difícil.

Aos componentes da Univasf *campus* Centro de Ciências Agrárias pelo auxílio na realização das análises laboratoriais, em especial a Mônica Zuffo, Jeferson Cavacini, Kátia Silva e Prof. Dr. Wagner Félix, ao Grupo de Pesquisa FRUTVASF. Aos amigos Jackson Lobo, Laiane Mudo, Jayne Lino, Adriana Santos, Mayara Lima, Daniel Almeida, Luciana Sanches, Lisandra e aos demais meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Os efeitos do fornecimento exógeno do aminoácido prolina e do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* para mitigar os efeitos dos estresses abiótico para a mangueira, a combinação de ambos e a forma de aplicação apresentam poucos estudos científicos disponíveis na literatura. Diante desse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar a eficácia da prolina e *A. nodosum* isolados ou em combinação na forma de aplicação sobre o estado nutricional das plantas adultas cv. Kent cultivadas no semiárido em propriedades distintas nas safras 2019 e 2020. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x2x2, correspondente à: i) Concentrações de prolina: manejo da fazenda 0,0% (sem prolina), 0,287%; 0,575%; e 1,150%; e ii) Extrato de algas (com e sem), iii) Forma de aplicação (solo ou foliar), sendo cinco aplicações desde a maturação até a floração plena. Os teores foliares de N, P, K, Na, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn e Mn foram avaliados no início do desenvolvimento floral (IDF) e floração plena. Os dados foram submetidos a ANOVA pelo teste 'F' e submetidos a ajustamento do modelo de regressão. Os teores de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e Na ( $\text{g kg}^{-1}$ ) são afetados significativamente pela interação entre os fatores de variância no IDF, enquanto o Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na forma de aplicação e prolina, o extrato de *A. nodosum* e forma de aplicação para a floração plena interferem no teor do Cu ( $\text{mg g}^{-1}$ ). O uso de *A. nodosum* tem efeito positivo nas concentrações foliares de P e K, mas negativamente afeta N, Mg e B. A prolina positivamente estimula a nutrição de P, K, S e B na dose de 1,150% quando aplicada via solo. A forma de aplicação (solo ou foliar) de extrato de *A. nodosum* e doses de prolina interferem de forma distinta no estado nutricional da mangueira Kent durante o IDF e floração plena. A aplicação via solo dos tratamentos e o efeito isolado da prolina e do extrato de *A. nodosum*, apresentaram melhores resultados sobre a nutrição.

**Palavras-chave:** Bioestimulante. Estresse abiótico. Algas marinhas. Nutrição vegetal.

## ABSTRACT

The effects of the exogenous supply of the amino acid proline and seaweed extract *Ascophyllum nodosum* to mitigate the effects of abiotic stresses on the hose, the combination of both and the form of application present few scientific studies available in the literature. In this context, the aim of the study was to evaluate the efficacy of proline and *A. nodosum* isolated or in combination in the form of application on the nutritional status of adult plants cv. Kent cultivated in the semi-arid in different properties in the 2019 and 2020 harvests. The design used was in randomized blocks in a 4x2x2 factorial scheme, corresponding to: i) Proline concentrations: farm management 0.0% (without proline), 0.287%; 0.575%; and 1.150%; and ii) Algae extract (with and without), iii) Application form (soil or foliar), being five applications from maturation to full flowering. Leaf contents of N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn, Mn, Fe and Na were evaluated at the beginning of floral development (IDF) and full flowering. The data were submitted to ANOVA by the 'F' test and submitted to adjustment of the regression model. The levels of K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) and Na ( $\text{g kg}^{-1}$ ) are significantly affected by the interaction between variance factors in the IDF, while Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) in the form of application and proline, the extract of *A. nodosum* and the form of application for full flowering interfere with the Cu content ( $\text{mg g}^{-1}$ ). The use of *A. nodosum* has a positive effect on leaf concentrations of P and K, but negatively affects N, Mg and B. Proline positively stimulates the nutrition of P, K, S and B at a dose of 1.150% when applied via soil. The form of application (soil or foliar) of *A. nodosum* extract and proline doses interfere differently in the nutritional status of the Kent mango during IDF and full flowering. The soil application of the treatments and the isolated effect of proline and *A. nodosum* extract showed better results on nutrition.

**Key-words:** Bioestimulant. Abiotic stress. Seaweed. Plant nutrition.

## Lista de figuras

Capítulo 1	Pág.
<b>Figura 1</b> – Fórmula estrutural da L-prolina.....	17
<b>Figura 2</b> – Dados de temperatura máxima, mínima e média (T°C); umidade relativa do ar (UR%) e precipitação (mm). Registrados durante a condução do experimento, para as safras 2019 e 2020.....	22
<b>Figura 3</b> – As setas apontam exemplos de folhas maduras no último fluxo vegetativo de mangueira Kent coletadas no início do desenvolvimento floral IDF (A) e na floração plena (B) para análise nutricional.....	24
<b>Figura 4</b> – Cronograma das atividades realizadas nas respectivas safras.....	26
<b>Figura 5</b> – Teor foliar de fósforo no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019, em função de <i>A. nodosum</i> (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.....	33
<b>Figura 6</b> – Teores foliares de fósforo no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2020 em função de prolina e <i>A. nodosum</i> (A), concentrações de prolina e formas de aplicação (solo e foliar) (B) .....	33
<b>Figura 7</b> – Teores foliares de potássio no início do desenvolvimento foral (IDF) na safra 2019 (A) e 2020 (B) em função da interação entre <i>A. nodosum</i> (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentração de prolina.....	35
<b>Figura 8</b> – Teor foliar de sódio no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2020, em função da interação entre <i>A. nodosum</i> (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.....	36
<b>Figura 9</b> – Teor foliar de enxofre no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2020 em função da <i>A. nodosum</i> , formas de aplicação e doses de prolina.....	37
<b>Figura 10</b> – Teores foliares de magnésio no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019 em função de <i>A. nodosum</i> (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) (A), formas de aplicação (solo e foliar) e concentração de prolina (B).....	38
<b>Figura 11</b> – Teores foliares de boro no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019 em função da interação entre <i>A. nodosum</i> (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (A), na safra 2020 entre <i>A. nodosum</i> (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) (B), <i>A. nodosum</i> (com e sem) e concentrações de prolina (C).....	39
<b>Figura 12</b> – Teores foliares de cobre no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019 em função da interação entre <i>A. nodosum</i> (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (A), na safra 2020 entre <i>A. nodosum</i> (com e sem) e concentrações de prolina (B), <i>A. nodosum</i> (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) (C).....	41
<b>Figura 13</b> – Teor foliar de zinco no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2020, em função da interação <i>A. nodosum</i> (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.....	42
<b>Figura 14</b> – Teores foliares de manganês no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019 (A) em função da interação entre <i>A. nodosum</i> (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina. Na safra 2020 (B) entre <i>A. nodosum</i> (com e sem) e concentrações de prolina, formas de aplicação (solo e foliar) e prolina (C).....	43
<b>Figura 15</b> – Teores foliares de nitrogênio durante a floração plena na safra 2019, em função da interação do <i>A. nodosum</i> (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (A), na safra 2020 entre <i>A. nodosum</i> (com e sem), formas	44

de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (B).....

**Figura 16** – Teores foliares de fósforo durante a floração plena nas safras 2019 (A) e 2020 (B) entre a interação *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar).....

45

**Figura 17** – Teores foliares de potássio durante a floração plena na safra 2019 (A) em função das formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina e na safra 2020 (B) entre *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina.....

46

**Figura 18** – Teores foliares de cálcio durante a floração plena na safra 2019 (A) em função das formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina, na safra 2020 (B) entre *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (C).....

47

**Figura 19** – Teores foliares de magnésio durante a floração plena na safra 2019 (A) em função do *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina, na safra 2020 (B) entre *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.....

48

**Figura 20** – Teores foliares de boro durante a floração plena na safra 2020 (A) em função do *A. nodosum* (com e sem), as formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.....

49

**Figura 21** – Teores foliares de zinco durante a floração plena na safra 2019 (A) em função do *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina, *A. nodosum* (com e sem) e as formas de aplicação (solo e foliar) (B). Na safra 2020 (C) a interação entre as formas de aplicação (solo e foliar) e as concentrações de prolina.....

50

**Figura 22** – Teores foliares de cobre durante a floração plena na safra 2019 (A) e 2020 (B) em função do *A. nodosum* (com e sem) e as formas de aplicação (solo e foliar).....

51

**Figura 23** – Teor foliar de manganês durante a floração plena na safra 2020 em função do *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina.....

52

.

## Lista de tabelas

Capítulo 1	Pág.
<b>Tabela 1</b> – Análise química do solo da área experimental cultivada com mangueira cv. Kent, antes da instalação do experimento em 2019 e em 2020.....	22
<b>Tabela 2</b> – Estado nutricional da mangueira 'Kent' antes da instalação do experimento em 2019 e em 2020.....	24
<b>Tabela 3</b> – Resumo da análise de variância no início do desenvolvimento floral (IDF) da safra 2019, para as concentrações foliares de macro, micronutrientes e de sódio em mangueira 'Kent' em função de uso (com e sem) de <i>A. nodosum</i> , formas de aplicação (solo e foliar) e doses de prolina.....	27
<b>Tabela 4</b> – Resumo da análise de variância o início do desenvolvimento floral (IDF) da safra 2020, para as concentrações foliares de macro, micronutrientes e de sódio em mangueira 'Kent' em função de uso (com e sem) de <i>A. nodosum</i> , formas de aplicação (solo e foliar) e doses de prolina.....	28
<b>Tabela 5</b> – Resumo da análise de variância durante a floração plena da safra 2019, para as concentrações foliares de macro, micronutrientes e de sódio em mangueira 'Kent' em função de uso (com e sem) <i>A. nodosum</i> , formas de aplicação (solo e foliar) e doses de prolina .....	29
<b>Tabela 6</b> – Resumo da análise de variância durante a floração plena da safra 2020, para as concentrações foliares de macro, micronutrientes e de sódio em mangueira 'Kent' em função de uso (com e sem) <i>A. nodosum</i> , formas de aplicação (solo e foliar) e doses de prolina .....	30

## SUMÁRIO

	Pág.
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Estresses abióticos.....	14
2.1.1. Temperatura.....	16
2.2 Prolina.....	17
2.3 Extratos de algas na agricultura.....	18
2.3.1. <i>A. nodosum</i> .....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Área da coleta.....	21
3.2 Manejo da área.....	22
3.3 Delineamento experimental.....	24
3.4 Análise estatística.....	26
4 RESULTADOS.....	26
5 DISCUSSÃO.....	31
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	58
7 REFERÊNCIAS.....	59

## 1. INTRODUÇÃO

A manga foi a fruta mais exportada do Brasil em 2019, a região do Vale do São Francisco principal produtora da fruta no país, teve alta acima de 20% nas exportações em relação à 2018. O principal destino foi o mercado externo, sendo o Estados Unidos e a União Europeia os principais destinos. Novas áreas produtoras na região, além do aumento da produtividade, respondem por esse aumento da oferta também para o mercado interno, também apresentou alta na demanda pela fruta (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTIFRUTI, 2020).

Das mangas mais exportadas para o mercado norte-americano a “Kent” ocupa o segundo lugar (SIDDIQ et al., 2017). Os frutos apresentam características almejadas pelo mercado consumidor internacional, embora essa variedade apresente como um dos principais entraves a irregularidade de produção devido ao difícil manejo de floração e a baixa retenção de frutos por panícula (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010).

A mangicultura irrigada praticada no semiárido adota técnicas específicas de manejo que são utilizadas para promover a maturação dos ramos sob redução de lâmina hídrica e reguladores vegetais, indução floral com sais de nitrato para consequentemente promover a frutificação mesmo em plantas jovens. Dessa forma, ocorre a produção em diferentes períodos do ano, mesmo sob exposição à vários estresses abióticos (MOUCO et al., 2010; CAVALCANTE et al., 2018).

A exposição das plantas à condições desfavoráveis de cultivo tais como: salinidade do solo, estresse hídrico, temperaturas elevadas, metais pesados, excesso de nutrientes entre outros fatores, na maioria das vezes atuando em conjunto, induzem a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) como subprodutos do metabolismo, que ao acumular pode reagir com moléculas biológicas e causar danos ao metabolismo vegetal e, consequentemente, ao estado nutricional da cultura (OLIVEIRA; ALENCAR; GOMES-FILHO, 2013; BARBOSA et al., 2014).

Nesse sentido, alguns estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar estratégias que possam amenizar os estresses abióticos com a manutenção da adequada nutrição das culturas, dentre as quais destaca-se o uso de bioestimulantes que, segundo Du Jardin (2015) são substâncias ou microorganismos aplicados às plantas com o objetivo de aumentar a eficiência nutricional, a tolerância ao estresse abiótico e/ou qualidade da cultura, independentemente da sua composição nutricional. Segundo esses autores,

existem oito grandes categorias de substâncias que atuam como bioestimulantes com destaque para extratos de algas marinhas, quitina e derivados de quitosana, antitranspirantes e aminoácidos livres mais substâncias contendo N, com destaque para os extratos de algas e, especialmente, aminoácidos como prolina e glicina.

De acordo com Halpern et al. (2015) os extratos de alga, dentre os quais se inclui *Ascophyllum nodosum*, podem afetar a nutrição de plantas através de processos no solo e diretamente na fisiologia vegetal. Os mecanismos de solo incluem microrganismos benéficos e mineralização de nutrientes além de melhoria na solubilidade no solo através de redução e quelatização de micronutrientes, enquanto nas plantas há melhoria na mobilidade de micronutrientes, na morfologia de raízes e na atividade das enzimas atuantes na assimilação do  $\text{NO}_3^-$ .

A prolina acumula-se no citoplasma para equilibrar o balanço iônico nos vacúolos, sob condições salinas e de déficit hídrico (ESTEVEZ ; SUZUKI, 2008), bem como atua como antioxidante, na sinalização e quelatizante de metais durante o estresse abiótico (HAYAT et al, 2012).

Embora existam trabalhos indicando o uso de bioestimulantes para a cultura da mangueira (CAVALCANTE et al., 2018; LOBO et al, 2019a e 2019b; SILVA et al, 2020; MUDO et al, 2020; CAVALCANTE et al., 2020) os efeitos da associação prolina e extrato de *A. nodosum* especificamente para o estado nutricional da mangueira cultivada em condições adversas ainda não foram mensurados e podem constituir um avanço no sistema produtivo da cultura.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de extrato de alga *A. nodosum* associado a doses de prolina aplicados via foliar e solo no estado nutricional de mangueira cv. Kent no Submédio do Vale do São Francisco.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Segundo Ferreira et al. (2002) o Brasil passou por duas introduções de variedades de manga, a primeira com os colonizadores portugueses nos primórdios da colonização onde os frutos apresentavam fibras, eram poliembrionicos e com baixa resistência ao transporte. Já a segunda inserção ocorreu por meio de variedades indianas melhoradas geneticamente nos Estados Unidos, com menor conteúdo de fibras e sementes monoembrionicas que foram sendo essas introduzidas em pomares mais tecnificados.

Devido o padrão exigido pelo mercado externo, mangas com cor e forma atraente, textura firme, polpa macia, aroma agradável com menos fibra possível e coloração da pele avermelhada são as mais produzidas atualmente (ARAÚJO, MORAES, CARVALHO, 2017). Os frutos da variedade 'Kent' correspondem a essas expectativas e é um das variedades mais comercializada nos Estados Unidos, seu local de origem. O sucesso em vendas acontece pois além do baixo teor de fibras, essa variedade apresenta formato oval, peso médio de 550 a 1000 gramas e elevada concentração de sólidos solúveis (SIDDIQ et al, 2017; COSTA; SANTOS, 2004).

Segundo Singh et al. (2005) a Kent possui elevados índices de abscisão de frutos em todas as fases de desenvolvimento dos frutos, mais acentuada no início da polinização, o que reflete negativamente na produção, com causa diversas desde desordens nutricionais à estresses abióticos. Outro inconveniente presente durante a indução floral na 'Kent' é o elevado vigor vegetativo, relacionado ao teor de nitrogênio foliar, quando comparado com a Tommy Atkins, o que exige uma dose maior do regulador de crescimento paclobutrazol (MOUCO, 2004).

De acordo com Núñez-Elisea e Davenport (1995) em regiões tropicais em que não ocorram temperaturas noturnas frias, a floração da manga só ocorre quando o broto atinge maturidade. Em condições semiáridas, torna-se indispensáveis a indução floral em ramos maduros com idade de pelo menos 3 meses (MOUCO et al., 2010).

### **2.1 Estresses abióticos**

Pode-se exemplificar como estresses abióticos: o hídrico, salinidade do solo, resfriamento, congelamento, calor, acidez do solo, temperatura, metais pesados, excessos de nutrientes entre outros diversos presentes no cultivo, que na maioria das vezes atuam em conjunto para promoção dos estresses. (OLIVEIRA; ALENCAR; GOMES-FILHO, 2013).

As plantas submetidas a esses estresses, induzem a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) formadas como subprodutos do metabolismo, quando acumuladas podem reagir com moléculas biológicas e causar danos irreversíveis que podem levar à morte celular (BARBOSA et al., 2014).

Um passo crucial na defesa da planta é a percepção do estresse, a complexa rede de sinalização produzida e estágio de desenvolvimento do vegetal, envolve diversas adaptações fisiológicas, celulares e moleculares. Conseqüentemente, a ativação das moléculas especializadas seja de forma antagônica e/ou sinérgica como resposta de defesa à combinação específica do estresse, contribui para proteger a planta e aumentar sua resistência ou tolerância (REJEB et al., 2014).

Um dos principais estresses abióticos para as plantas é o hídrico, a falta de água em nível celular necessária para manter a pressão de turgor comprometem o metabolismo da planta (LU et al., 2012). Compreender como as plantas se adaptam e os mecanismos que elas utilizam para superar é fundamental para desenvolver tecnologias e melhorar a capacidade de superação ao déficit hídrico (BIANCHI; GERMINO; DE ALMEIDA, 2016). Em cultivos comerciais, são viáveis apenas dentro de valores específicos e definidos de temperatura, regime hídrico, altitude, insolação, umidade relativa e ventos (SILVA, et al., 2010; AULAR; NATALE, 2013).

Os estresses abióticos interferem diretamente na nutrição das plantas. Conseqüentemente, a produtividade agrícola pode ser reduzida por uma série de estresses bióticos e abióticos que alteram o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Nesse contexto, destacam-se a deficiência de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, bem como os estresses decorrentes da baixa disponibilidade hídrica e das altas temperaturas (SILVA et al., 2012).

Para a mangicultura do Submédio do Vale do São Francisco, a exposição aos estresses abióticos tais como, redução da lâmina hídrica, elevadas temperaturas e intensidades luminosas, além de reguladores vegetais e aplicação de sais de nitratos são técnicas específicas de manejo cultural na região que resultam em alterações morfofisiológicas necessárias ao escalonamento e produção da mangueira (MOUCO, 2004; MOUCO et al., 2010; CAVALCANTE et al., 2018).

