



SIMONE LOPES GUIMARÃES

**QUITOSANA NA TOLERÂNCIA DE CAFEIEIRO AO DÉFICIT
HÍDRICO**

LAVRAS-MG

2019

SIMONE LOPES GUIMARAES

**QUITOSANA NA TOLERÂNCIA DE CAFEIEIRO
AO DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

Orientador

Dr. Ademilson de Oliveira de Alecrim

Coorientador

LAVRAS-MG

2019

SIMONE LOPES GUIMARÃES

**QUITOSANA NA TOLERÂNCIA DE CAFEEIRO AO DÉFICIT
HÍDRICO**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Dr. Ademilson de Oliveira Alecrim - UFLA

Msc. Giovani Belutti Voltolini - UFLA

Dra. Meline de Oliveira Santos - UFLA

Orientador:

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS-MG

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por me permitir realizar esse sonho. Agradeço de todo o meu coração à minha família por acreditar em mim, me apoiar e me inspirar. Em especial a minha mãe Cláudia, ao meu pai Gabriel e meu irmão Tiago.

Ao meu namorado Augusto que esteve comigo e me apoiou dos melhores aos piores momentos dessa reta final.

Aos meus amigos de Lavras e aos amigos que fiz na faculdade que caminharam junto comigo, sempre me apoiando nos momentos bons e ruins. Com certeza vou levar para a vida!

Aos integrantes do Núcleo de Estudos em Cafeicultura (NECAF) e Grupo de Estudos em Herbicidas Plantas Daninhas e Alelopatia (GHPD) pela convivência, amizade, ensinamentos, ajuda mútua e suporte.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Agricultura (DAG) e a Agência de Inovação do Café (INOVACAFÉ) pela oportunidade dada para a realização desse trabalho.

Ao Consórcio Pesquisa Café pelo financiamento do projeto.

Ao professor Dr. Rubens e a pesquisadora Dra. Milene pela orientação, dedicação e ensinamentos que foram essenciais para meu crescimento.

Um agradecimento especial ao Ademilson Alecrim, por me ajudar com tanta paciência e carinho.

Sem vocês não faria sentido...

Muito Obrigada!