Em mangueiras, o ajuste osmótico nas células é fundamental nos processos envolvidos para tolerância à baixos potenciais hídricos do solo na fase que antecede o florescimento. Segundo Saxena; Singh; Rajan (2015) ocorre diferenças significativas nos

potenciais hídricos das folhas e teor relativo de água de mangueira nas fase de início de desenvolvimento floral, floração e floração plena.

### **2.1.1. Temperatura**

Para que ocorra o florescimento na mangueira, esse processo se inicia com a formação dos brotos que precisa ser estimulado por fatores ambientais, dentre eles oscilações de temperatura, manejo de produção (poda, controle de irrigação, adubação, exposição ao etileno) estimulados por promotor florígeno ou promotor vegetativo, influenciados em condições subtropicais por temperaturas baixas, próximas a 18°C (DAVENPORT, 2007; DAVENPORT, 2009; RAMIREZ; DAVENPORT, 2010).

A mangueira apresenta um crescimento rítmico em estudos realizados por Whiley et al. (1989) para diversas mangueiras sob temperaturas de 20 °C diurna e 15 °C à noite as plantas necessitavam de 20 semanas para completar o ciclo de crescimento e dormência quando expostas à 30°C durante o dia e 25°C noturna, para o mesmo ciclo apenas seis semanas foram suficientes, diminuindo o período da poda até a fase de maturação de ramos.

Durante o período de estiagem na região produtora de manga na Austrália, Lu et al. (2015) observaram que em variedades monoembriônicas a taxa de fotossíntese líquida foi maior que as poliembriônicas, porém, cultivares poliembriônicas regulam melhor, a taxa de fotossíntese líquida durante o alto déficit de pressão de vapor do que cultivares monoembriônicas. Para ambos os ecotipos monoembriônicos e poliembriônicos, Sukhvibul et al. (2000) constataram a faixa de temperatura ideal entre 15 e 25 °C para a germinação do grão de pólen e para crescimento do tubo polínico entre 20 e 25 °C.

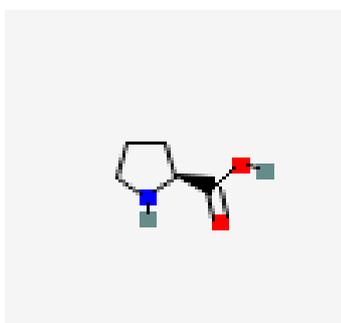
Segundo Soule (1985) temperaturas elevadas prejudicam a formação e viabilidade do grão de pólen em mangueiras, assim como podem aumentar a presença de frutos com má formação e conseqüentemente baixo valor comercial. Na região do Submédio do Vale do São Francisco, o mês com maior risco de temperaturas máximas extremas é novembro, portanto o período mais sujeito à estenospermocarpia (SANTIAGO et al., 2020). Segundo Carvalho et al (2020) a adequada nutrição das plantas com boro reduz a formação desse e outros distúrbios fisiológicos encontradas em mangueira.

O aproveitamento da radiação solar em mangueira associada ao déficit hídrico pode comprometer a eficiência do uso da água pela planta, assim como a posição da folha na copa, logo o crescimento e desenvolvimento das plantas, plantas de 'Tommy Atkins'

(ALMEIDA et al., 2015). Para a mangicultura, o aumento da temperatura pode culminar em redução do ciclo fenológico e da evapotranspiração da cultura, trabalhos de aptidões agrícolas podem contribuir para um melhor planejamento agrícola, variedades adaptadas a região e fisiologia vegetal são essenciais para melhores produções de frutos (MOURA et al., 2015).

## 2.2. Prolina

A biossíntese do aminoácido L-prolina ( $C_5H_9NO_2$ , CID: 145742, Figura 1) em plantas superiores ocorre no cloroplasto e no citoplasma, por meio de duas vias metabólicas, pelo ácido glutamâmico ou pela ornitina. Já a degradação, nas mitocôndrias através da cadeia de transporte de elétrons, onde o metabolismo deste aminoácido influencia a sinalização de rotas de formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) nesta organela (LIANG et al, 2013; SZEPESI; SZOLLOSI, 2018).



**Figura 1.** Fórmula estrutural da L-prolina (IUPAC, 2021).

De acordo com Carneiro et al. (2006) em plantas a via de catabolismo interfere no acúmulo da prolina e a degradação ocorre catalisada por duas enzimas. A prolina desidrogenase (ProDH) catalisa a conversão deste aminoácido em  $\Delta^1$ -pirrolina-5-carboxilato (P5C) que é, então, oxidada a glutamato pela P5C desidrogenase (P5CDH) (YOSHIBA et al., 1997). Em condições de estresse osmótico, a via que mais contribui para produção é através do glutamato. A prolina atua como antioxidante, na sinalização e quelatizante de metais durante o estresse abiótico (HAYAT et al, 2012).

Diversas plantas acumulam a prolina no citoplasma para equilibrar o balanço iônico nos vacúolos, como osmorregulador atóxico e protetor sob condições salinas, a concentração desse aminoácido aumenta em resposta ao estresse provocado por NaCl (HASEGAWA et al., 2000; ZHIFANG ; LOESCHER 2003; ESTEVES ; SUZUKI, 2008). A prolina se diferencia dos demais aminoácidos por ser um iminoácido, por possuir a cadeia

alifática com estrutura cíclica, onde seu grupo amino secundário é mantido em uma conformação rigorosa a qual diminui a flexibilidade estrutural de proteínas, contendo prolina (NELSON; COX, 2011). Destaca-se a proteção contra a desidratação de proteínas (PALEG et al., 1984). Por ser osmoticamente ativa, consegue mantêm um gradiente osmótico celular mais favorável (RAINS, 1989).

Segundo Blanco et al. (2008) o aumento do teor de prolina com as doses de K e a redução de Cl/N com as doses de N, sugerem que o aumento na adubação potássica e nitrogenada pode ser benéfico para o tomateiro sob condições de salinidade moderada. Adubações nitrogenadas promovem o acúmulo de prolina e compostos nitrogenados em plantas de milho, com redução na absorção de Cl<sup>-</sup> (FEIJÃO et al., 2013).

Outras respostas promovida pela prolina nas plantas são: o incremento na atividade de enzimas como a Rubisco, maior estabilidade na cadeia transportadora de elétrons e manutenção do turgor celular por conta do acúmulo de prolina no citosol. Com isso ocorre incremento na fotossíntese (HAMILTON; HECKANTHON, 2001; KAUSHAL et al., 2011; KHAN et al., 2015).

Segundo Cvikrová et al. (2013), em condições de estresse o nível de acumulação desse aminoácido apesar de variável entre espécie pode chegar à ser 100 vezes superior do que vegetais em condições favoráveis de cultivo. Em condições semiáridas Cunha (2019) observou que a prolina exógena fornecida as plantas via foliar, pode ser absorvida pela mangueira Tommy Atkins, durante a maturação dos ramos, atuando como bioestimulante e no incremento dos níveis endógenos de enzimas antioxidantes.

Ocorre correlação positiva entre a aplicação do regulador vegetal paclobutrazol com o conteúdo endógeno de prolina em mangueira sob condições salinas, com incremento superior à 10% quando comparado à plantas em condições de estresse salino sem o paclobutrazol (SRIVASTAV et al., 2010). Também há indícios de correlação positiva entre a redução da lâmina hídrica e o conteúdo de prolina endógena (SRIKASETSARAKUL et al., 2011). De acordo com Mouco et al. (2010) o paclobutrazol é o mais utilizado na região do Vale do São Francisco em mangueiras, tendo sido a aplicação via foliar desse regulador vegetal ineficiente para controlar o crescimento vegetativo em 'Kent'.

### **2.3 Extratos de algas na agricultura**

A necessidade por práticas agrícolas sustentáveis que causem um menor impacto ambiental em detrimento a produtividade é um dos principais desafios na fruticultura. Em

condições de campo o manejo das culturas é voltado para redução dos estresses abióticos e bióticos para os vegetais de interesse econômico, principalmente aqueles de alta rentabilidade voltados para o mercado externo.

Diante disso, a busca por soluções passa pela pesquisa e desenvolvimento de novos ativos naturais e renováveis. Uma das vertentes de pesquisa que têm sido analisada por várias décadas é o uso dos extratos de algas (COSTA et al., 2014). Desde a década de 1960, há a comercialização de extratos de algas seja como pó ou líquido, e seu sucesso comercial pode ser devido a sua relativa facilidade do transporte e do armazenamento assim como sua eficiência biológica (STIRK e VAN STANDER, 2006).

Os sub-produtos de algas marinhas apresentam atividades precursoras e o uso de formulações a base de extratos de algas atuam como substâncias com efeito de bioestimulantes (MOHAMED e EL- SEHRAWY, 2013; DU JARDIM, 2012). As micro e macroalgas têm sido usadas há muito tempo para aumentar a produtividade das plantas e a produção de alimentos em várias regiões do mundo através de seus efeitos benéficos quando aplicados aos solos. As interações de algas com a biota do solo são, sem dúvida, complexas e os benefícios dependem da cultura e das condições ambientais locais (CRAIGIE, 2010).

Os extratos de algas fornecem às plantas alguns elementos com efeito benéficos nas plantas, pois contêm hormônios promotores de crescimento, metabólitos, vitaminas, aminoácidos, nitrogênio e potássio, mas pouco fósforo, plantas tratadas com extratos de algas apresentam teores de carboidratos, proteínas, aminoácidos livres, polifenóis e teor de nitrogênio nas plantas tratadas com algas marinhas maiores que a testemunha (PISE ; SBALE, 2010; RONGA et al., 2019).

Os extratos de algas marinhas em pequenas concentrações são precursores de respostas fisiológicas sobre o crescimento da planta, tolerância das culturas a estresses abióticos, como salinidade, temperaturas extremas, deficiência de nutrientes e seca, e também melhoria da qualidade dos produtos, tanto em tempo de vida útil, como em sua composição nutricional (BATTACHARYYA et al., 2015).

Já para se adaptar as condições ambientais de estresses abióticos e bióticos que estão expostas as algas, a produção de compostos químicos está extremamente ligada à fisiologia das espécies e à síntese desses compostos essenciais a sobrevivência dependem das espécies, os metabólitos primários são comuns a maioria, já os secundários produzidos

em menor quantidade pelas algas depende muito da importância de determinado composto para sobrevivência (GRESSLER, 2010).

Quanto ao uso de extratos de algas em mangueiras no, o rendimento quantitativo e qualitativo das mangueiras "Hindy Bisinnara" em resposta à aplicação foliar do extrato de algas marinhas foi essencial para melhorar o crescimento, rendimento, bem como algumas características físicas e químicas dos frutos, comparado às plantas testemunhas (MOHAMED; EL- SEHRAWY, 2013).

Em condições de clima semiárido em dois ciclos produtivos consecutivos, um bioestimulante comercial contendo nutrientes, aminoácidos livres e extrato de algas *Lithothamnium* beneficiaram o estado nutricional, inclusive aumentaram o teor de nitrogênio no tecido vegetal como também aumentaram a produção da manga 'Kent' (LOBO et al., 2019a; LOBO et al., 2019b). Na fase de maturação de ramos a aplicação de bioestimulante e sulfato de potássio foliar aliviam o estresse abiótico (SILVA et al., 2020).

A redução de fertilizantes inorgânicos de N em 50%, proporcionaram os melhores resultados em produtividade e qualidade dos frutos de mangueira 'Taimour' com quatro aplicações de extratos de algas marinhas a 2%, enquanto dose com 8% apenas do extrato foram inferiores os resultados de N inorgânico (AHMED et al., 2015).

A combinação do extratos de algas à 2% com os de levedura à 0,2% em mangueira 'Keitt' em dois ciclos produtivos no Egito, pode ser utilizado para promover a retenção e qualidade dos frutos com uma aplicação na fase de plena floração, por meio da pulverização foliar (ABD EL-MOTTY et al., 2010).

### **2.3.1 A. nodosum**

Das espécie de macroalgas pardas a *A. nodosum* identificada em 1863 é uma das mais estudadas, pertencente ao reino *Chromista*, filo *Ochrophyta* classe *Phaeophyceae*, família *Fucaceae*, gênero *Ascophyllum*, que abriga cerca de 18 espécies (GUIRY; GUIRY, 2019).

Uma vasta gama de efeitos benéficos tem sido observada com aplicação do extrato de *A. nodosum*, incluindo o aumento do rendimento da cultura, maior absorção de nutrientes, resistência as condições de estresse, sem alterar as características dos frutos e o crescimento vegetativo da planta (KOYAMA et al., 2012). Diante disso, Jannin et al. (2013) buscaram a compreensão da interação entre o fornecimento do extrato comercial da alga *A. nodosum* e a expressão gênica de proteínas correlacionada com evidências

fisiológicas, entre os genes identificado mais afetados pelo fornecimento do extrato, encontraram o MinE, regulador da divisão dos plastídios.

O extrato da alga *A. nodosum* na dose 2 ml L<sup>-1</sup> em porta-enxertos de araticum (*Annona glabra*), promoveram incrementos no desenvolvimento agrônômico, enquanto doses a partir de 4 ml L<sup>-1</sup> influenciaram negativamente as variáveis analisadas, o que pode estar associado à elevada condutividade elétrica da solução (ARRAIS et al., 2016). Em mudas de maracujazeiro-amarelo tratadas com extratos de algas marinhas houve efeito significativo no enraizamento, verificou-se aumento do número de folhas à medida que se aumentou as doses até o valor estimado de 4,05 ml/L do composto, a partir desta houve um decréscimo no desenvolvimento das mudas (OLIVEIRA et al., 2011).

O uso do extrato de algas marinhas *A. nodosum*, aliado com a associação do fungo micorrízico arbuscular *Glomus fasciculatum*, promove o desenvolvimento inicial de porta-enxerto de aceroleira, podendo aumentar a produtividade do viveiro e menos tempo para o transplântio (ALMEIDA et al., 2014). No caso do enxerto, para mangas 'Parvin' e 'Palmer' tratados com extrato comercial da macroalga *A. nodosum* e outros promotores de crescimento como betaína e fitohormônios apresentaram resultados superiores para concentração da clorofila foliar e crescimento vegetativo, além de quase 20% mais brotações que a testemunha (MORALES-PAYAN, 2013).

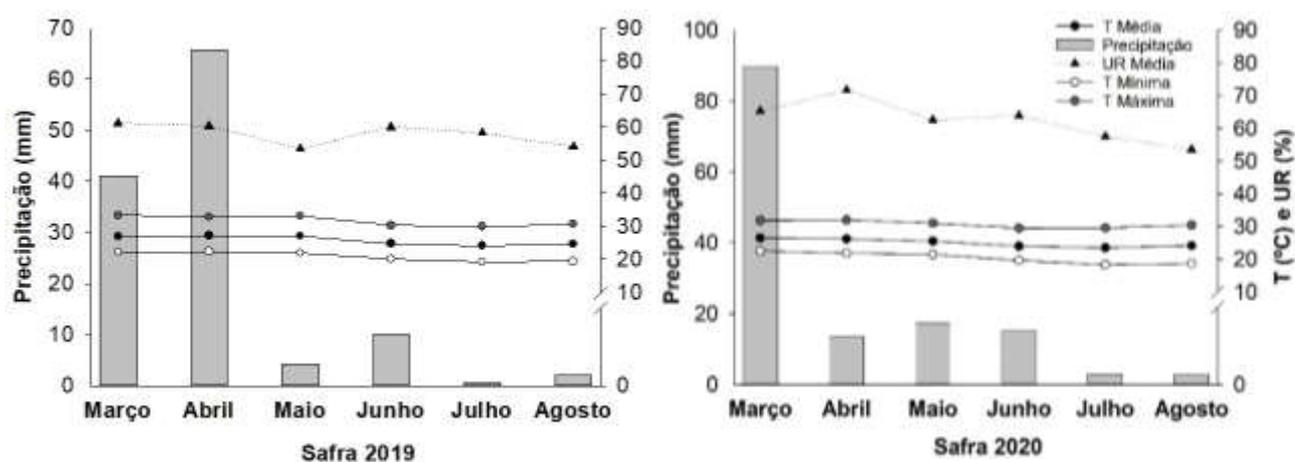
### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Área de coleta**

Os experimentos foram realizados em pomares comerciais distintos de manga cv. Kent, com um ciclo produtivo em cada propriedade. A primeira safra ocorreu na Fazenda DAN (Desenvolvimento Agrícola do Nordeste) (2019) e a segunda na Fazenda Aracê (2020). Ambas localizadas no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho no município de Petrolina – PE (9°18'19.2" S de latitude, 40°33'55.9" O de longitude, a uma altitude 365,5 m acima do nível do mar), no período de 06/2019 a 08/2019 (primeiro ciclo) e de 03/2020 a 07/2020 (segundo ciclo).

O clima da região é classificado como BSh, segundo a classificação de Alvares et al., (2013), que pertence a uma região semiárida, com temperatura média anual de 26,0 °C e precipitação média anual de 481,7 mm. Durante a execução dos experimentos, os dados meteorológicos: precipitação pluviométrica, temperatura (máxima, mínima e média),

umidade relativa do ar e radiação solar global foram registrados a partir da estação meteorológica automática da UNIVASF, instalada no *Campus* de Ciências Agrárias (Figura 2).



**Figura 2.** Dados de temperatura máxima, mínima e média ( $T^{\circ}\text{C}$ ); umidade relativa do ar (UR%) e precipitação (mm). Registrados durante a condução do experimento, para as safras 2019 e 2020.

### 3.2. Manejo da área

A safra 2019 na Fazenda DAN (Desenvolvimento Agrícola do Nordeste), as plantas contavam com 4 anos de idade, distantes 4m entre filas e 2,5m entre plantas, sistema de irrigação por gotejamento, com fita dupla e quatro aspersores por copa, com vazão de  $2,4 \text{ L h}^{-1}$ . Durante a fase de maturação dos ramos que antecede a indução floral, o estresse hídrico provocado pela diminuição gradativa da lâmina ocorreu até 25% de sua disponibilidade, com as plantas supridas com irrigação por gotejamento durante apenas 1h noturna. Esse estresse provocado pelo manejo na irrigação consiste em uma técnica aplicada no Vale do São Francisco essencial para a cultura (CAVALCANTE et al., 2018; SILVA et al., 2020).

Enquanto o ciclo seguinte ocorreu na Fazenda Aracê do grupo Special Fruit, as mangueiras apresentavam 16 anos de idade, disposta em linhas circulares com 6,0 entre fileiras e 4,0 m entre plantas, sistema de irrigação por micro aspersão, com dois emissores por copa e vazão de  $96,0 \text{ L h}^{-1}$ . Logo no início da fase de maturação dos ramos e estresse hídrico, conforme dados colhidos pela estação meteorológica apontam precipitação acumulada em março de 18,68% da média anual para a região. Por conta disso, as

aplicações foliares para quebra da dormência incluíram três pulverizações com nitrato de cálcio (2,5%) e nitrato de potássio (2.0%).

Em ambos as safras, o manejo da parte aérea como a poda, controle de plantas invasoras, pragas e doenças, reguladores de crescimento vegetal, maturação de ramos (CAVALCANTE et al., 2018; SILVA et al.,2020) e indução floral foram realizadas seguindo as instruções de Genú & Pinto (2002) e Lopes et al. (2003) o manejo nutricional foi realizado através do sistema de fertirrigação, através da análise do solo (Tabela 1) e demanda da cultura (SILVA et al., 2002).

**Tabela 1.** Análise química do solo da área experimental cultivada com mangueira cv. Kent, antes da instalação do experimento em 2019 e em 2020.

Safras	pH	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	Cu	Mn	Fe	Zn
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> -----						%	-----	mg dm <sup>-3</sup> -----		
2019	7,43	53,15	0,28	0,04	2,46	0,55	1,07	3,3	4,35	69	0,95	2,75	12,13	1,05
2020	6,25	44,5	0,31	0,02	3,65	0,65	1,20	4,5	5,75	78	2,45	17,2	28,7	24,5

Métodos de extração: método volumétrico; P, K, Na, Cu, Mn, Fe e Zn: Mehlich (HCl + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); Ca e Mg: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Dados cedidos pelas propriedades.

Conforme exemplificado na (Figura 3) houve uma coleta inicial para caracterização nutricional foliar das plantas, como também na fase de florescimento uma no início do desenvolvimento floral (IDF) e outra em floração plena coletando-se amostras compostas por doze folhas do último fluxo vegetativo nos quatro quadrantes por parcela de cada tratamento, em altura mediana da copa (MALAVOLTA et al., 1997), para avaliação dos teores N, P, K, Na, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Cu e Mn na matéria seca (TEDESCO et al., 1995).



**Figura 3.** As setas apontam exemplos de folhas maduras no último fluxo vegetativo de mangueira Kent coletadas no início do desenvolvimento floral IDF (A) e na floração plena (B) para análise nutricional

Em seguida das coletas seguindo as recomendações de Silva et al (2009), as folhas foram lavadas com água destilada, condicionadas em sacos de papel e permaneceram na estufa de circulação de ar à 70°C até o peso das amostras ficarem constantes. Após isso foram moídas em moinho de facas de aço inoxidável (tipo Willey), 0,5g das amostras foram calcinadas a 500°C em mufla por 3h após esfriar foram dissolvidas em ácido nítrico e acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados.

As determinações dos teores foliares assim como preparação das amostras ocorreram no Laboratório de Química do Solo na UNIVASF *Campus Ciências Agrárias*. As leituras de nitrogênio (N) foram determinadas em soluções obtidas de extratos preparados por digestão sulfúrica, pelo método Semi-micro-Kjeldahl. Os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram obtidos a partir de leituras no espectrofotômetro de absorção atômica. Enquanto os de potássio (K) e sódio (Na) por absorção de chama. Os teores de boro (B), enxofre (S) e fósforo (P) no espectrofotômetro de leitura óptica (Tabela 2).

**Tabela 2.** Estado nutricional da mangueira 'Kent' antes da instalação do experimento em 2019 e em 2020

	N	P	K	Na	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Mn
	g kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>			
2019	12,69	7,68	6,23	0,28	0,08	6,77	3,14	6,29	12,55	39,30	69,94
2020	13,53	4,11	19,45	0,29	0,11	3,25	1,87	16,16	9,19	29,82	212,70

### 3.3. Delineamento experimental

Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso em esquema fatorial 4x2x2, com quatro repetições e três plantas úteis de mangueira 'Kent' por parcela no total de 192 plantas adultas. Os tratamentos corresponderam à: i) Concentrações de prolina: testemunha (sem prolina), 0,287%; 0,575%; e 1,150%; ii) *A. nodosum* (com e sem extrato) à 1,5% e iii) Forma de aplicação (solo ou foliar). As concentrações de prolina e *A. nodosum* foram determinadas seguindo as referências de Abdelhamid et al. (2013) e Carvalho; Castro (2014).

Para definição dos tratamentos foram considerados as necessidades e alterações fisiológicas que ocorrem durante a fase de maturação de ramos (CAVALCANTE et al., 2018), quando há redução de lâmina hídrica durante 60 dias, antecedendo à indução ao florescimento com nitrato (cálcio e/ou potássio), conforme manejo preconizado por Genú ; Pinto (2002). Os tratamentos foram aplicados cinco vezes em cada ciclo, distribuídos conforme a fase de maturação de ramos, desenvolvimento do florescimento, fase de fixação de frutos, até a segunda queda fisiológica quinzenalmente.

Utilizaram-se como fonte do aminoácido a L-prolina (p.a.) da empresa Synth ( $C_5H_9NO_2$ , 115,13g) com 98,9% de pureza, enquanto o extrato de algas foi obtido com extração à frio. O volume da calda que compõe cada tratamento foi distribuído igualmente entre plantas. Para as aplicações via solo, o preparo da calda ocorreu em um balde de 20L, já via foliar utilizou-se pulverizadores costais manuais de 20L com detergente neutro como adjuvante na concentração de 2,5% em toda a parte área (Figura 4).

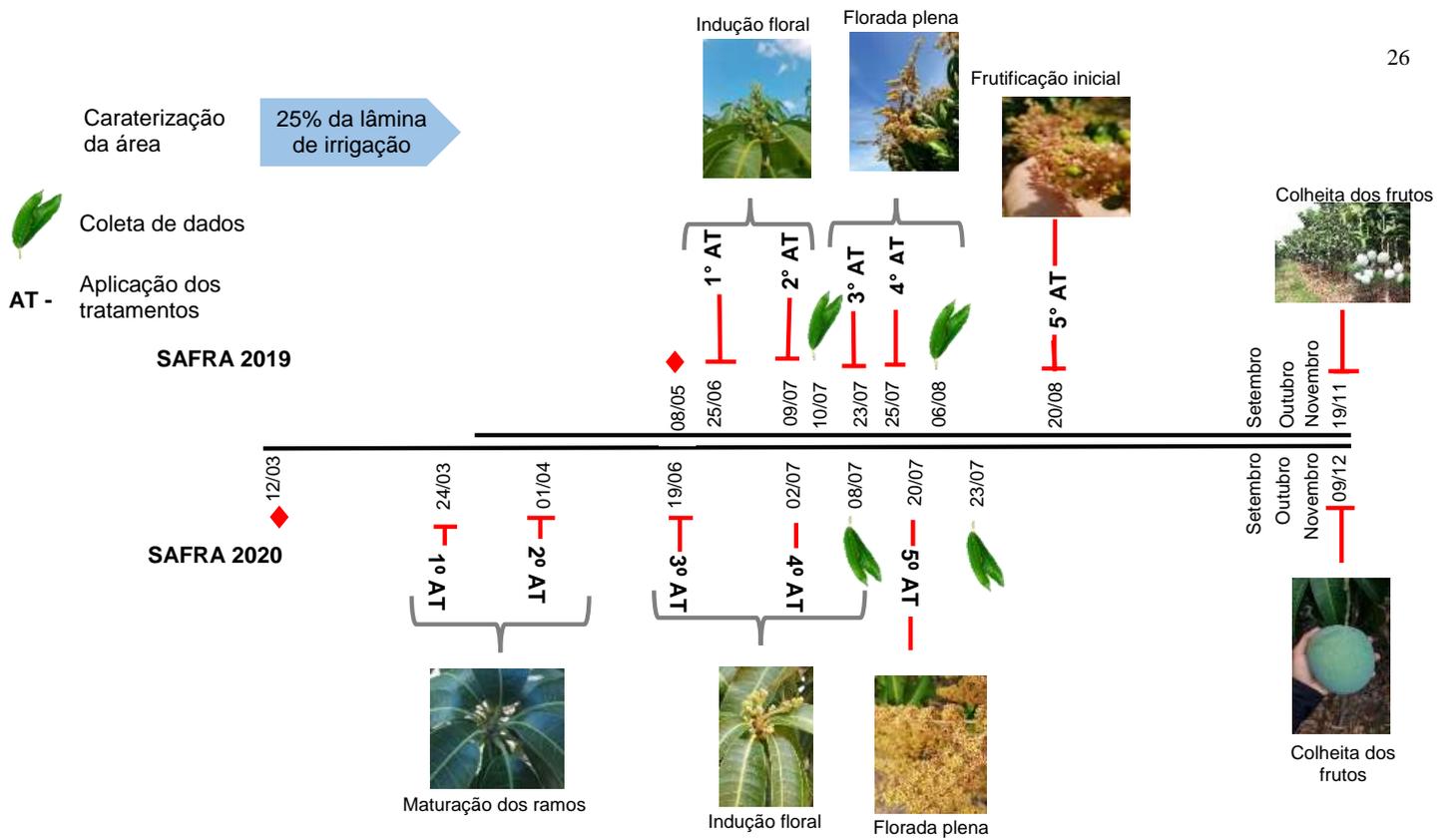


Figura 4. Cronograma das atividades realizadas nas respectivas safras.

As variáveis analisadas foram os teores foliares de: N, P, K, Na, S, Ca, Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ ) B, Cu, Zn e Mn ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) no início e no florescimento pleno de mangueira Kent. Ou seja, 16 tratamentos, com quatro repetições, em duas fase, por dois ciclos consecutivos, no total de 256 amostras por elemento analisado.

### 3.4 Análise estatística

Os dados de cada ciclo produtivo foram submetidos à análise estatística realizada no software R (R pacote ExpDes.pt, 2018). Foi realizada a análise de variância dos dados obtidos pelo teste F para verificação de efeito significativo do fator *A. nodosum*, sendo que havendo significância, as médias do fator prolina foram submetidas à análise de regressão e avaliado os ajustes aos modelos lineares e quadráticos considerando apenas correlações com ( $R^2 \geq 0,7$ ) no programa Sigmaplot® versão 14 (SYSTAT SOFTWARE, 2018).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise de variância, os teores foliares dos nutrientes e sódio da mangueira 'Kent' foram influenciadas pelo uso (com e sem) do extrato de *A. nodosum*, formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina em ambos os ciclos produtivos, porém com oscilações.

No IDF da safra 2019 (Tabela 3), o fator de variância *A. nodosum* apresentou efeito significativo sobre os teores foliares de N, P, K, Na, B, Cu e Mn, porém com incremento positivo apenas para o P, K e Cu. A forma de aplicação via solo influenciou positivamente os teores foliares dos micronutrientes B e Cu, enquanto via foliar os níveis de P, Mg e Mn foram superiores. Já o efeitos das concentrações de prolina foram significativos para os teores foliares de: K, Na, B, Cu e Mn. Na safra 2020 também no IDF (Tabela 4), houve significância para *A. nodosum* sem incremento nos elementos K, Na, Mg e Zn. Já as formas de aplicação não influenciaram nos teores dos nutrientes na florada plena da safra 2019, enquanto que o uso de prolina afetou apenas os teores de P e Zn. Na safra 2020 (Tabela 6), o uso de *A. nodosum* afetou significativamente incrementando apenas o teor de B. A forma de aplicação via foliar interferiu nos teores de N, S e Na, enquanto que a aplicação via solo incrementou significativamente os teores de K, Ca e Cu. Já as concentrações de prolina influenciaram nos níveis de K, S, Mg, B e Cu.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância no início do desenvolvimento floral (IDF) da safra 2019, para as concentrações foliares de macro, micronutrientes e de sódio em mangueira 'Kent' em função de uso (com e sem) de *A. nodosum*, formas de aplicação (solo e foliar) e doses de prolina.

Fontes de variação	N	P	K	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
				Na	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Mn
<i>A. nodosum</i> (A)	6,45*	15,29**	5,20*	4,70**	0,36 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	3,06 <sup>ns</sup>	26,24**	145,28**	1,67 <sup>ns</sup>	42,64**
Com	12,30b	8,43a	5,27a	4,03b	0,10	7,38	2,98	6,16b	18,75a	43,26	64,50b
Sem	12,80a	7,07b	4,93b	5,01a	0,09	7,57	3,22	6,35a	13,70b	36,65	74,02a
Formas de aplicação (FA)	2,18 <sup>ns</sup>	19,70**	0,03 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	5,53*	332,55**	41,77**	0,38 <sup>ns</sup>	4,98*
Solo	12,41	6,98b	5,08	4,83	0,10	7,53	2,93b	6,60a	17,58a	41,53	67,63b
Foliar	12,69	8,52a	5,11	4,22	0,10	7,42	3,27a	5,92b	14,87b	38,38	70,89a
Prolina (P)	1,96 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	21,40**	5,48**	0,98 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	10,08**	3,59*	0,83 <sup>ns</sup>	15,31**
A * FA	2,01 <sup>ns</sup>	7,93**	53,93**	30,56**	1,58 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	6,40*	99,45**	14,35**	0,84 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>
A * P	2,10 <sup>ns</sup>	5,28**	10,60**	16,40**	0,32 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	26,84**	5,96**	1,68 <sup>ns</sup>	15,01**
FA * P	2,06 <sup>ns</sup>	4,18**	6,72**	16,23**	0,27 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	3,16*	6,44**	5,02**	0,13 <sup>ns</sup>	33,80**
A * FA * P	2,69 <sup>ns</sup>	4,99**	26,61**	12,11**	1,68 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	2,07 <sup>ns</sup>	42,39**	21,16**	1,20 <sup>ns</sup>	29,31**
CV (%)	5,34	17,90	11,75	40,00	40,69	21,06	18,36	2,39	10,33	51,26	8,42

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F, <sup>ns</sup>, \*, \*\* não significativo ou significativo ao nível de P <0,05 ou 0,01

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância o início do desenvolvimento floral (IDF) da safra 2020, para as concentrações foliares de macro, micronutrientes e de sódio em mangueira 'Kent' em função de uso (com e sem) de *A. nodosum*, formas de aplicação (solo e foliar) e doses de prolina.

Fontes de variação	N	P	K	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
				Na	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Mn
<i>A. nodosum</i> (A)	0,86 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	4,36*	1,53**	3,83 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	5,98*	2,12 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	4,08*	8,68**
Com	12,97	4,49	6,36b	2,35b	0,14	2,98	1,88b	14,96	10,38	27,55b	156,34b
Sem	13,22	4,40	6,87a	2,62a	0,17	3,22	1,97a	14,41	10,23	30,38a	184,62a
Formas de aplicação (FA)	0,25 <sup>ns</sup>	21,40**	24,08**	0,47 <sup>ns</sup>	14,51**	0,72 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	8,40**	23,56**
Solo	13,02	4,17b	6,02b	2,51	0,19a	3,01	1,90	14,62	10,43	26,94b	193,78a
Foliar	13,16	4,71a	7,21a	2,46	0,13b	3,19	1,95	14,75	10,19	30,99a	147,19b
Prolina (P)	4,59**	8,28**	2,00 <sup>ns</sup>	8,07**	9,56**	2,33 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	18,25**
A * FA	0,51 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	15,08**	8,93**	3,67 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	7,94**	8,01**	0,13 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
A * P	1,59 <sup>ns</sup>	6,24**	2,72 <sup>ns</sup>	3,10*	17,31**	1,32 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	10,33**	1,49 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	7,44**
FA * P	0,78 <sup>ns</sup>	7,42**	10,81**	6,06**	9,97**	0,82 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>ns</sup>	4,88**	4,31**	5,92**
A * FA * P	0,52 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	3,66*	4,94**	16,02**	2,01 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	4,19*	1,52 <sup>ns</sup>
CV (%)	7,33	10,43	14,61	10,97	40,14	27,33	7,82	10,28	18,82	19,31	22,52

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F, <sup>ns</sup>, \*, \*\* não significativo ou significativo ao nível de P <0,05 ou 0,01

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância durante a floração plena da safra 2019, para as concentrações foliares de macro, micronutrientes e de sódio em mangueira 'Kent' em função de uso (com e sem) de *A. nodosum*, formas de aplicação (solo e foliar) e doses de prolina.

Fontes de variação	g kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>			
	N	P	K	Na	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Mn
<i>A.nodosum</i> (A)	0,99 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>ns</sup>	3,12 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	5,20*	1,73 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	5,49*
Com	12,28	4,56	8,66	12,78	0,10	8,10	2,45b	7,08	12,92	28,98	57,92b
Sem	12,06	4,70	9,35	9,07	0,09	8,49	2,68a	7,68	11,80	26,60	67,70a
Formas de aplicação (FA)	0,08 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	3,91 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	2,76 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Solo	12,14	4,80	8,54	10,05	0,10	8,41	2,60	7,62	12,34	26,10	63,36
Foliar	12,20	4,45	9,47	11,81	0,10	8,18	2,53	7,14	12,39	29,48	62,26
Prolina (P)	2,79 <sup>ns</sup>	5,43**	0,98 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	3,55*	1,06 <sup>ns</sup>
A * FA	25,70**	12,46**	3,33 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	1,73 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	9,89**	4,34*	0,19 <sup>ns</sup>
A * P	1,42 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	2,47 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	6,87**	2,08 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	2,90*	3,27*
FA * P	4,51*	0,44 <sup>ns</sup>	3,43*	1,17 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	3,15*	0,33 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
A * FA * P	4,82**	2,22 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	3,92*	2,43 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
CV (%)	6,52	32,74	20,82	76,90	44,70	17,64	15,27	24,35	66,31	29,26	26,59

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F, <sup>ns</sup>, \*, \*\* não significativo ou significativo ao nível de P <0,05 ou 0,01

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância durante a floração plena da safra 2020, para as concentrações foliares de macro, micronutrientes e de sódio em mangueira 'Kent' em função de uso (com e sem) de *A. nodosum*, formas de aplicação (solo e foliar) e doses de prolina.