RESUMO

A aplicação foliar de quitosana pode estimular respostas fisiológicas para tolerância ao déficit hídrico e poderia ser explorada no sistema de produção do cafeeiro. Os resultados obtidos na última década têm indicado que esse biopolímero tem potencial para induzir tolerância em situações agrícolas de estresse aumentando a eficiência do uso da água. Nesse sentido, objetiva-se com esse trabalho determinar a dose ideal de quitosana a ser aplicada para induzir tolerância à deficiência hídrica no cafeeiro. O experimento em casa de vegetação foi implantado em outubro de 2019, utilizando-se mudas de cafeeiro da cultivar “Catuaí- IAC144 ”. As mudas foram plantadas com quatro pares de folhas verdadeiras, em vasos com volume de 14 litros, dispostos sobre bancadas a 0,8m do solo. Após o plantio das mudas nos vasos, o substrato foi mantido com umidade de 80% da capacidade de campo, por um período de 30 dias. Posteriormente, foi iniciado o monitoramento da necessidade de irrigação e a diferenciação do manejo de irrigação e doses de quitosana de acordo com cada tratamento. Os fatores em estudo foram dispostos em esquema fatorial 5x2 perfazendo um total de 10 tratamentos, sendo 2 manejos de irrigação (20 e 80% do valor da capacidade de campo) e 5 doses de quitosana (0,300,600 e 1200 mg.L⁻¹). E um tratamento com ácido acético. Realizou-se duas aplicação da quitosana em intervalos de 15 dias. O delineamento experimental será em blocos ao acaso com três repetições. O monitoramento da necessidade de irrigação foi realizado em função da diferença de peso, de forma gravimétrica, três vezes por semana utilizando dois vasos de referência. As características fisiológicas mensuradas serão: condutância estomática, índice de clorofila (a, b e total) e potencial hídrico foliar. Foram realizadas duas avaliações (2 e 17 dias após início do experimento). Os dados obtidos foram analisados por meio do software SISVAR. Realizou-se também a análise de componentes principais por meio do programa GENES. Até os 17 dias de condução do experimento do experimento a dose de 300 mg.L⁻¹ de quitosana apresenta tendência de ser a mais eficiente na condutância estomática e no potencial hídrico do cafeeiro.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; capacidade de campo; bioestimulante.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Condutância estomática de cafeeiros sob estresse hídrico (E) e sem estresse (SE) com diferentes doses de quitosana..... 21
- Figura 2. Potencial hídrico de cafeeiros sob estresse hídrico (E) e sem estresse (SE) com diferentes doses de quitosana..... 22
- Figura 3. Dispersão gráfica de cafeeiros cultivados com diferentes tratamentos, obtidos da combinação de quatro doses de quitosana (0, 300, 600 e 1200 mg.L⁻¹) e dois níveis de irrigação (80 e 20% da capacidade de campo), em relação aos dois primeiros componentes principais com nas características fisiológicas (gs, CLA, CLB, CLT e PH) na primeira época de avaliação..23
- Figura 4. Dispersão gráfica de cafeeiros cultivados com diferentes tratamentos, obtidos da combinação de quatro doses de quitosana (0, 300, 600 e 1200 mg.L⁻¹) e dois níveis de irrigação (80 e 20% da capacidade de campo), em relação aos dois primeiros componentes principais com nas características fisiológicas (gs, CLA, CLB, CLT e PH) na segunda época de avaliação ..24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos experimentais.....	17
Tabela 2. Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), clorofila A (CLA), clorofila B (CLB), clorofila total (CLT) e potencial hídrico (PH) de cafeeiros em função da dose de quitosana (D) e do nível de irrigação (CC) na época de avaliação 1. Lavras, MG.2019.....	19
Tabela 3. Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), clorofila A (CLA), clorofila B (CLB), clorofila total (CLT) e potencial hídrico (PH) de cafeeiros em função da dose de quitosana (D) e do nível de irrigação (CC) na época de avaliação 2. Lavras, MG.2019.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REFERÊNCIAL TÉORICO	10
2.1. Importância do cafeicultura	10
2.2. Mudanças climáticas e a cultura do cafeeiro	10
2.3 Uso de bioestimulantes.....	12
2.4 Quitosana	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Caracterização da área	16
3.2. Delineamento experimental	16
3.3. Instalação e condução do experimento.....	17
3.4. Avaliações realizadas	18
3.5. Análise estatística.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. A última estimativa de produção da safra cafeeira de 2019 (espécies arábica e canephora) aponta que o país colheu 58,04 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado em uma área de 2.168,6 mil hectares (CONAB, 2019). É uma commodity de grande importância nacional, destacando-se como um dos produtos primários comercializados de maior valor (INTERNACIONAL COFFEE ORGANIZATION – ICO, 2017). A cafeicultura gera progresso para a economia e para a sociedade (ICO 2017^a).

No entanto, o país tem áreas com baixas produtividades reduzindo assim a média nacional. Essa baixa produtividade deve-se principalmente ao manejo inadequado, além disso, às áreas de lavouras antigas e depauperadas (CAIXETA et al., 2008). Sobretudo, ressalta-se a influência direta das condições climáticas, como a ocorrência de déficit hídrico.

A baixa disponibilidade hídrica ou déficit hídrico é o principal estresse abiótico, responsável por reduzir a produtividade de plantas em todo o mundo (TURNER; RAO, 2013). Quando a perda de água por transpiração excede a taxa de absorção de água pela planta, tem-se caracterizado o déficit hídrico (KRAMER, 1996). A limitação hídrica no solo induz o estresse osmótico nas plantas, diminui o volume celular, reduz a assimilação de carbono e, conseqüentemente, diminui a produtividade.