Fontes de variação	N	P	K	Na	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Mn
	g kg <sup>-1</sup>							mg kg <sup>-1</sup>			
<i>A.nodosum</i> (A)	1,38 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	2,77 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	4,58*	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Com	12,72	4,36	12,91	7,43	0,10	3,84	1,85	18,12a	7,30	24,62	143,94
Sem	13,17	4,71	12,90	7,43	0,12	3,82	1,85	16,07b	7,37	24,48	136,04
Formas de aplicação (FA)	9,07**	0,12 <sup>ns</sup>	7,27**	14,28**	10,75**	5,57*	3,13 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	11,22**	1,90 <sup>ns</sup>	2,07 <sup>ns</sup>
Solo	12,37b	4,61	14,21a	7,03b	0,09b	3,98a	1,91	16,67	8,19a	23,93	125,75
Foliar	13,53a	4,46	11,60b	7,83a	0,14a	3,68b	1,79	17,52	6,47b	25,17	154,23
Prolina (P)	0,72 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	4,01*	0,52 <sup>ns</sup>	6,75**	2,25 <sup>ns</sup>	14,84**	4,58**	10,59**	2,81 <sup>ns</sup>	2,70 <sup>ns</sup>
A * FA	4,23*	6,73*	0,04 <sup>ns</sup>	17,28**	0,96 <sup>ns</sup>	16,82**	14,65**	0,00 <sup>ns</sup>	4,57*	3,91 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
A * P	3,73*	2,23 <sup>ns</sup>	8,38**	13,95**	5,19**	2,68 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
FA * P	1,45 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	2,20 <sup>ns</sup>	3,40*	7,90**	6,90**	0,36 <sup>ns</sup>	5,42**	0,84 <sup>ns</sup>
A * FA * P	0,83 <sup>ns</sup>	2,12 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	7,03**	0,91 <sup>ns</sup>	6,32**	6,91**	1,75 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
CV (%)	10,29	38,57	29,98	11,41	46,38	13,10	14,36	22,34	28,06	14,75	56,58

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F, <sup>ns</sup>, \*, \*\* não significativo ou significativo ao nível de P <0,05 ou 0,01

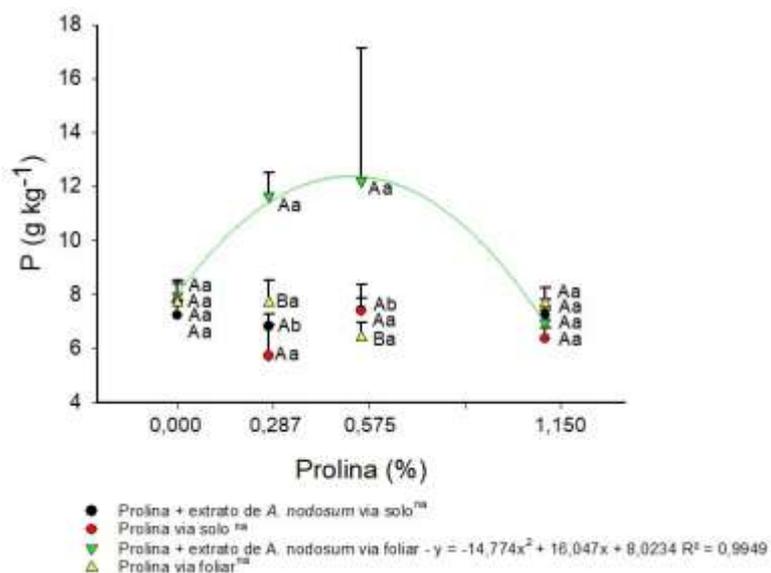
## 4.1 Estado nutricional durante o início do desenvolvimento floral (IDF)

### 4.1.1. Macronutrientes

Em 2019 os teores foliares de N foram influenciados apenas pelo uso de *A. nodosum*, com sua concentração sendo reduzida em 3,90% pelo uso desse insumo (Tabela 3). Por outro lado, em 2020 esse nutriente foi influenciado apenas pelas doses de prolina (Tabela 4), mas sem ajuste a nenhum modelo de regressão apresentando média geral de 4,59 g kg<sup>-1</sup>. O decréscimo dos teores foliares de N em função do uso de *A. nodosum* pode ser justificado em função do efeito dessa alga em aumentar a expressão dos genes BnNRT1.1 e BnNRT1.2 envolvidos na assimilação de nitrato e no fomento ao metabolismo da enzima nitrato redutase (JANIN et al., 2013).

Os resultados do presente trabalho não foram congruentes com os apresentados por Abd El-Motty et al. (2010) para a mangueira 'Keitt' ao verificarem efeito positivo do uso de extrato de alga no teor de nitrogênio foliar, sendo o maior valor registrado 17,0 g kg<sup>-1</sup> superior aos valores encontrados na Tabela 3, embora no presente trabalho todas as médias registradas, independentemente do tratamento, encontrarem-se na faixa de suficiência de 12,0 – 14,0 g kg<sup>-1</sup> descrita por Quagio (1996) e Winston (2013).

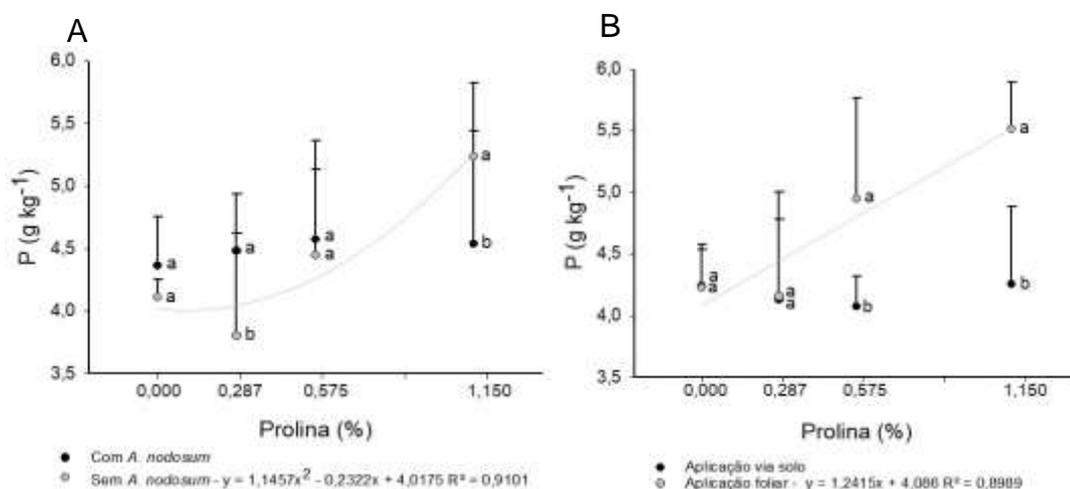
Tanto em 2019 quanto 2020 os teores foliares de P foram influenciados pela interação tripla e dupla respectivamente entre uso de *A. nodosum*, formas de aplicação (solo ou foliar) e concentrações de prolina (Tabelas 3 e 4, Figura 5), indicando interdependência entre esses fatores na nutrição fosfatada. Nesse sentido, observa-se que em 2019 a aplicação foliar de prolina e *A. nodosum* proporcionou incremento de 22,06% no P foliar em relação às aplicações via solo; enquanto os teores foliares de P foram 19,23% superiores em plantas que receberam *A. nodosum* em relação àquelas sem o insumo, o que pode ser justificado pelo efeito do extrato da alga no conteúdo endógeno de prolina em decorrência da expressão dos genes  $\Delta 1$ -pirrolina-5-carboxilato sintetase 1 e 2 (P5CS1 e P5CS2) e diminuição parcial da prolina desidrogenase (PRODH) (NAIR et al., 2012).



**Figura 5.** Teor foliar de fósforo no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019, em função de *A. nodosum* (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.

Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$ . <sup>na</sup> modelo não ajustado.

Em função das concentrações de prolina observa-se na Figura 6, incremento significativo dos teores foliares de P com o aumento das concentrações de prolina da solução de aplicação, registrando-se aumento de 37,5% e 50% da testemunha para a maior porcentagem de prolina aplicada, respectivamente quando associada com *A. nodosum* e forma de aplicação foliar na safra 2020. O incremento foliar do nutriente se justifica devido a prolina se acumular nos tecidos foliares sob condições de estresse abiótico e afetar diretamente a atividade das enzimas catalase, ascorbato peroxidase e superóxido dismutase as quais o P é constituinte das moléculas, na promoção da tolerância ao estresse por parte do vegetal (SRIKASETSARAKUL et al. 2011; HAYAT et al 2013; WANI et al, 2016; CHOUDHURY et al, 2017; SAKYA ; PRAHASTO, 2020).

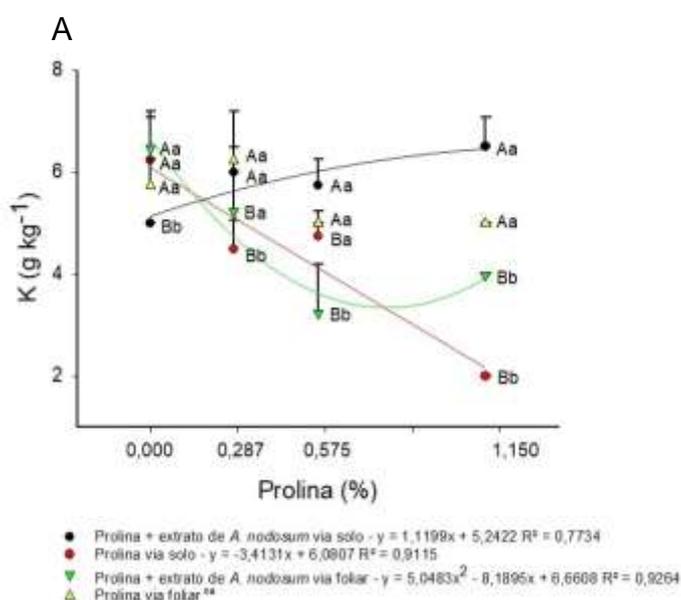


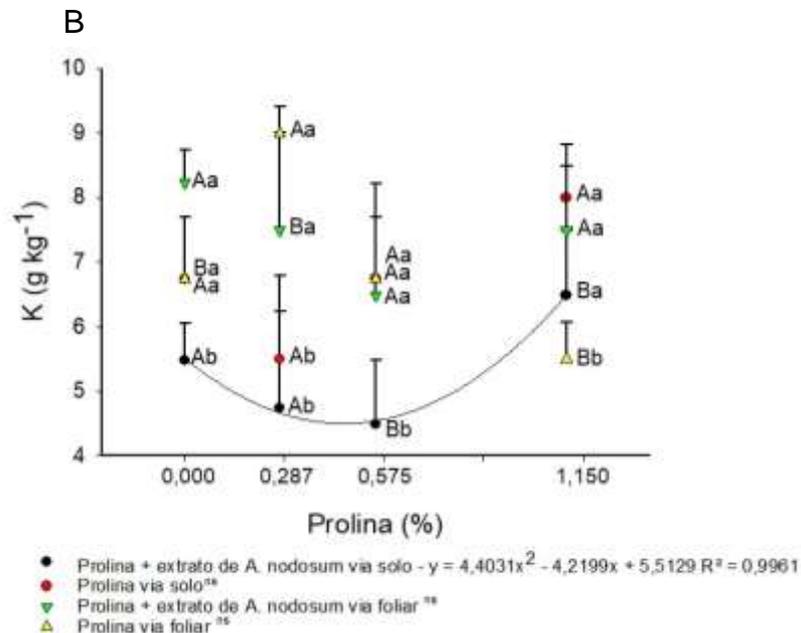
**Figura 6.** Teores foliares de fósforo no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2020 em função de prolina e *A. nodosum* (A), concentrações de prolina e formas de aplicação (solo e foliar) (B)

Letras iguais na mesma dose de prolina não diferem entre si pelo Teste F  $p < 5\%$

O teor foliar de P atingiu incremento de 37,5% quando aplicada a prolina, mais especificamente na concentração de 1,150% (Figura 5A e 5B) em comparação as plantas não tratadas com o aminoácido, mas associada com *A. nodosum*. Como também, 50% a mais de P em relação as não tratadas com prolina. Em relação ao aumento do elemento no tecido foliar, se deve ao fato do teor elevado de prolina interferir na atividade de enzimas antioxidantes (catalase, peroxidase e superóxido dismutase), das quais o P é componente (HSIAO; XU, 2000; SULANDJARI et al., 2020). Esses resultados corroboram com os encontrado por Abdelhamid et al. (2013) onde aplicações foliares de prolina aumentaram o teor de P em plantas de feijão sob condições normais e com estresse salino.

Os teores foliares de K foram influenciados pela interação tripla entre *A. nodosum*, formas de aplicação e prolina em ambas as safras (Tabelas 3 e 4), porém, com resultados divergentes quanto aos efeitos de *A. nodosum* e formas de aplicação (Figura 7). Enquanto na safra 2019, o fornecimento de *A. nodosum* proporcionou incremento de 22,55% (Tabela 3), o inverso ocorreu na safra 2020 com redução de 7,43% em relação às plantas não tratadas (Tabela 4). Todavia, a aplicação foliar foi superior em 19,76% em comparação à aplicação via solo para a safra 2020. Como os ciclos produtivos possuíram manejo de acordo com a demanda de cada safra, o efeito do extrato de *A. nodosum* sobre o teor foliar de K pode ser justificado pela diferença de 312,19% a mais na safra 2019 do que a de 2020 para o nutriente, conforme se pode observar na Tabela 2.





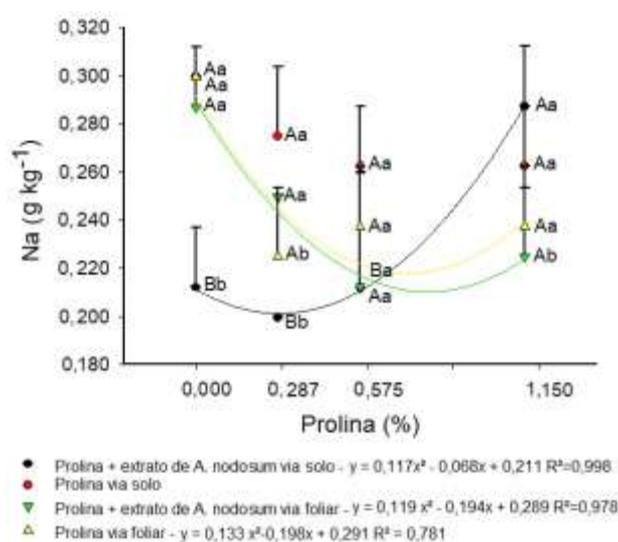
**Figura 7.** Teores foliares de potássio no início do desenvolvimento foral (IDF) na safra 2019 (A) e 2020 (B) em função da interação entre *A. nodosum* (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentração de prolina.

Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$  e  $p < 5\%$  respectivamente, <sup>na</sup> modelo não ajustado

Em ambas as safras conforme consta na Figura 7, o efeito da prolina na concentração 1,150% associada com *A. nodosum* promoveu a maior concentração de K. Na safra 2019 a aplicação via solo de *A. nodosum* e prolina promoveu incremento do teor deste elemento, mas a prolina fornecida isoladamente via solo apresentou efeito inversamente proporcional ao acúmulo de potássio. O efeito da prolina se justifica devido a função de ajuste osmótico dos vegetais, que também é exercido pelo K, afim de promover a homeostase do vegetal sob condições de estresse abiótico (MARSCHNER, 2012, KAVI KISHOR; SREENIVASULU, 2014). A inferência no teor de K pela associação entre *A. nodosum* e prolina ocorre por conta do extrato ser um composto elicitador, que interfere no metabolismo da prolina e no sistema antioxidante das plantas sob estresse abiótico (CARVALHO et al., 2018).

As plantas do tratamento controle apresentaram teores médios de K 6,23 e 19,45 g kg<sup>-1</sup> na safra 2019 e 2020, respectivamente (Tabela 2). De acordo com Quaggio (1996) a faixa adequada para K é 5-10 g kg<sup>-1</sup>, portanto houve suficiência e excesso nos respectivos ciclos. Apenas as plantas tratadas com prolina à 1,150% em ambas as safras, estavam na faixa adequada para o nutriente, embora se comparado à faixa recomendada por Winston (2013), de 7,5-12 g kg<sup>-1</sup>, ainda em deficiência. Essa dose de 1,150% de prolina mostrou-se ser eficiente em manter o nível do elemento estável nas mangueiras 'Kent'.

O teor de Na foi influenciado em ambas as safras pela interação tripla entre os fatores de variância, mas só houve ajuste aos modelos matemáticos testados na safra 2020 (Tabelas 3 e 4, Figura 8). A aplicação até 0,287% de prolina com *A. nodosum* via solo proporcionou redução de 30,66 % nos teores foliares de Na, com manutenção dos valores, mesmo com incremento das doses de prolina quando esse aminoácido foi aplicado via foliar (Figura 14). Isso pode ser esclarecido pela ação do aminoácido na atenuação dos efeitos salinos (SRIVASTAV et al., 2010), especialmente nas relações de elementos catiônicos  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  que se caracterizam por ser um dos fatores que está relacionado ao grau de tolerância das culturas à salinidade, podendo ser utilizada como índice para toxicidade de Na, pois íons de Na inibem a atividade das enzimas que requerem potássio como ativador (GREENWAY ; MUNS, 1980; GARCIA et al., 2007).



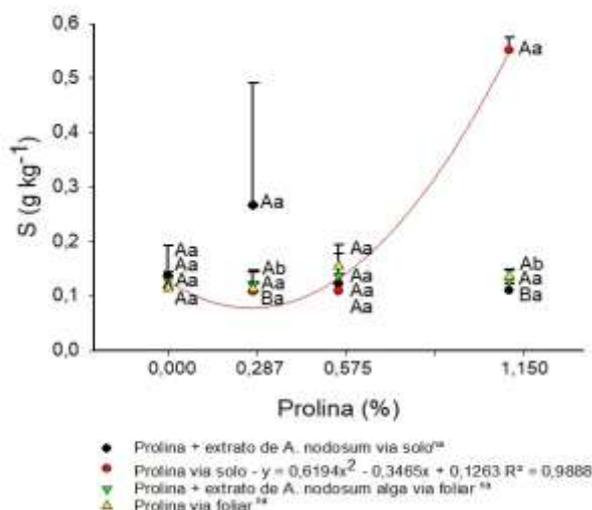
**Figura 8.** Teor foliar de sódio no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2020, em função da interação entre *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.

Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$ . <sup>na</sup> modelo não ajustado

As plantas que não receberam os tratamentos apresentavam teores de Na 2,99 g kg<sup>-1</sup> considerado excessivo para Winston (2013) que recomenda valores abaixo de 2,00 g kg<sup>-1</sup> para a cultura da mangueira. Logo, os tratamentos empregados obtiveram menores médias que as plantas não tratadas.

Em relação ao S na safra 2019 não houve efeito significativo, mas em 2020, registrou-se interação tripla significativa entre os fatores de variância estudados (Tabela 4 e Figura 9), mas com ajuste apenas para a prolina fornecida via solo. A maior concentração desse aminoácido promoveu incremento de 384% no teor foliar do nutriente, o que pode ser justificado pela função do S em modular a formação do etileno em plantas estressadas

e promover incremento no metabolismo da prolina, o que corrobora com o encontrado por Rais et al (2013) ao afirmar que o maior acúmulo de prolina em plantas sob efeito de estresse abiótico foi mitigado quando teores mais elevados de S foram aplicados. Adicionalmente, o S é componente estrutural da enzima antioxidante glutationa reduzida (KHAN et al., 2015) que assim como a prolina, neutraliza as espécies reativas de oxigênio compondo o sistema antioxidante das plantas para mitigar os efeitos deletérios do estresse abióticos (TONHATI, 2018).