Em busca de uma agricultura sustentável e menos impactante ao meio ambiente pesquisas têm buscado a amenização do estresse hídrico com o uso de biopolímeros como a quitosana, pois apresentam baixa ou nenhuma toxicidade ao meio ambiente e podem conferir tolerância ao déficit hídrico, inclusive no cafeeiro (CARVALHAIS et.al., 2018)

A quitosana é um derivado desacetilado da quitina que é extraída de crustáceos sendo estruturalmente similar. Assim, é constituída de unidades de Nacetilglicosamina e glicosamina. Plantas tratadas com quitosana podem ser menos propensas ao estresse provocado por condições desfavoráveis, como a seca, a salinidade, a baixa ou alta temperatura (LIZARRAGA-PAULI et al., 2011; JABEEN; AHMAD, 2013; PONGPRAYOON et al., 2013). A quitosana estimula os processos vitais das plantas em todos os níveis de organização biológica.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o potencial da aplicação de quitosana em mudas de cafeeiro submetidas ao déficit hídrico.

2. REFERÊNCIAL TÉORICO

2.1. Importância da cafeicultura

A cafeicultura é uma atividade agrícola de grande importância para o cenário nacional e internacional e contribui, em larga escala, para a geração de emprego e de riquezas para o Brasil (GOMES; ROSADO, 2005). O País é o maior produtor e exportador desse grão, tornando a atividade uma importante fornecedora de receitas cambiais. Das commodities mais negociadas do mercado, é a que apresenta a maior volatilidade. Os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná são os maiores produtores de café no Brasil, sendo o Espírito Santo o maior produtor de café conillon e Minas Gerais de café arábica (SOUZA et al.,2012).

Segundo dados do ABIC (2016) e do Ministério da Agricultura (2015) o Brasil é responsável por 32% do mercado mundial, num universo de 72 países produtores do grão. É também o segundo país que mais consome, com média de 4,89 quilos de café torrado por habitante, ficando atrás somente dos Estados Unidos.

Com mais de um milhão de hectares plantados, Minas Gerais produz mais de 50% de toda a safra brasileira de café, sendo o maior produtor do país. A cafeicultura é o principal produto da agropecuária mineira, tendo grande importância no cenário econômico, político e social do Estado, sendo grande geradora de empregos diretos e indiretos, fixando o homem ao campo e evitando o êxodo rural (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MINAS GERAIS - INDI, 2009; SILVA; REIS, 2001).

2.2. Mudanças climáticas e a cultura do cafeeiro

A concentração de CO₂ da atmosfera terrestre tem aumentado, como resultado direto das atividades humanas, a uma taxa de 0,4–0,5% por ano (STRECK, 2005). Como resultado desse fato, a temperatura média do ar da Terra poderá, também, aumentar neste período, graças ao efeito estufa do CO₂ atmosférico. Embora o aumento na temperatura global previsto para o futuro, em consequência do aumento de CO₂ atmosférico, ainda seja um assunto em debate, estudos numéricos indicam que é bastante provável que se verifique um aumento de 1 a 6°C na temperatura média do ar, até o final deste século, em vários locais do Planeta

(INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1995; STRECK, 2005), inclusive no Brasil (SIQUEIRA et al., 2000).

Com as alterações climáticas, em um futuro próximo, espera-se cenário de clima mais extremo com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes (SALATI et al., 2004). A elevação na temperatura aumenta a capacidade do ar em reter vapor d'água e, conseqüentemente, há maior demanda hídrica. Em resposta a essas alterações, os ecossistemas de plantas poderão aumentar sua biodiversidade ou sofrer influências negativas.

Nesse contexto, a agricultura que é uma atividade totalmente dependente do clima, as alterações nesse importante componente podem acarretar reflexos sociais e econômicos (LIMA, 2001). Os impactos das alterações climáticas podem se constituir numa séria ameaça para a agricultura, não apenas por colocar em risco a preservação dos sistemas agrícolas atuais, mas também por se tornar uma oportunidade para o desenvolvimento de outros sistemas. Fatores como fisiologia das plantas, disponibilidade de água, fertilidade dos solos, erosão, dinâmica de doenças e pragas e salinização dos solos podem ser afetados diretamente pelas alterações climáticas (PRITCHARD;AMTHOR, 2005).

Dessa forma, com a elevação da temperatura e flutuações das precipitações, a disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, a produtividade das culturas tendem a diminuir (ARAÚJO et al., 2014).

O cafeeiro, principalmente o arábica, pode ser drasticamente afetado em função das condições ambientais adversas, que causam influência direta na produtividade. A espécie *Coffea arabica* L. se adapta melhor em ambientes com umidade e temperaturas amenas. Condições de cultivo consideradas ideais são definidas por uma faixa ótima de temperatura média entre 18 e 22 °C e por precipitações acima de 1200 mm por ano (MATIELLO et al., 2010).

Segundo Martins et al. (2015), Aparecido, Rolim e Souza (2015) e Taiz e Zeiger (2013) a água é o fator de maior importância e que causa maiores limitações à produtividade das culturas. Taiz e Zeiger (2013) explicam que é devido ao fato da água participar de todos os principais processos metabólicos de um vegetal e por isso afetar significativamente o desenvolvimento das plantas.

Temperaturas do ar elevada associada a menor disponibilidade hídrica pode comprometer o metabolismo celular e reduzir o crescimento do cafeeiro, mesmo que não haja sintomas visíveis (MATTA; RENA, 2002), pois para impedir a perda de água os estômatos se fecham e, em

consequência, a fixação de CO₂ diminui, além de causar o abortamento de flores e má formação dos frutos do cafeeiro (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

O estudo das relações hídricas no cafeeiro é de grande interesse, uma vez que pequena redução na disponibilidade hídrica pode reduzir substancialmente o crescimento e, conseqüentemente, a produção (DA MATTA E RENA, 2002). A redução da transpiração, via fechamento eficiente dos estômatos, reduz consideravelmente a perda de água pelas plantas, sendo considerado um mecanismo importante de tolerância à seca (MONNEVEUX E BELHASSEN, 1997). Porém, ao mesmo tempo que restringe a perda de água, a redução da condutância estomática (gs) dificulta o influxo de CO₂ para o cloroplasto (MONNEVEUX E BELHASSEN, 1997), reduzindo, dessa forma, a fotossíntese. Em café arábica, o fechamento estomático tem sido considerado como o indicador primário de déficit hídrico, de modo que a alta sensibilidade de gs restringiria a fotossíntese, mas permitiria, por mais tempo, a manutenção do status hídrico da planta, com reflexos óbvios sobre sua sobrevivência após longos períodos de estiagem (DA MATTA E RENA, 2001).

Em trabalho realizado por Fialho et al., (2010), os autores observaram que o déficit hídrico no período de até 30 dias após o transplante das mudas em campo proporciona expressiva redução da produção de massa seca da parte aérea, da área foliar, do diâmetro da copa e da altura das plantas do cafeeiro; causou perdas significativas em plantas de *coffea arabica* L. nas diferentes fases de seu desenvolvimento inicial. O que só comprovou o estudo de Matiello (1995), que conferiu que para garantir o sucesso na formação da lavoura cafeeira é imprescindível, sempre que necessário, realizar a suplementação com água ou outros métodos alternativos no pós-plantio das mudas, afim de mitigar os efeitos do estresse hídrico permitindo o bom pegamento das mesmas.

2.3 Uso de bioestimulantes

Para a manutenção da demanda crescente na produção de alimentos, bicompostíveis e outras matérias primas, a agricultura moderna necessita de altos custos em tecnologia, com a utilização de sistemas de irrigação, grandes quantidades de insumos, mão-de-obra qualificada, além de condições ambientais favoráveis e variedades melhoradas geneticamente. Nos últimos anos, vêm aumentando as pesquisas e utilização de produtos considerados bioestimulantes

vegetais para obter-se maior produtividade agrícola, já sendo considerada técnica corriqueira em grandes culturas como, por exemplo, a cana-de-açúcar (SERCILOTO, 2002).