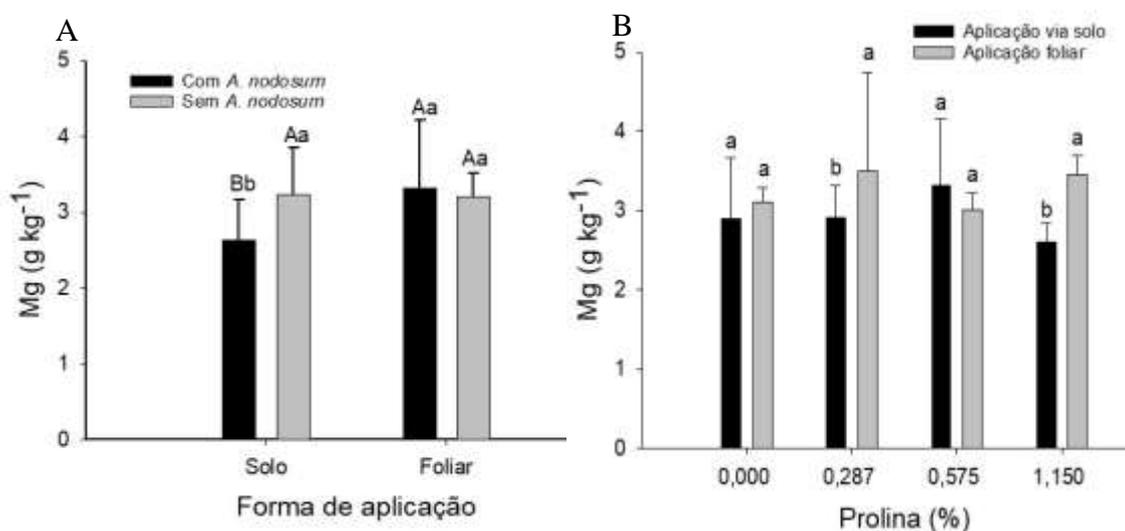
**Figura 9.** Teor foliar de enxofre no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2020 em função da *A. nodosum*, formas de aplicação e doses de prolina.

Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$ , <sup>na</sup> modelo não ajustado

Os teores foliares de enxofre das plantas antes da aplicação dos tratamentos eram 0,08 e 0,11 g kg<sup>-1</sup> para as safras 2019 e 2020 respectivamente (Tabela 2). De acordo com Winston (2013) o nível de suficiência está entre 1,0 e 2,0 g kg<sup>-1</sup>, ou seja, ambos os ciclos se encontravam abaixo da faixa de suficiência, mesmo sem sinais visíveis nas plantas.

O cálcio foi o único elemento que não apresentou efeito significativo em relação aos teores foliares, em virtude dos tratamentos aplicados em ambas as safras. É importante ressaltar que as plantas testemunhas se encontravam com 6,77 g kg<sup>-1</sup> (safra 2019) e 3,25 g kg<sup>-1</sup> (safra 2020), abaixo da faixa de suficiência preconizada por Quaggio (1996) e Winston (2013) de 20,0-35,0 g kg<sup>-1</sup>. Em ambas as safras, o teor de cálcio na capacidade de troca de cátions estavam abaixo dos 65% do preconizado por Winston (2013) (Tabela 1). O Ca tem função estrutural, especialmente para a integridade de membranas e paredes celulares. Para manter a consistência da polpa durante o amadurecimento, as frutas de manga requerem uma grande quantidade de Ca, pois esse nutriente promove maior resistência às membranas e paredes celulares, retardando assim o ataque enzimático aos tecidos de polpa (STINO et al., 2011; REZENDE, 2021).

Na safra 2019, o teor foliar de magnésio apresentou interação dupla significativa entre *A. nodosum* e prolina; e entre *A. nodosum* e formas de aplicação, respectivamente (Tabela 3, Figura 10A). A aplicação de *A. nodosum* via solo reduziu o teor em 29,03% os teores foliares desse nutriente, contrapondo a aplicação foliar, para a qual não houve diferença quanto ao extrato de alga. A aplicação de prolina via solo também apresentou decréscimo (Figura 10B), mas sem ajuste a nenhum modelo de regressão. Na safra 2020 (Tabela 3), o extrato de *A. nodosum* reduziu em 4,78% o teor foliar do elemento, mas sem interações com os demais fatores estudados. A redução dos níveis foliares do magnésio pode ser justificado pela assimilação do elemento para formar macromoléculas essenciais ao desenvolvimento da floração, a compreensão da interação entre o elemento e o extrato de *A. nodosum* é complexa e necessita de mais estudos. Adicionalmente, o estímulo desses insumos à absorção de potássio (Figura 7) podem ter influenciado a absorção e estados nutricional do magnésio, já que esses nutrientes (K e Mg) competem entre si pelos mesmos sítios de absorção nas plantas (MARSCHNER, 2012).



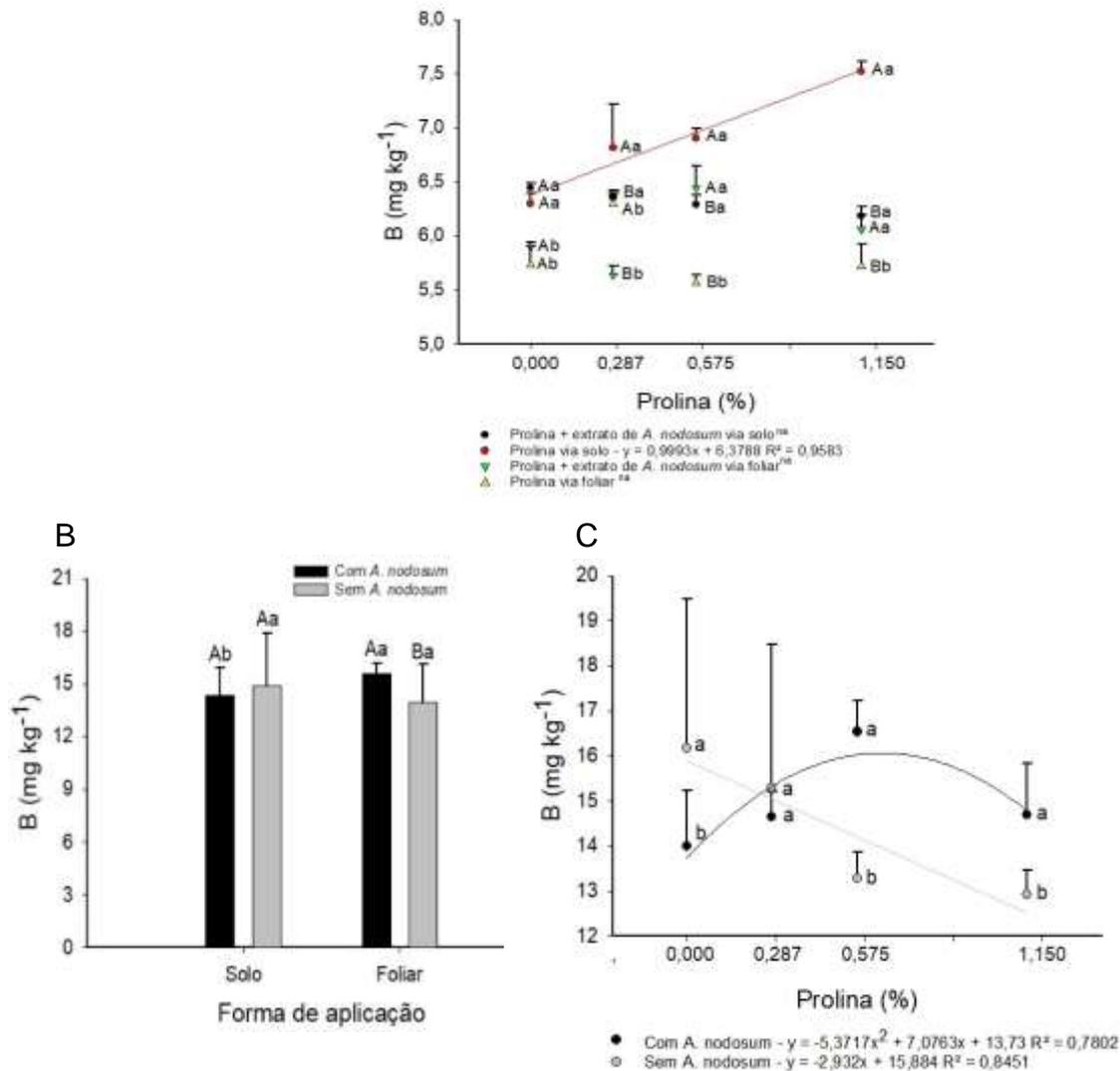
**Figura 10.** Teores foliares de magnésio no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019 em função de *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) (A), formas de aplicação (solo e foliar) e concentração de prolina (B).

Barras com letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 5\%$

#### 4.1.2. Micronutrientes

Para a safra 2019, houve interação tripla entre os fatores sob os teores foliares de boro (Tabela 3, Figuras 11A e 11B). A aplicação de prolina via solo na concentração 1,150% promoveu incremento de 18,11% em relação à testemunha. Já na safra 2020 (Tabela 4), a aplicação com *A. nodosum* via solo provocou decréscimo de 3,43% em comparação à sem o extrato da alga, diferente da via foliar que promoveu incremento de 11,55% com *A. nodosum*. A concentração de 0,575% da prolina associada com *A. nodosum* proporcionou

incremento em 18,24% no teor de boro em relação às plantas não tratadas. Por outro lado, o incremento da prolina promoveu decréscimo linear no teor de B foliar quando não se forneceu *A. nodosum* (Figura 11C). Tal fato pode ser possivelmente explicado devido ao boro ter seu contato íon-raiz preferencial através do processo de fluxo de massa, dependendo, portanto, da transpiração vegetal (MARSCHNER, 2011) e a função da prolina como osmorregulador nas células guardas teria promovido o incremento do elemento, de forma indireta a partir da transpiração.

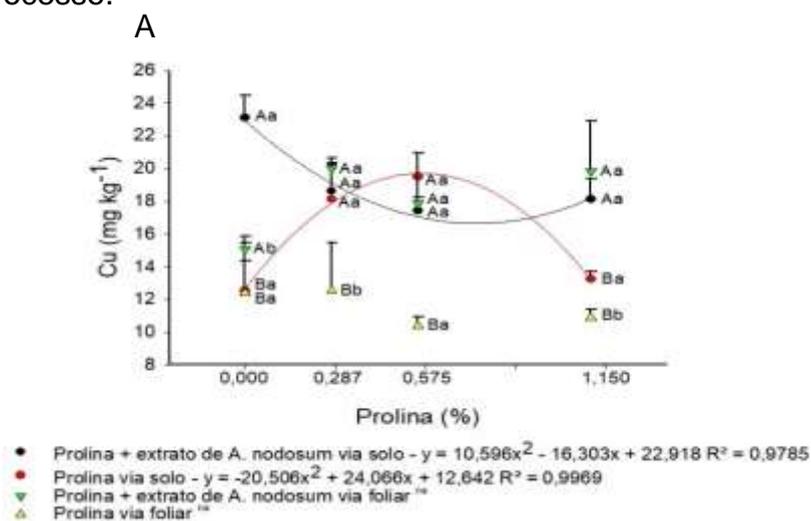


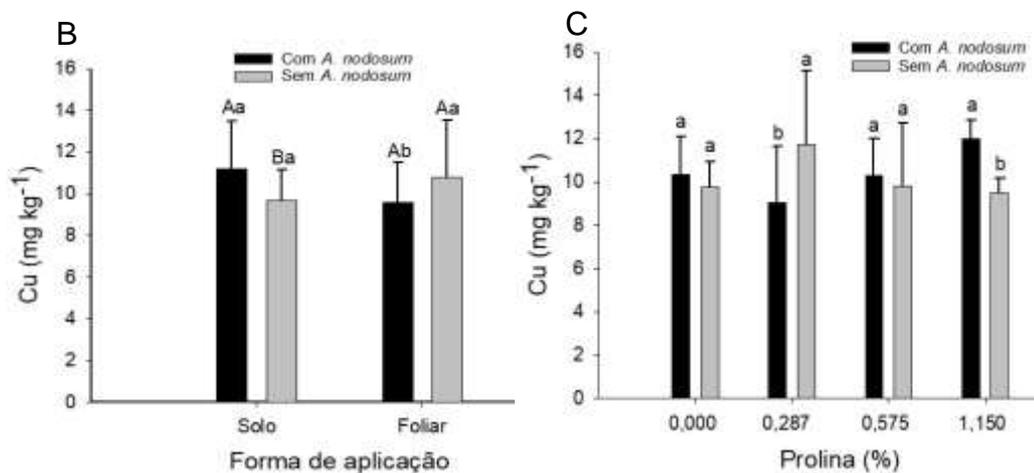
**Figura 11.** Teores foliares de boro no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019 em função da interação entre *A. nodosum* (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (A), na safra 2020 entre *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) (B), *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina (C). Barras com letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F p<1% para todas as interações acima

Antes da aplicação dos tratamentos as plantas apresentavam teores de B de 6,29 e 16,16 mg kg<sup>-1</sup> nas safras 2019 e 2020, respectivamente. Segundo Quaggio (1996) a faixa de suficiência se encontra entre 50-100 mg kg<sup>-1</sup> e Winston (2013) 50-70 mg kg<sup>-1</sup>, portanto

todos os tratamentos estavam deficientes para esse nutriente, independentemente do tratamento aplicado. O boro é o micronutriente mais exigido pela mangueira (QUAGGIO et al., 1996) cuja deficiência reduz a intensidade da floração e polinização, como também diminui a absorção de cálcio (SILVA et al., 2014). Em complemento, o manejo da adubação com boro é também fundamental na redução da estenoespermocarpia, visto que resultados promissores foram observados em cultivos de mangueira (BARBOSA et al, 2016; CARVALHO et al, 2020).

Para o cobre, houve interação tripla significativa na safra 2019 (Tabela 3). A prolina associada com *A. nodosum* via solo promoveu incremento sobre o teor foliar do elemento, mas sem diferença estatística entre as concentrações do aminoácido (Tabela 3, Figura 12A). A prolina via solo até a concentração 0,575% promoveu incremento de 55,58% nos teores foliares de Cu em relação à testemunha (Figura 12 B), o que pode ser justificado devido à função da prolina em modular o metabolismo de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase, a qual exige como cofator enzimático o nutriente cobre (SULANDJARI et al., 2020; IUPAC, 2021). Por outro lado, esse resultado não se confirma ao se adicionar extrato de *A. nodosum* (Figura 12C) pelo contrário, um resultado que corrobora com o efeito atenuador de estresse que o extrato de *A. nodosum* exerce sobre as plantas em condições adversas (CARVALHO et al., 2018) e, adicionalmente, os efeitos da prolina nesse processo.



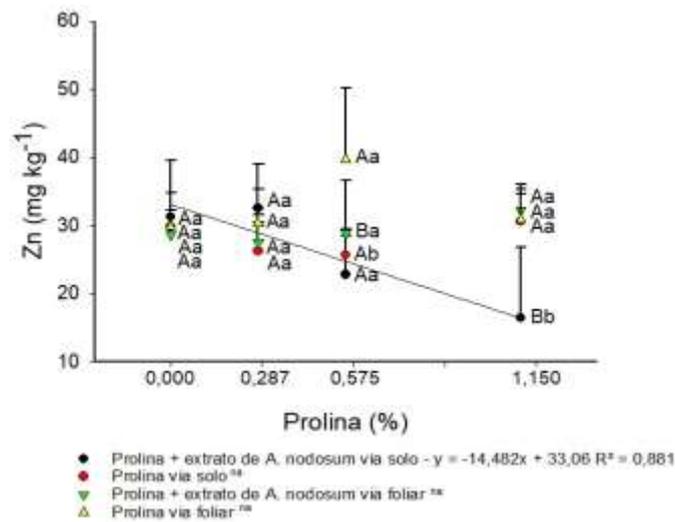


**Figura 12.** Teores foliares de cobre no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019 em função da interação entre *A. nodosum* (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (A), na safra 2020 entre *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina (B), *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) (C)

Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma da aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$  para as interações acima, <sup>na</sup> modelo não ajustado

De acordo com os níveis de suficiência para Quaggio (1996) 10-50 mg kg<sup>-1</sup> e Winston (2013) 10-20 mg kg<sup>-1</sup> na safra 2019, as plantas se encontravam dentro da faixa de suficiência, mas em excesso para o segundo autor. O excesso de cobre pode, segundo Wen et al. (2013), interferir na rota de biossíntese da prolina, o que corrobora com os resultados encontrados para o IDF na safra 2019.

Para o zinco, houve efeito significativo para a interação tripla entre os fatores avaliados apenas na safra 2020 (Tabela 4, Figura 13). A aplicação da prolina associada com o extrato de *A. nodosum* via solo manteve o nível do nutriente dentro da faixa de suficiência preconizada por Quaggio (1996) entre 20 e 40 mg kg<sup>-1</sup> e Winston (2013) 20 - 100 mg kg<sup>-1</sup> até a concentração 0,575%. Acima dessa dose, a prolina associada com *A. nodosum* via solo reduziu em 90,13% o teor foliar do nutriente. Isso se justifica devido a inferência do zinco na atividade da enzima prolina desidrogenase que degrada o aminoácido prolina, requer como ativador enzimático o zinco (IUPAC, 2021) enquanto níveis foliares do zinco mais elevados promovem elevação da atividade dessa enzima, o contrário ocorre nas raízes conforme observados por Li et al. (2013).

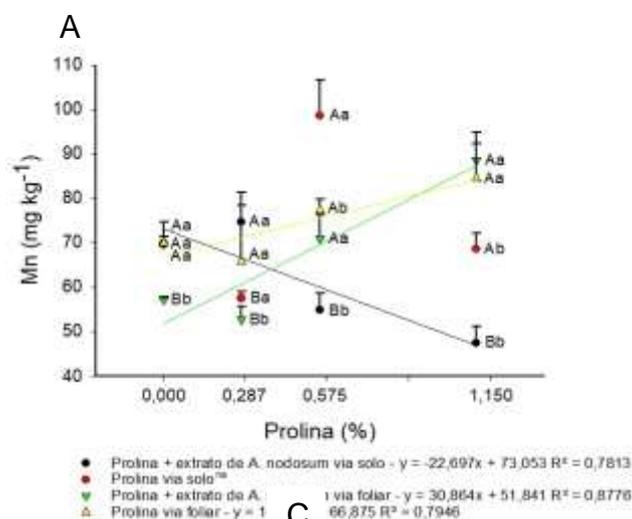


**Figura 13.** Teor foliar de zinco no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2020, em função da interação *A. nodosum* (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.

Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas as formas da aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 5\%$  na modelo não ajustado

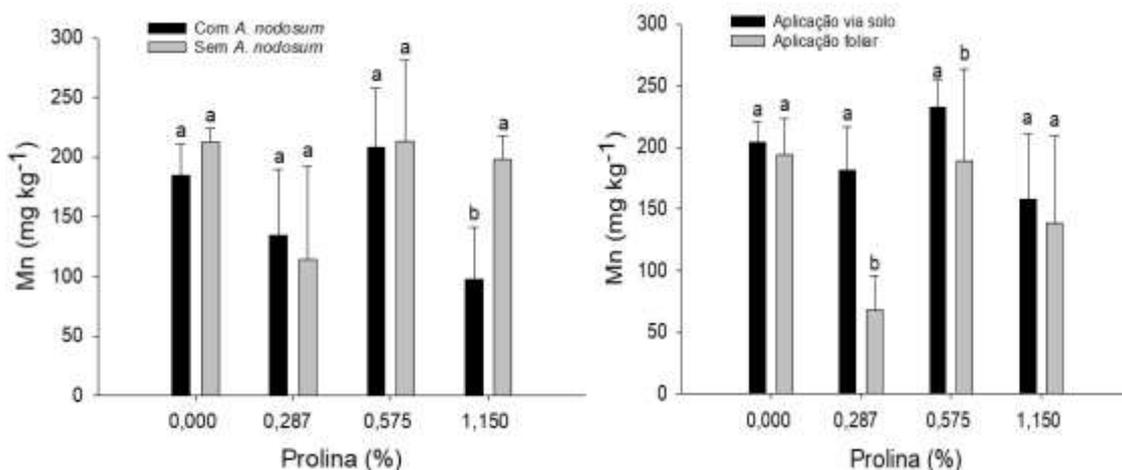
Deve-se inferir ainda que, antes da aplicação dos tratamentos as plantas já estavam no nível de suficiência de zinco, e o aumento da concentração de prolina diminuiu o teor desse nutriente quando associado com *A. nodosum* via solo no IDF para a safra 2020.