Os bioestimulantes são definidos, por muitos autores, como substâncias naturais ou sintéticas, oriundos da mistura de dois ou mais biorreguladores vegetais ou destes com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas), que podem ser aplicados diretamente nas plantas ou em tratamento de sementes (KLAHOLD et al., 2006). Busca-se, assim, obter maiores produções e melhorias na qualidade das plantas. Esses biorreguladores favorecem a expressão do potencial genético das plantas mediante alterações nos processos vitais e estruturais, promovem o equilíbrio hormonal e estimulam o desenvolvimento do sistema radicular (CASTRO E VIEIRA.,2001). Muitos desses produtos aumentam a absorção de água e de nutrientes pelas plantas, bem como sua resistência aos estresses hídricos e aos efeitos residuais de herbicidas no solo, fazendo com que seu uso na agricultura seja crescente (VASCONCELOS, 2006).

Além disso, produtos de origem natural, obtidos a partir do extrato de algas e crustáceos, também têm sido utilizados como bioestimulantes em diversas culturas (BROWN, 2004 apud SBERSE, 2013), sendo que na Comunidade Européia é frequente o uso de produtos comerciais à base de extrato de alga para aplicações foliares ou no solo, inclusive na agricultura orgânica (MASNY; BASAK; ZURAWICZ., 2004 apud SBERSE, 2013).

A aplicação via drench do bioestimulante Stimulate na cultura do café, proporcionou um aumento significativo no vigor vegetativo, e na produtividade da cultura. Uma vez que o produto mostrou efeito positivo na fotossíntese líquida das plantas sob efeito de estresse, pois contém uma combinação de reguladores vegetais que agem no equilíbrio fisiológico e hormonal da plantas (KROHLING et al.,2014).

Fernandes concluiu que a aplicação do extrato de algas Acadin é extremamente eficiente na fase vegetativa de cafeeiros esqueletados, especialmente quando associada à irrigação, com acréscimo de até 43% na produtividade do cafeeiro cultivado em condições de cerrado, comparando-se com a testemunha irrigada, além do aumento do rendimento. Mostrando que os produtos à base de algas constituem alternativa viável para a utilização em cafeeiros que foram submetidos a podas.

2.4 Quitosana

A quitina é o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza, ficando apenas atrás da celulose. Esta quitina pode ser extraída de diversas fontes como: exoesqueleto de crustáceos, insetos, e nas paredes celulares de fungos principalmente da classe Zygomycetes (AZEVEDO et al., 2007). O nome de quitosana foi proposto em 1894, por Hoppe-Seyler, onde analisando a quitina modificada, observou-se que ambas possuíam a mesma quantidade de nitrogênio (STAMFORD et al., 2008). A quitosana é obtida por desacetilação (hidrólise de amida) da quitina por meio de processos biológicos (desacetilação enzimática) (BENGER, 2011), ou ainda por meio de processos químicos utilizando-se NaOH entre (40% a 50%) em temperatura de 110° C (RABEA 2003).

Enquanto a quitina é insolúvel na maioria dos solventes, a quitosana pode ser facilmente solubilizada em ácidos orgânicos ou inorgânicos. Este polissacarídeo apresenta uma boa biocompatibilidade, sendo praticamente nula sua toxicidade ao ser humano e animais e plantas (BADAWY, RABEA 2011). O grupo amino da quitosana é desacetilado, apresentando permeabilidade seletiva e ação polieletrólítica, além de sua ótima atividade antimicrobiana e habilidade para formação de gel e filme (BERGER; STAMFORD, 2011).

A quitosana apresenta um comportamento nucleófilo, tornando-a propícia a modificações químicas estruturais e dentre as principais modificações pode-se obter acetilações, quaternizações, alquilações, carboxilações, acilações, sulfonações e amidações (TAKAKI, 2015). A síntese dos derivados de quitosana por meio da inserção de grupos funcionais à cadeia polimérica, confere a este polímero diferentes propriedades permitindo sua utilização em áreas médicas, biotecnológicas, farmacológicas e agrícolas (XU et al., 2010).

As pesquisas utilizando quitosana na agricultura, iniciaram-se por meio de estudos promovidos por Hadwiger e Beckman (1980). A pesquisa compreendida utilizou a aplicação da quitosana em ervilhas (*Pisum sativum*). Resultados demonstraram que a quitosana apresentou propriedades elicitoras na promoção de defesa contra o patógeno fúngico *Fusarium solani*. A partir de tal estudo iniciaram-se as pesquisas de como este bioestimulante atua nas células vegetais.

Nesse contexto a quitosana vem sendo descrita como "impulsionadora da defesa das plantas" (SINGH, 2015). Tal descrição pode ser conferida, pois a mesma apresenta em sua constituição química nucleotídeos açúcares que quando aplicada em plantas, a célula reconhece

este sítio através das enzimas: sintetase de quitina e quitosano quitina deacetilase. Estas enzimas reconhecem os resíduos de N-acetil glucosamina β -1,4-ligadas e clivam estas regiões, produzindo oligômeros (HADWIGER, 2013). Os oligômeros de quitosana agem sobre a transmissão de genes de defesa da planta, proporcionando uma alteração da estrutura do DNA helicoidal. Este processo permite assim uma cascata de reações químicas no interior da célula (KIM et al. 2005; HADWIRGER, 2013).

Estudos demonstraram que a aplicação da quitosana em plantas agrícolas induz a produção de pequenas quantidades de peróxido de hidrogênio. O peróxido de hidrogênio em pequenas concentrações atua como sinalizador de estresse. Dessa forma a planta ativa seu mecanismo de defesa enzimático e não enzimático (LEI et al., 2011).

A aplicação exógena da quitosana proporcionou uma maior atividade da enzima catalase no sistema antioxidante de plantas de jaborandi (DOUSSEAU et al. 2016). Em folhas de tabaco a quitosana induziu a produção de várias enzimas de defesa, como superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase, além de aumentar a produção de óxido nítrico responsável pela ativação de quinases aumentando o sistema de defesa da planta (ZHANG et al. 2011).

Segundo Martins et al., (2018) em trabalhos para avaliar a aplicação de quitosana na germinação de sementes de milho, Martins et al.,(2018) observaram aumento na porcentagem de germinação de sementes de milho transgênicos, onde este apresentou modificações anatômicas ligadas à proteção e sobrevivência a estresses abióticos. Já estudos realizados por Lizárraga-Paulín et al., (2011) mostraram que a aplicação de quitosana em plântulas de milho submetidos a estresse abiótico proporcionou na maioria dos tratamentos um índice de germinação de 100%.

Em outras pesquisas, observou-se que a quitosana estimula o crescimento da planta, aumenta o número de ramificações da parte aérea, o número de folhas e biomassa (MONDAL, 2012). A aplicação da quitosana em plantas de morango, proporcionou o aumento do número de frutos por plantas (ABDEL-MAWGOUD et al. 2010).

Em condições de déficit hídrico a aplicação exógena de quitosana desencadeou em *Trifolium repens* uma cascata de reações que promoveram a planta uma maior tolerância ao déficit hídrico. Neste experimento a quitosana proporcionou um maior acúmulo de açúcares, amido, ácidos orgânicos e outros metabolitos como: ascorbato, glutatona, flavonóides, putrescina e espermidina. Estes compostos estão associados ao ajuste osmótico e defesa antioxidante de plantas em condições de estresse (LI et al., 2017).