Os teores de manganês na safra 2019 foram influenciados pela interação entre *A. nodosum*, forma de aplicação e prolina (Tabela 3). O aumento da concentração de prolina associada com *A. nodosum* via solo apresentou decréscimo linear com redução de 35,09% nos teores desse nutriente entre o controle e a maior dose de prolina aplicada (Figura 14A). Ao contrário da aplicação via foliar, o aumento da concentração do aminoácido com o extrato de *A. nodosum* via foliar promoveu incremento de 70,97% com superioridade para a maior dose de prolina estudada. Apesar de que na safra 2020, as interações terem apresentado significância não houve ajuste aos modelos matemáticos (Tabela 4, Figura 14B e 14C).



B

C



**Figura 14.** Teores foliares de manganês no início do desenvolvimento floral (IDF) na safra 2019 (A) em função da interação entre *A. nodosum* (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina. Na safra 2020 (B) entre *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina, formas de aplicação (solo e foliar) e prolina (C).

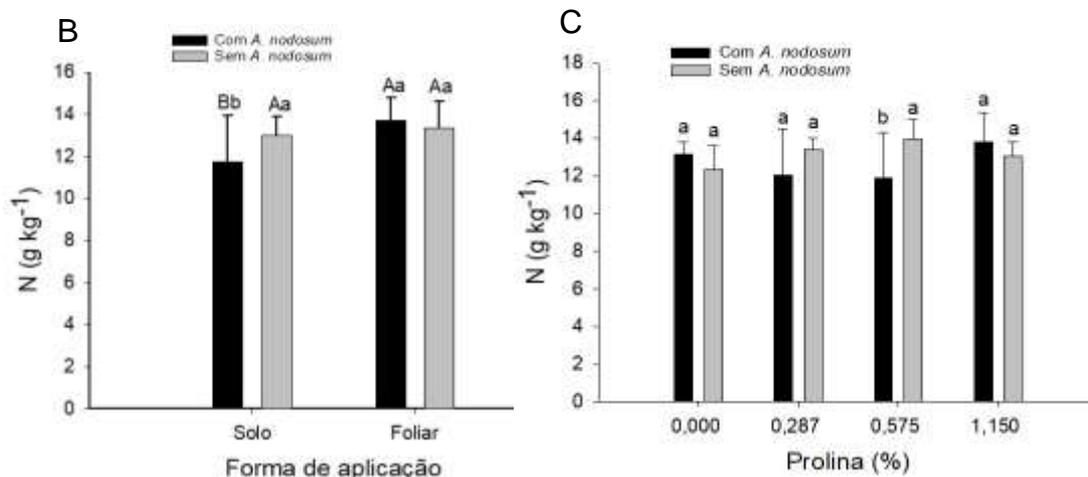
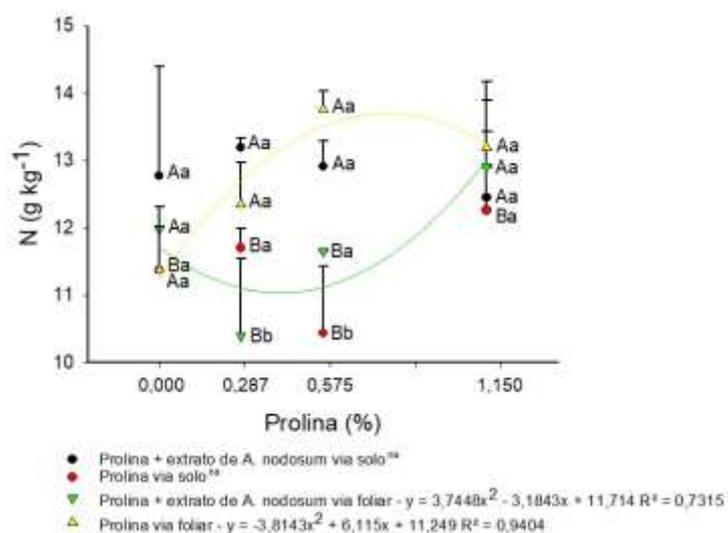
Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a /forma de aplicação. Letras não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$  par todas as interações acima, <sup>na</sup> modelo não ajustados

As aplicações foliares de prolina com ou sem *A. nodosum* apresentaram interferência sobre o teor foliar de manganês. Segundo Quaggio (1996) 50-100 mg kg<sup>-1</sup> apesar de essencial, o Mn é pouco exigido pela mangueira.

## 4.2. Estado nutricional durante a floração plena

### 4.2.1 Macronutrientes

Para o nitrogênio na safra 2019, houve efeito significativo da interação tripla (Tabela 5, Figura 15A) e a prolina via foliar na concentração 0,575% apresentou o incremento máximo de 20,84% em relação a testemunha. Como também associada com o extrato de *A. nodosum* elevou o teor foliar do nutriente em 8,04% na máxima concentração. Na safra 2020 (Tabela 6, Figura 15 B e C) as interações entre formas de aplicação e *A. nodosum*; *A. nodosum* e prolina foram significativas mas, esta última sem ajuste aos modelos matemáticos analisados. Os resultados positivos do uso de *A. nodosum* se justificam pelo efeito desse insumo como precursor em respostas fisiológicas na composição nutricional e interferência na assimilação de N (JANIN et al., 2013; BATTACHARYYA et al., 2015). Adicionalmente a prolina em baixas concentrações incrementa a produção de compostos nitrogenados (ALYEMENI et al., 2014), fato que também pode ter ocorrido nos experimentos.



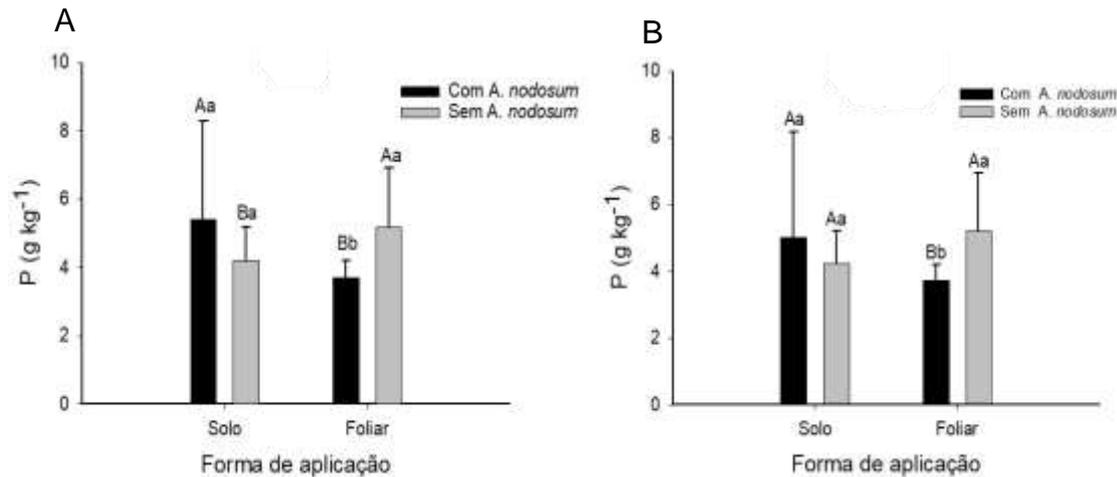
**Figura 15.** Teores foliares de nitrogênio durante a floração plena na safra 2019, em função da interação do *A. nodosum* (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (A), na safra 2020 entre *A. nodosum* (com e sem), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (B).

Barra com letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$ ,  $p < 5\%$  e  $p < 5\%$ , <sup>na</sup> modelo não ajustado

Ao se comparar os resultados do IDF para a floração plena, Urban (2006) inferiu que é esperado ocorrer diferença entre o teor de nitrogênio entre o IDF e floração plena com consequente diminuição do elemento em função do desenvolvimento da panícula. Lobo et al. (2019) encontraram teor de nitrogênio foliar  $12,0 \text{ g kg}^{-1}$  para a floração plena de mangueira 'Kent' quando aplicado um bioestimulante contendo nutrientes solúveis, aminoácidos livres e extrato de alga *Lithothamnium* sem redução no teor do elemento contrapondo Urban (2006). Destaca-se que o excesso de nitrogênio nessa fase, pode favorecer a brotação vegetativa ao invés de promover o florescimento (DAVENPORT et al., 2003).

Para o fósforo houve efeito significativo em ambas as safras (Tabelas 5 e 6, Figuras 16A e 16B) da interação entre *A. nodosum* e forma de aplicação. A aplicação via solo de *A. nodosum* promoveu incremento de 28,50% na safra 2019, todavia reduziu na mesma

proporção quando aplicado via foliar em ambas as safras. Provavelmente o extrato de *A. nodosum* interferiu na disponibilidade do P em ambas as safras, pois o elemento se movimenta no solo, de acordo com MARSCHNER et al (2011), por difusão e o menor conteúdo de água disponível no solo.

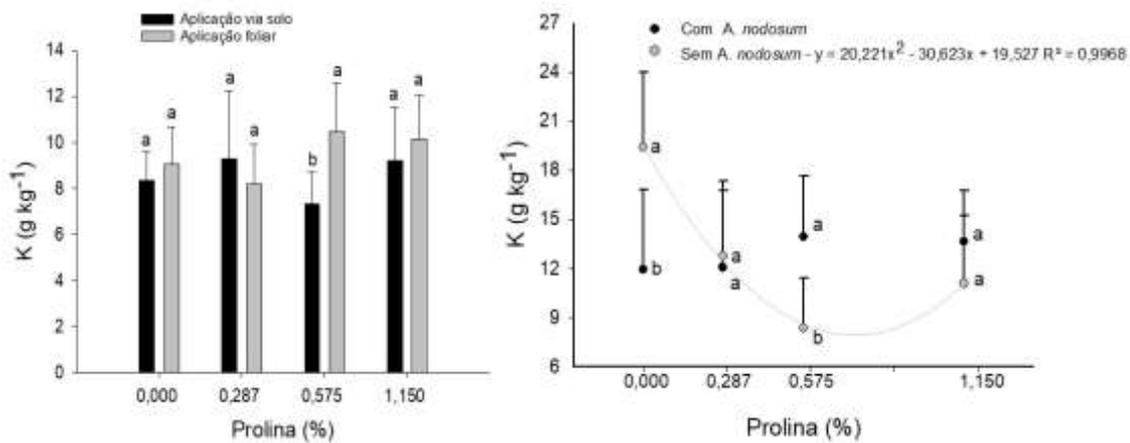


**Figura 16.** Teores foliares de fósforo durante a floração plena nas safras 2019 (A) e 2020 (B) entre a interação *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar). Barra com letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$ ,  $p < 5\%$  respectivamente

O teor foliar de potássio apresentou efeito significativo para a interação entre formas de aplicação e prolina na safra 2019 (Tabela 5, Figura 17A), mas sem ajuste aos modelos matemáticos analisados, com redução de 29,73% na concentração de 0,575% para a aplicação via solo em relação à aplicação foliar. Como também na safra 2020 em 56,99%, para a mesma dose sem *A. nodosum* e prolina (Tabela 6, Figura 17B). Devido a prolina exercer a mesma função de ajuste osmótico nos vegetais que o potássio (KAVI KISHOR; SREENIVASULU, 2014) esta dose específica pode ter interferido no conteúdo do elemento presente nas membranas das células guarda, o que é essencial para manter as atividades metabólicas em atividade, pois interfere na abertura e fechamento dos estômatos (ASHRAF; FOOLAD, 2007).

A

B



**Figura 17.** Teores foliares de potássio durante a floração plena na safra 2019 (A) em função das formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina e na safra 2020 (B) entre *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina.

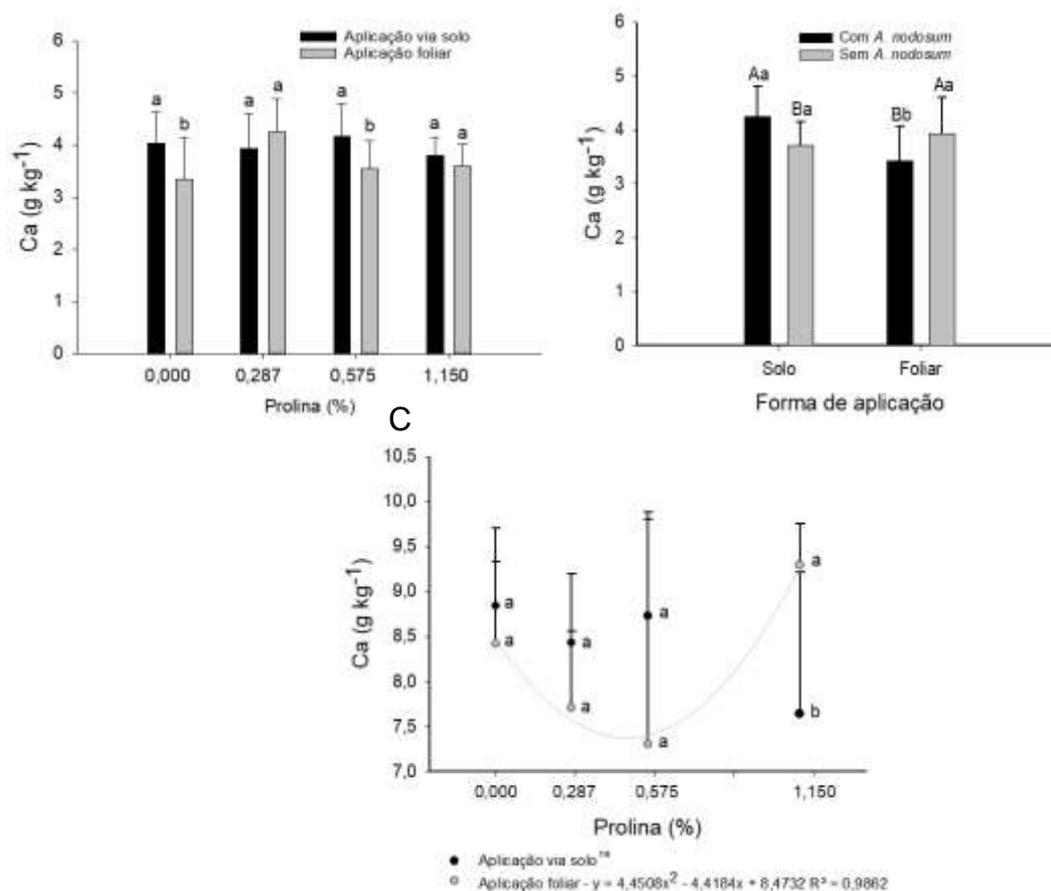
Barra com letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 5\%$   $p < 1\%$

Diferente do que ocorre com o nitrogênio, valores altos de potássio durante a floração plena apresenta efeito benéfico para a mangueira no que se refere a retenção de frutos como observado em mangueira cv Hindi por Baiea et al.(2015), em mangueira ‘Palmer’ Cavalcante et al. (2018) observaram maior produção de frutos com estratégia de maturação de ramos com extratos de *A. nodosum* alternando com fertilizantes concentrados em potássio.

O cálcio apresentou interação significativa na safra 2019 entre formas de aplicação e prolina (Tabela 5, Figura 18A), mas sem ajuste os modelos matemáticos testados. Na safra 2020, houve efeito significativo entre *A. nodosum* e formas de aplicação (Tabela 6, Figura 18B), com incremento de 14,29% em relação às plantas sem o insumo, e redução do nutriente quando aplicado via foliar. Também houve interação significativa entre as formas de aplicação e prolina (Figura 18C) e a máxima concentração desse aminoácido promoveu incremento de 21,60% em relação à mesma dose aplicada via solo, o que pode ser justificado pelo efeito da prolina na transpiração do vegetal (CUNHA, 2019) que pode ter favorecido o transporte do cálcio, pois esse nutriente se movimenta pelo xilema e depende do fluxo de massa para que seja translocado na planta (MARSCHNER, 2012; TAIZ ; ZEIGER 2017).

A

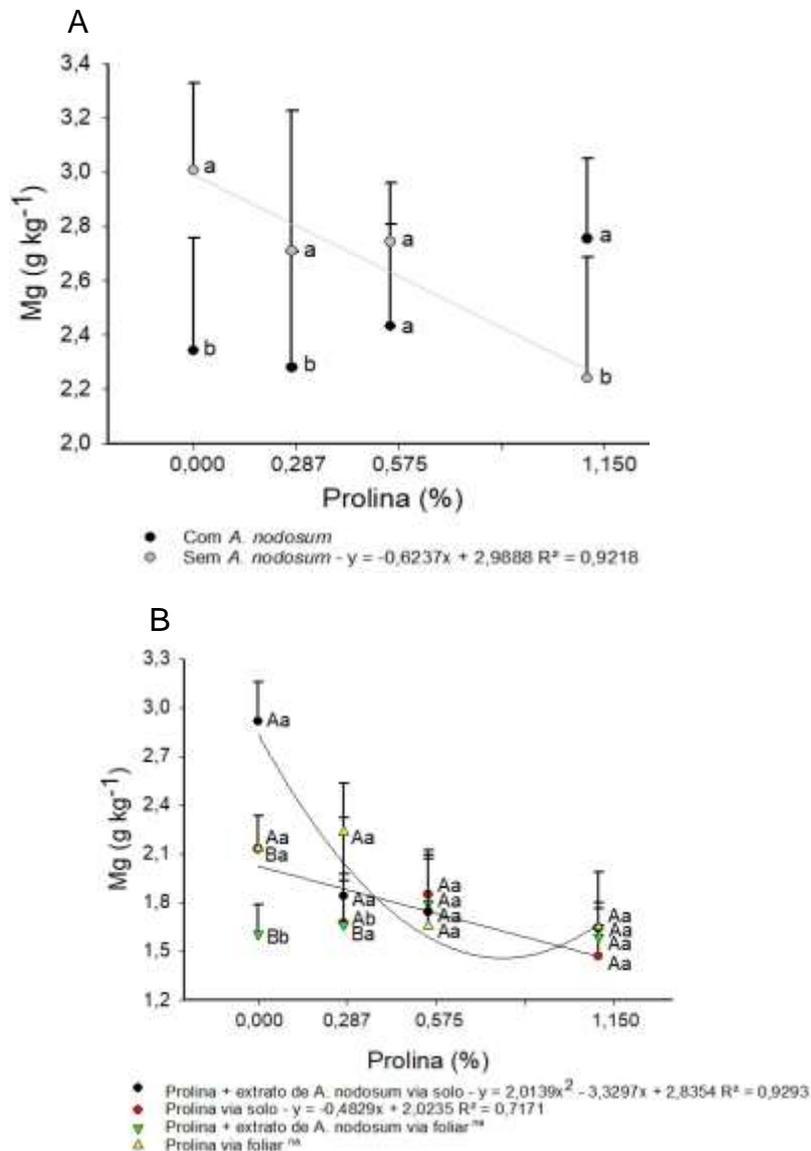
B



**Figura 18.** Teores foliares de cálcio durante a floração plena na safra 2019 (A) em função das formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina, na safra 2020 (B) entre *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar), formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina (C).

Barra com letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 5\%$   $p < 1\%$

Para o magnésio na safra 2019, houve efeito significativo entre *A. nodosum* e prolina (Tabela 5, Figura 19A) com redução linear entre as plantas sem *A. nodosum*, a concentração mais elevada com 1,150% da prolina o decréscimo foi de 25,33%, para o elemento essa concentração é excessiva nessa fase. Na safra 2020 (Tabela 6, Figura 19B) também houve interação tripla entre os fatores estudados, e novamente com redução do Mg foliar tanto entre a prolina associada com *A. nodosum* via solo quanto ao aminoácido isolado. Esses resultados podem ser justificados pelo efeito da aplicação do extrato da alga via solo, que pode estar relacionado com compostos fenólicos presentes em seu conteúdo que interfere no nível foliar do magnésio conforme resultados encontrados por Ertani et al. (2018) que ao analisar cinco extratos de *A. nodosum* perceberam diferença quanto ao incremento e decréscimo do elemento. Diferente do observado por Lobo et al. (2019) que não constatou diferença significativo para o magnésio com aplicações de bioestimulantes, mas apenas com aplicações foliares.

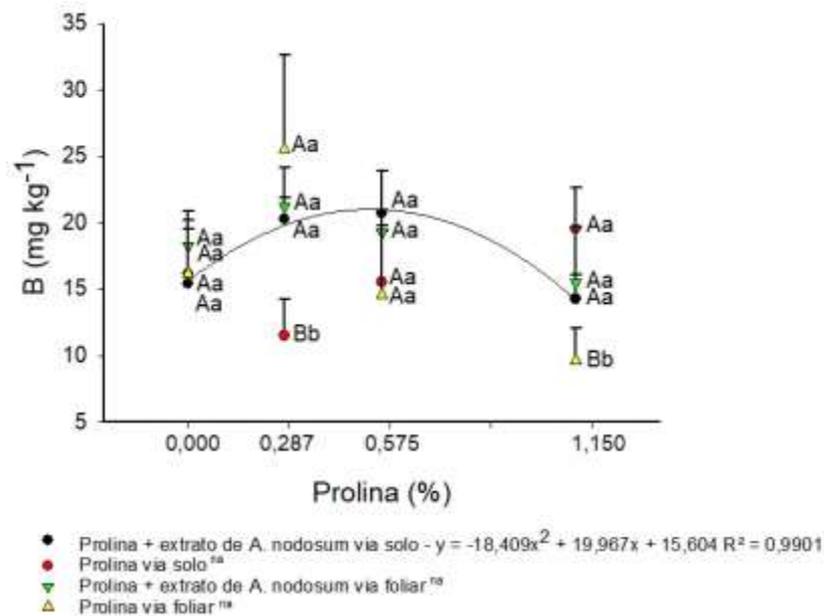


**Figura 19.** Teores foliares de magnésio durante a floração plena na safra 2019 (A) em função do *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina, na safra 2020 (B) entre *A. nodosum* (com e sem) e formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina. Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$ . <sup>na</sup> modelo não ajustado

Na safra 2019, não houve efeito significativo dos tratamentos para o teor foliar do enxofre (Tabela 5). Por outro lado, apesar da interação tripla para a floração plena na safra 2020 ter sido significativa (Tabela 6), nenhum dos modelos matemáticos se ajustaram seja para as interações significativas ou para os efeitos isolados dos fatores de variância, demonstrando que as variações nos dados encontrados, para esse elemento necessitam mais estudos.

#### 4.2.2. Micronutrientes

Na safra 2019 não houve efeito dos tratamentos nas concentrações foliares de boro (Tabela 5), mas em 2020 (Tabela 6, Figura 20), registraram-se interações significativas triplas entre os fatores de variância, e a aplicação via solo de *A. nodosum* independentemente da dose da prolina foi superior aos demais tratamentos, promovendo incremento de até 33,61% em relação à testemunha (Figura 20). Provavelmente devido à composição do extrato de alga, por conter níveis significativos de boro, a interferência do extrato de *A. nodosum* sobre o teor foliar do elemento é esperado, conforme argumentam Ahmed et al. (2015).



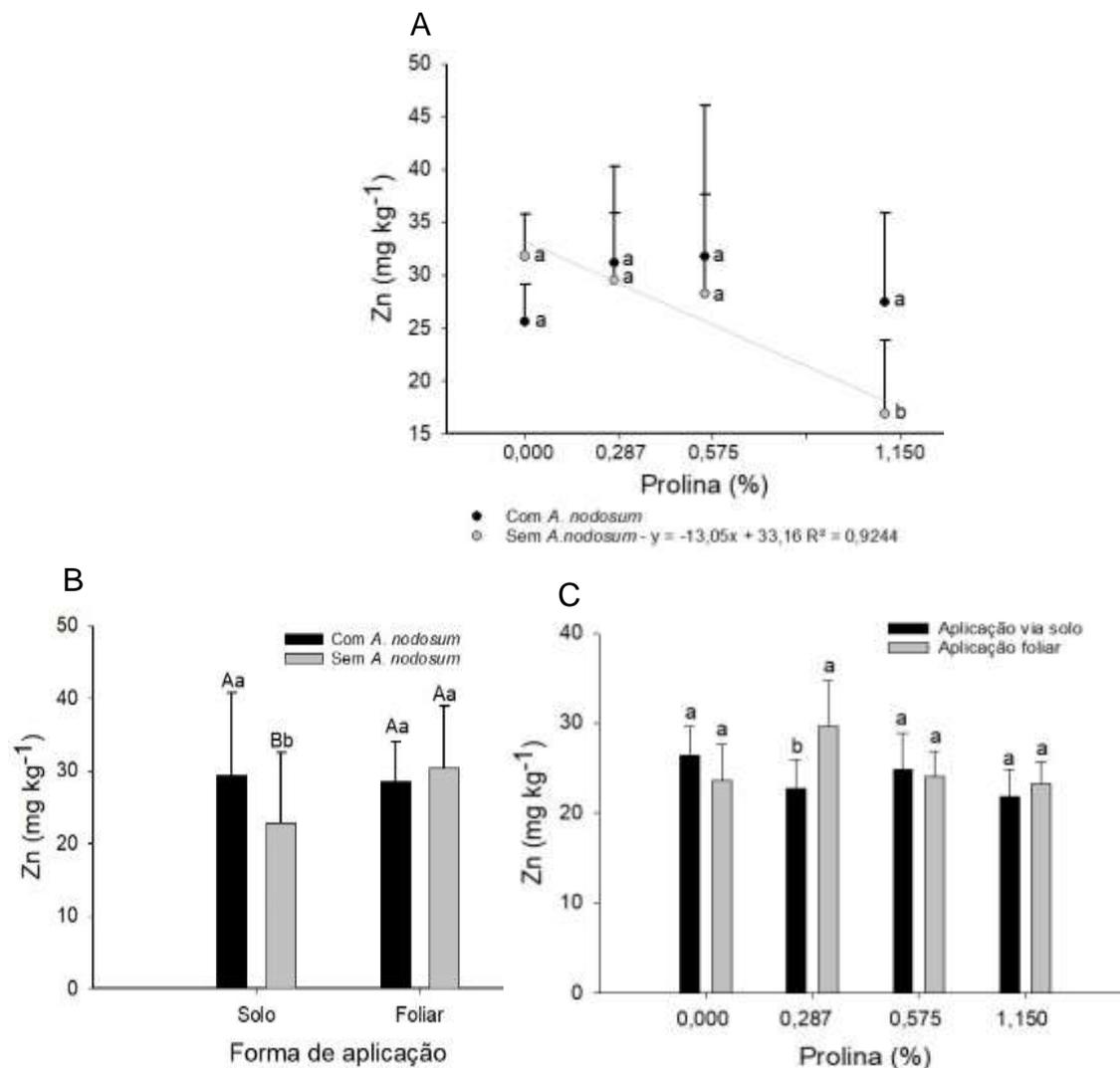
**Figura 20.** Teores foliares de boro durante a floração plena na safra 2020 (A) em função do *A. nodosum* (com e sem), as formas de aplicação (solo e foliar) e concentrações de prolina.

Letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 1\%$ . <sup>na</sup> modelo não ajustado

Os níveis foliares do zinco foram afetados pelos tratamentos avaliados na safra 2019 (Tabela 5, Figura 21A), com interações significativas entre as concentrações de prolina com decréscimo linear, a maior concentração de prolina 1,150% teve menor teor foliar de zinco que as plantas que não receberam os tratamentos.

Independentemente do uso de *A. nodosum*, o aumento da dose de prolina fornecida promoveu redução linear máxima de 47,03% entre a testemunha e a maior dose de prolina aplicada. Como também a aplicação sem *A. nodosum* via solo reduziu em 22,42% o Zn foliar (Figura 21B), quando comparado com o extrato de alga. Na safra 2020 (Figura 21C), em função da forma de aplicação para prolina não houve ajuste a nenhum modelo matemático, apenas a dose 0,287% proporcionou redução de 23,59% em comparação a mesma concentração aplicada via foliar, o que se justifica pela maior concentração de

prolina interferir na rota metabólica de enzimas antioxidantes que exigem zinco como ativador enzimático e o extrato de alga conter pequenas quantidades de zinco (HAYAT et al, 2012; NAIR et al., 2012; LI et al., 2013).

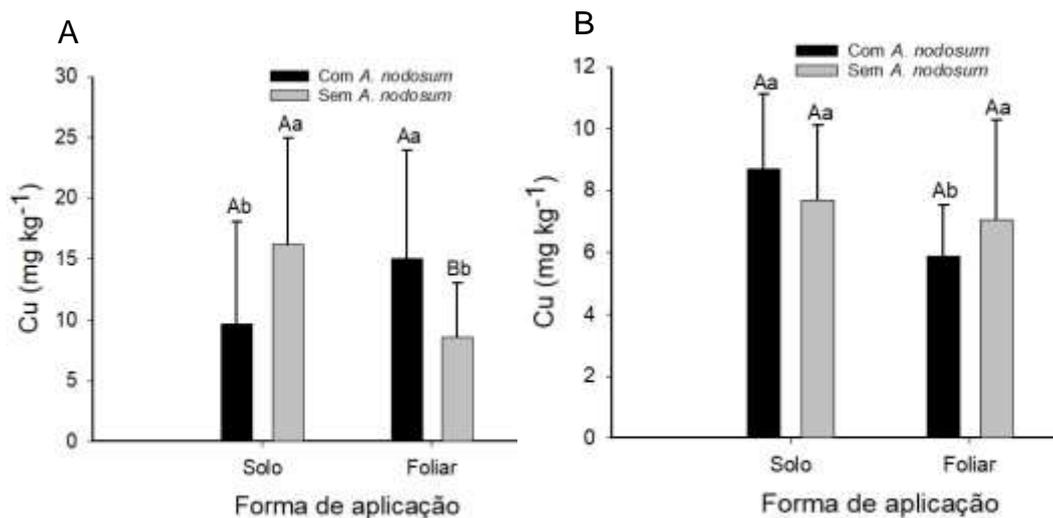


**Figura 21.** Teores foliares de zinco durante a floração plena na safra 2019 (A) em função do *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina, *A. nodosum* (com e sem) e as formas de aplicação (solo e foliar) (B). Na safra 2020 (C) a interação entre as formas de aplicação (solo e foliar) e as concentrações de prolina.

Barras com letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 5\%$ ,  $p < 5\%$  e  $p < 1\%$  respectivamente

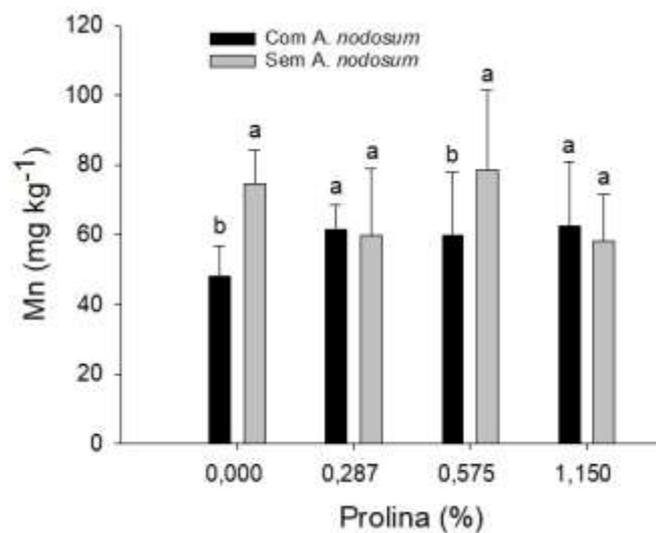
O teor foliar de cobre apresentou efeito significativo em 2019 e 2020 (Tabelas 5 e 6) entre as formas de aplicação e *A. nodosum*, mas com tendências diferentes. Na safra 2019 (Figura 22A) via solo sem o extrato da alga houve redução de 40,20% em relação a aplicação de *A. nodosum*, enquanto o oposto ocorreu para a via foliar quando o extrato proporcionou incremento do teor do cobre em 74,42%. Na safra 2020 (Figura 22B) o efeito do extrato de *A. nodosum* foi diferente dentro de cada forma de aplicação, via solo com o extrato mostrou-se incremento de 13,43%, contrapondo a via foliar com redução de 16,60%. Tanto o efeito do extrato de *A. nodosum*, quanto as concentrações de prolina e a

forma de aplicação de forma isolada ou em associação justificam-se por provocarem oscilações no metabolismo de enzimas antioxidantes, que exige como cofator enzimático o cobre ou mesmo conter em sua composição o elemento (ASLAM et al., 2010; SULANDJARI et al., 2020; IUPAC, 2021). As diferenças entre as respostas aos tratamentos nas safras, pode ser justificada pela variação no teor de cobre em mais de 100% para as formas de aplicação nas safras 2019 e 2020.



**Figura 22.** Teores foliares de cobre durante a floração plena na safra 2019 (A) e 2020 (B) em função do *A. nodosum* (com e sem) e as formas de aplicação (solo e foliar). Barras com letras maiúsculas comparam os efeitos do extrato de *A. nodosum* enquanto as minúsculas a forma de aplicação. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 5\%$

O teor foliar do manganês apresentou efeito significativo para a floração plena na safra 2019 (Tabela 5, Figura 23), mas sem ajuste aos modelos matemáticos testados. Conforme a Figura 23 a aplicação com *A. nodosum* provocou oscilações na concentração foliar de Mn, especialmente na testemunha quando o uso do insumo reduziu em 23,90% o teor foliar de Mn. Resultados encontrados por Villares et al.(2007) demonstraram que extrato de algas marrons como *A. nodosum* pode reduzir os níveis foliares de Mn. É importante destacar a pequena exigência do nutriente pela mangueira ao elemento e pelo extrato de *A. nodosum* possuir em sua constituição esse e outros nutrientes essenciais às plantas (ERTANI et al., 2018).



**Figura 23.** Teor foliar de manganês durante a floração plena na safra 2020 em função do *A. nodosum* (com e sem) e concentrações de prolina. Barras com letras iguais não diferem entre si pelo Teste F  $p < 5\%$

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

Ocorre incremento nos teores foliares de fósforo e potássio quando a alga e o aminoácido são aplicados separadamente. Como também a concentração de 1,150% da prolina eleva os níveis de enxofre e boro via solo. A aplicação do extrato de *Ascophyllum nodosum* e prolina, interferem de formas distintas sob a nutrição no início do desenvolvimento floral e na floração plena em mangueira Kent.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABDELHAMID, M. T.; RADY, M. M.; OSMAN, A. S.; ABDALLA, M. A. Exogenous application of proline alleviates salt-induced oxidative stress in *Phaseolus vulgaris* L. 20 Plants. **Journal of Horticultural Science ; Biotechnology**, v. 88, ed. 4, p. 439–446, 2013.
- AHMED, F. F.; ABDELAAL, A. M. K.; REFAAI, M. M. Impact of seaweed extract as a partial replacement of mineral N fertilizers on fruiting of Taimour mango trees. **Egypt Journal Horticulture**, v. 42, n. 1, p. 655-664, 2015.
- ALMEIDA, E. I. B.; CELIN, E. F.; FREIRE, A. G.; DE LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; MESQUITA, R. O. Ecofisiologia de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a diferentes regimes hídricos e disponibilidade de luz. **Revista Agroambiente On-line**, v. 9, n. 3, p. 251-260, 2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Alemanha, v. 22, n.6, p. 711–728. 2013.
- ALYEMENI, M. N.; HAYAT, S.; HAYAT, Q. Changes of photosynthesis and nitrogen metabolism in *Cicer arietinum* L. grown in the presence of foliar-applied proline. **Agrochimica**, v. 58, n. 4, p. 321-334, 2014.
- ANEES, M.; TAHIR, F. M.; SHAHZAD, J.; MAHMOOD, N. Effect of foliar application of micronutrients on the quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dusehri fruit. **Mycopathologia**, v. 9, n. 1, p. 25-28, 2011.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI ; FRUTI 2020. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, p. 82-85, 2020.
- ARAÚJO, D., O; MORAES, J. A. A.; DE CARVALHO, J. L. M. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo da manga no mercado nacional. **Revista Em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, p. 51-73, 2017.
- ARRAIS, I. G.; ALMEIDA, J. P. N.; DANTAS, L. L. G. R.; SILVA, F. S. O.; SILVA, C. C.; MENDONÇA, V. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39, n.2, p.234-241, 2016.
- ASHRAF, M. F. M. R.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress, resistance, **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 2, p. 206-216, 2007.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.
- BAIEA, M. H. M.; EL-BADAWY, H. E. M.; EL-GIOUSHY, S. F. Effect of potassium, zinc and boron on growth, yield and fruit quality of Keitt mango trees. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v.6, p.800-812, 2015.
- BARBOSA, M. R., DE ARAÚJO SILVA, M. M., WILLADINO, L., ULISSES, C., CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. *Ciência Rural*, v.44, n.3, p.453-460. 2014.

BARBOSA, L. F. S., CAVALCANTE, I. H. L., LIMA, A. M. N. Desordem fisiológica e produtividade de mangueira cv. Palmer associada à nutrição de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.38, n.1, p.1-10, 2016.

BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, v.196, p.39-48, 2015.

BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; DE ALMEIDA, M. S. Adaptação das plantas ao déficit hídrico. *Acta Iguazu*, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; HENRIQUES NETO, D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 26-33, 2008.

CARNEIRO, C. E. A.; MOLINARI, H. B. C.; ANDRADE, G. A.; PEREIRA, L. F. P.; VIEIRA, L. G. E. Produção de prolina e suscetibilidade ao glufosinato de amônio em plantas transgênicas de citrumele Swingle. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 5, p. 747-753, 2006.

CARVALHO, M.E.A.: CASTRO, P.R.C.. Extratos de algas e suas aplicações na agricultura. *Série Produtor Rural* 56, 58p. 2014.

CARVALHO, M. E. A.: DE CAMARGO, P. R.: GAZIOLA, S. A.: AZEVEDO, R. A. Is seaweed extract an elicitor compound? Changing proline content in drought-stressed bean plants. *Comunicata Scientiae*, v. 9, n. 2, p. 292-297, 2018.

CARVALHO, C. I. F. S.; LIMA, A. M. N.; LOBO, J. T.; MUDO, L. E. D.; DA SILVA, A. S. Estenoespermocarpia em frutos de mangueira e a relação com a nutrição de boro. *Meio Ambiente (Brasil)*, v. 2, n. 3, 2020.

CAVALCANTE, Í. H. L.; SANTOS, G. N. F.; SILVA, M. A.; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.; AMARIZ, R. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, v. 91, p. 281-286, 2018.

COSTA, J. G; SANTOS, C. A. F. **Sistema de produção: Cultivo da Mangueira**. Embrapa Semiárido, n.2, 2004.

COSTA, M. A.; NOGUEIRA, C. E. C; ALVES, H. J ; MARRA, B. M.; ALAB, J. H. C. O uso de macroalgas marinhas na agricultura. *Acta Iguazu*, Cascavel, v.3, n.2, p. 69-76, 2014.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, v.23, n.3, p.371–393, 2010.

CUNHA, J. G. **Fornecimento exógeno de prolina e extrato de algas no cultivo de mangueira ‘Tommy Atkins’ no semiárido**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina – PE, 2019.

CVIKROVÁ, M.; GEMPERLOVÁ, L.; MARTINCOVÁ, O.; VANKOVÁ, R. Effect of drought and combined drought and heat stress on polyamine metabolism in proline overproducing tobacco plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.73, p.7-15, 2013.

- DAVENPORT, T. L. Management of flowering in there tropical and subtropical fruit tree species. **HortScience**, v.38, n.7, p.1331-1335, 2003.
- DAVENPORT, T. L. Reproductive physiology of mango. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.4, p.363-376, 2007.
- DAVENPORT, T. L. Reproductive Physiology. In: LITZ, R. E. (Ed). The Mango: Botany, Production and Uses. USA: CAB International, 2009. p.97-169.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v.30, p.3-14, 2015.
- ERTANI, A.: FRANCIOSO, O.: TINTI, A.: SCHIAVON, M.: PIZZEGHELLO, D.: NARDI, S. Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 428, 2018.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 6, 2008.
- FEIJÃO, A. R.: MARQUES, E. C.: SILVA, J. C. B. D.: LACERDA, C. F. D.: PRISCO, J. T.: GOMES-FILHO, E. Nitrato modula os teores de cloreto e compostos nitrogenados em plantas de milho submetidas à salinidade. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 10-19, 2013.
- FERREIRA, F.R.; POSSIDIO, E.L.; SOARES, N.B.CASTRO NETO, M.T.; PINTO, A.C.Q.; DONADIOA, L.C.; FREITAS, G.B. Germoplasma de manga no Brasil.: 2002. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/34025/1/OPB784.pdf>. Acesso: nov. 2020.
- GARCIA, G. O.: FERREIRA, P. A.: MIRANDA, G. V.: NEVES, J. C. L.: MORAES, W. B.: SANTOS, D. B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **Idesia (Arica)**, v. 25, n. 3, p. 93-106, 2007.
- GENÚ, P.J.C.; PINTO, A. C. Q. A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 454p.
- GREENWAY, H.; MUNS, R. Mechanisms of salt tolerance in crop plants. **Plant Physiology**, v. 31, n. 1, p. 149-190, 1980.
- GRESSLER, V. Composição química e potencial biológico das algas vermelhas marinhas *Laurencia filiformis*, *Laurencia intricata*, *Plocamium brasiliense* e *Ochtodes secundiramea* da costa brasileira. 2010. 283 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo. 2010.
- GUIRY, M.D.; GUIRY, G.M. Alga e Base. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2019. Disponível em <<http://www.algaebase.org>>. Acesso em 19 dez. 2019.
- HALPERN, M. BAR-TAL, A., OFEK, M., MINZ, D., MULLER, T., YERMIYAHU, U. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. **ADVANCES IN AGRONOMY**, v. 130, p. 141-174, 2015.

HAMILTON, E. W.; HECKATHORN, S. A. Mitochondrial adaptation to NaCl, Complex I is protected by anti-oxidants and small heat shock proteins, where as complex II is protected by proline and betaine. **Plant Physiology**, v. 126, p. 1266–1274, 2001.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J. K., BOHNERT, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, n.51. p. 463-499. 2000.

HAYAT, S.; HAYAT, Q.; ALYEMENI, M. N.; WANI, A. S.; PICHTEL, J.; AHMAD, A. Role of proline under changing environments: a review. **Plant Signaling ; Behavior**, v. 7, n. 11, p. 1456-1466, 2012.

HSIAO, T. C.; XU, LIU-KANG. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 350, p. 1595-1616, 2000.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado><. Acesso em: 20 de nov. 2020.

JANNIN, L.; ARKOUN, M.; ETIENNE, P.; LAÏNÉ, P.; GOUX, D.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; SAN FRANCISCO, S.; BAIGORRI, R.; CRUZ, F.; HOUDUSSE, F.; GARCIA-MINA, J.; YVIN, J.; OURRY, A. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. **Journal of Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 32, p. 31–52, 2013.

KAUSHAL, N.; GUPTA, K.; BHANDHARI, K.; KUMAR, S.; THAKUR, P.; NAYYAR, H. Proline induces heat tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants by protecting vital enzymes of carbon and antioxidative metabolism. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 17, p. 203–213, 2011.

KAVI KISHOR, P. B.; SREENIVASULU, N. Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue? **Plant, cell ; environment**, v. 37, n. 2, p. 300-311, 2014.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES, D. M.; CRITCHLEY, A. T.; CRAIGIE, J. S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 4, p. 386-399, 2009.

KHAN, A.; SHAHEEN, F.; AHMAD, K.; KHAN, Z. I.; SHAH, A.; NAWAZ, H. Amelioration of adverse effects of salt stress in okra (*Hibiscus esculentus* L.) by foliar application of proline. **American-Eurasian Journal of Agricultural ; Environmental Sciences**, v. 15, n. 11, p. 2170-2179, 2015.

KHAN, M. I. R.; NAZIR, F.; ASGHER, M.; PER, T. S.; KHAN, N. A. Selenium and sulfur influence ethylene formation and alleviate cadmium-induced oxidative stress by improving proline and glutathione production in wheat. **Journal of Plant Physiology**, v. 173, p. 9-18, 2015.

KOYAMA, R.; BETTONI, M.M.; RODER, C.; ASSIS, A. M.; ROBERTO, S.R. E MÓGOR, A.F. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis no desenvolvimento vegetativo e na produção do tomateiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 4, p. 282-287, 2012.

LI, X.; YANG, Y.; JIA, L.; CHEN, H.; WEI, X. Zinc-induced oxidative damage, antioxidant enzyme response and proline metabolism in roots and leaves of wheat plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 89, p. 150-157, 2013.

LIANG, X.; ZHANG, L.; NATARAJAN, S. K.; BECKER, D. F. Proline mechanisms of stress survival. **Antioxidants ; Redox Signaling**, v. 19, n. 9, p. 998-1011, 2013.

LOBO, J. T.; CAVALCANTE, Í. H. L.; LIMA, A. M. N.; VIEIRA, Y. A. C.; MODESTO, P. I. R.; DA CUNHA, J. G. Biostimulants on Nutritional Status and Fruit Production of Mango 'Kent' in the Brazilian Semiarid Region. **HortScience**, v. 54, n. 9, p. 1501-1508, 2019.

LOBO, J. T.; DE SOUSA, K. D. S. M.; NETO, V. B. D. P.; PEREIRA, R. N.; SILVA, L. D. S.; CAVALCANTE, Í. H. L. Biostimulants on Fruit Yield and Quality of Mango cv. Kent Grown in Semiarid. **Journal of the American Pomological Society**, v. 73, n. 3, p. 152-160, 2019.

LU, P.; CHACKO, E. K.; BITHELL, S. L.; SCHAPER, H.; WIEBEL, J.; COLE, S.; MÜLLER, W. J. Photosynthesis and stomatal conductance of five mango cultivars in the seasonally wet-dry tropics of northern Australia. **Scientia Horticulturae**, v. 138, p. 108-119, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARIJUAN, M. P.; BOSCH, S. M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, p.660-666, 2013.

MARSCHNER, Horst. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 2011.

MOHAMED, A.Y.; EL- SEHRAWY, O. A. M. Effect of Seaweed Extract on Fruiting of Hindy Bisinnara Mango Trees. **Journal of American Science**, v.9, n.6, p.537-544, 2013.

MORALES-PAYAN, J. P. Effects of an agricultural extract of the brown alga, *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyceae), on mango, *Mangifera indica* (Anacardiaceae), grown for transplants in the nursery. **Life: The Excitement of Biology**. v.1, n.2, p.111-117, 2013.

MOUCO, MA do C. Indução floral da mangueira. **Embrapa Semiárido-Outras publicações científicas (ALICE)**, 2004.

MOUCO, M.A do C.; ONO. E.O.; RODRIGUES, J.D. Inibidores de síntese de giberelinas e crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p.273-279, 2010.

MOUCO, M. A. D. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1043-1047, 2011.

MOURA, M. S. B. de; OLIVEIRA, L. D. S.; EVANGELISTA, S. R. M.; MOUCO, M. A. do C.; SOUZA, L. S. B. de; SILVA, T. G. F. Aptidão climática da mangueira frente ao clima atual e aos cenários futuros. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, p. 496-509, 2015.

MUDO, L. E. D., LOBO, J. T., CARREIRO, D. D. A., CAVACINI, J. A., SILVA, L. D. S., CAVALCANTE, Í. H. L. TROCAS GASOSAS FOLIARES E FLORESCIMENTO DE MANGUEIRA PULVERIZADA COM BIOESTIMULANTE NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 332-340, 2020.

NAIR, P.; KANDASAMY, S.; ZHANG, J.; XIUHONG, J.; KIRBY, C., BENKEL, B., HODGES, M. D.; CRITCHLEY, A. T.; HILTZ, D.; PRITHIVIRAJ, B. 65 Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* L mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **BMC Genomics**, v. 13, n. 1, p. 643, 2012.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de bioquímica de Lehninger. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

NÚÑEZ-ELISEA, R.; DAVENPORT, T. L. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. **Scientia Horticulturae**, v. 62, n. 1-2, p. 63-73, 1995.

OLIVEIRA, L. A. A.; GÓES, G. B.; MELO, I. G. C.; COSTA, M.E. E.; SILVA, R.M. - Uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, vol. 6, n. 2, p. 1-4, 2011.

OLIVEIRA, A. B. DE; ALENCAR, N. L. M.; GOMES-FILHO, E. Comparison Between the Water and Salt Stress Effects on Plant Growth and Development. INTECH Open Access Publisher.2013.

OLIVEIRA, G. P. Uso do paclobutrazol na produção de manga. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e939975183-e939975183, 2020. PALEG, L. G.; STEWART, G. R.; BRADBEER, J. W. Proline and glycine betaine influence protein solvation. **Plant Physiology**, Rockville, v.75, n.4, p.974-978, 1984.

PISE, N. M†; SABALE, A. B. Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of. **Journal of Phytology**, 2010.

QUAGGIO, J. A. Adubação e calagem para mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHOR, J.; MORAIS, O. M. (Ed.). Manga, tecnologia de produção e mercado. Vitória da conquista: DBZ/UESB, 1996. P. 106-135.

RAINS, D. W. Plant tissue and protoplast culture: applications to stress physiology and biochemistry. In: Jones, H. G.; Flowers, T. J.; Jones, M. B. (ed.). Plants under stress. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. cap.10, p.181-196.

RAIS, L.; MASOOD, A.; INAM, A.; KHAN, N. Sulfur and nitrogen co-ordinately improve photosynthetic efficiency, growth and proline accumulation in two cultivars of mustard under salt stress. **Journal of Plant Biochemistry ; Physiology**, 2013.

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 126, ed. 2, p. 65-72, 2010.

REZENDE, J.S. **Diagnose nutricional e concentração de Ca-ligado no fruto da mangueira no Vale do São Francisco**. Tese. (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Sede, Recife-PE, 2021.

REJEB, I. B.; PASTOR, V.; MAUCH-MANI, Brigitte. Plant responses to simultaneous biotic and abiotic stress: molecular mechanisms. **Plants**, v. 3, n. 4, p. 458-475, 2014.

RONGA, D.; BIAZZI, E.; PARATI, K.; CARMINATI, D.; CARMINATI, E.; TAVA, A. Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. **Agronomy**, v.9, n.4, p.192, 2019.

SAKYA, A. T.; PRAHASTO, D. H. The application of phosphorus and potassium to increase drought tolerance in *Pereskia bleo* (Kunt) DC with proline and antioxidant indicators. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012055

SANTIAGO, E. J. P., FREIRE, A. K. DA S., CUNHA, A. L. X., CANTALICE, J. R. B., MOUCO, M. A. DO C., CUNHA FILHO, M., GOMES-SILVA, F., SILVA, A. S. A. DA, ; OLIVEIRA, G. M. DE. Characterization of high temperatures and identification of times susceptible to stenopermocarpia in 'Palmer' mangoes. **Research, Society and Development**, v. 9. n.7, 2020.

SAXENA, P.; SINGH, V. K.; RAJAN, S. Osmotic regulation in leaves of mango cultivars 'Amrapali' and 'Langra' during flowering-a stage of internal stress. **Acta Horticulturae**.n.1066.p. 135-139. 2015.

SIDDIQ, M.; BRECHT, J. K.; SIDHU, J. S. Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition. Ed,1. United Kingdom. John Wiley ; Sons, 2017. 195p.

SILVA, D. J. Nutrição e adubação da mangueira em sistema de produção integrada. Embrapa Semiárido-**Circular Técnica 88** (INFOTECA-E)., 2008.

SILVA, F. C. S. et al. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, G.J.N. et al. Uniconazole on mango floral induction cultivar 'Kent' at submedio São Francisco region, Brazil. **Acta Horticulturae**, (ISHS), Leuven, n.884, p.677-682, 2010.

SILVA, H. A. P. D.; GALISA, P. D. S.; OLIVEIRA, R. S. D. S.; VIDAL, M. S.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L. Expressão gênica induzida por estresses abióticos em nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 797-807, 2012.

SILVA, A.C. da; SOUZA, A.P. de; LEONEL,S.;SOUZA, M.E. de; RAMOS, D.P.; TANAKA, A.A. Growth and flowering of five mango cultivar under subtropics conditions of Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, Irvine, v.5, n.3, p.393-402, 2014.

SILVA, M. A. D.; CAVALCANTE, Í. H.; MUDO, L. E.; PAIVA NETO: V. B. D.; CUNHA, J. G. D. Biostimulant alleviates abiotic stress of mango grown in semiarid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 7, p. 457-464, 2020.

SINGH, Z., MALIK, A. U., DAVENPORT, T. L. Fruit drop in mango. In: JANICK, J. Horticultural Reviews, v.31. New Jersey: John Wiley ; Sons, 2005. p.111- 154.

SOULE, J. Glossary for Horticultural Crops. Wiley, New York. 1985.

SRIKASETSARAKUL, E.U.A.; SRINGARM, K.; SRUAMSIRI, P. ONGPRASERT, S.; SPREER, W.;SCHULZE, K.; MÜLLER, J. Effects of partial rootzone drying irrigation on proline content and yield of mango in a commercial orchard. In: **Global Conference on Augmenting Production and Utilization of Mango: Biotic and Abiotic Stresses 1066**. p. 85-94. 2011.

SRIVASTAV, M.; KISHOR, A.; DAHUJA, A.; SHARMA, R. R. Effect of paclobutrazol and salinity on onion leakage, proline content and activities of antioxidant enzymes in mango (*Mangifera indica* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 4, p. 785-788, 2010.

STINO, R.G. ABD EL-WAHAB, S. M. HABASHY, S. A: KELANI, R. A. Productivity and fruit quality of three mango cultivars in relation to foliar sprays of calcium, zinc, boron or potassium. **Journal of Horticultural Science ; Ornamental Plants**, v. 3, n. 2, p. 91-98, 2011.

STIRK, W. A.; VAN STADEN, J. Seaweed products as biostimulants in agriculture. World seaweed resources [DVD-ROM]: ETI Information Services Lts, Univ. Amesterdam. ISBN, v. 9075000, p. 80-4, 2006.

SUKHVIBUL, N.: WHILEY, A. W.: VITHANAGE, V.: SMITH, M. K.: DOOGAN, V. J.: HETHERINGTON, S. E. 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**, v. 75, n. 2, p. 214-222, 2000.

SZEPESI, Á; SZOLLOSI, R. Mechanism of Proline Biosynthesis and Role of Proline Metabolism Enzymes Under Environmental Stress in Plants. In: Plant Metabolites and Regulation Under Environmental Stress. 2018. p. 337-353.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I, M.; MURPHY, A. Plant physiology and Development. 6ed, Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. ; VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

TONHATI, Rachel. **L-prolina no alívio do estresse térmico em tomateiro cultivado em ambiente protegido**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VILLARES, R.; CARRAL, E.; LORENZANA, F.; MOSQUERA, E. L. Drift-seaweed evaluation for fertilizer use in galiza (Northwest Spain): Tissue elemental characterization and site-sampling differences. *Journal of Sustainable Agriculture*, Binghamton, v. 31, n. 1, p. 45-60, 2007.

WEN, J. F.: GONG, M.: LIU, Y.: HU, J. L.: DENG, M. H. (2013). Effect of hydrogen peroxide on growth and activity of some enzymes involved in proline metabolism of sweet corn seedlings under copper stress. **Scientia Horticulturae**, v. 164, p. 366-371, 2013.

WHILEY, A. W.; RASMUSSEN, T. S.; SARANAH, J.B. AND WOLSTENHOLME, B.N. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Journal of Horticultural Science**, v. 64, p. 753-765, 1989.

YOSHIBA, Y.; KIYOSUE, T.; NAKASHIMA, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, Y.; SHINOZAKI, K. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. **Plant and Cell Physiology**, v.38, p.1095-1102, 1997.

ZHIFANG, G.: LOESCHER, W.H. Expression of celery mannose 6-phosphate reductase in *Arabidopsis thaliana* enhances salt tolerance and induces biosynthesis of both mannitol and a glucosy-mannitol dimmer. **Plant, Cell and Environment**, v26.p.275-283. 2003.