Ainda em situações de déficit hídrico a quitosana atua como anti-transpirante, estimulando a produção de ABA, provocando um fechamento estomático, que contribuiu para aliviar o estresse fisiológico da planta em condições de seca (IRITI, et al. 2009).

Em trabalho realizado por Rabêlo (2018), o autor concluiu que a aplicação de quitosana em plantas de genótipo de milho sensível sob imposição de déficit hídrico apresentou indução de tolerância aos efeitos da restrição hídrica. Tal indução de tolerância deve-se ao aumento da atividade das enzimas com capacidade de minimizar os efeitos oxidativos causados pelas EROs.

Os derivados de Quitosana aplicados também conferiram uma maior concentração de osmorreguladores como açúcares e prolina, auxiliando a permanência de água nas células. Todos estes fatores associados evidenciam que estas moléculas podem minimizar os danos celulares causados pelo déficit hídrico, melhorando as condições fisiológicas e bioquímicas do híbrido sensível ao estresse tornando-o mais tolerante.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O experimento foi conduzido em vasos e instalado em casa de vegetação do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura na Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras – MG e 918 m, com latitude 21°14'S e longitude 45°00'W GRW. O clima regional é do tipo Cwa, mas apresenta características de Cwb com duas estações distintas: seca no período de abril a setembro e chuvosa, no período de outubro a março. As condições ambientais do experimento foram temperatura do ar média 25,311°C, umidade relativa 67,7% e iluminância 3867.56 lx, monitoradas no interior do ambiente por medidor eletrônico.

3.2. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4x2, com dois níveis de irrigação (20% da capacidade de campo (20% CC) e 80% da capacidade de campo (80%CC)), e 4 doses de quitosana (0,300,600 e 1200 mg.L⁻¹). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições (TABELA1).

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Descrição dos tratamentos	
	Irrigação	Doses da quitosana
T1	80 % CC	0
T2		300
T3		600
T4		1200
T6	20 % CC	0
T7		300
T8		600
T9		1200

Fonte: Do autor

3.3. Instalação e condução do experimento

A instalação do experimento foi realizada em Outubro de 2019. Utilizou-se mudas de café da cultivar “Catuaí - IAC144” plantadas com quatro pares de folhas verdadeiras, em vasos de 14 litros dispostos sobre bancada a 0,8 m do solo.

O solo utilizado foi um HumicRhodicAcrudox de textura argilosa (67% de argila, 15% de silte e 18% de areia), com as seguintes características químicas: pH, 5.8 (em água); K, 22 mg dm⁻³; P, 0.28 mg dm⁻³; Ca, 0.3 cmolc dm⁻³; Mg, 0.1 cmolc dm⁻³; Al, 0.0 cmolc dm⁻³; acidez potencial (H+Al), 0.84 cmolc dm⁻³; soma de bases (SB), 0.46cmolc dm⁻³; capacidade de troca de cátions efetiva (t), 0.46cmolc dm⁻³; capacidade de troca de cátions a pH 7.0 (T), 1.3cmolc dm⁻³; saturação por bases (V), 35.11%; saturação por alumínio (m), 0.0%; matéria orgânica (M.O.), 0.04 dag kg⁻¹; fósforo remanescente (P-rem), 1.52 mg L⁻¹; Zn, 0.59 mg dm⁻³; Fe, 34.67 mg dm⁻³; Mn, 4.30 mg dm⁻³; Cu, 0.57 mg dm⁻³; B, 0.56 mg dm⁻³; S, 7.82 mg dm⁻³.

O solo foi devidamente corrigido com calcário dolomítico calcinado, com 35% de CaO e 14% de MgO, com PRNT de 80% na dosagem de 570 kg.ha. A aplicação do fertilizante fosfatado foi realizada no plantio, conforme as recomendações de Guimarães et al., (1999), utilizando superfosfato simples (21% de P₂O₅).

Após o plantio das mudas nos vasos, o substrato foi mantido à umidade de 80% da capacidade de campo, por um período de 30 dias, para garantir o pleno estabelecimento das

mudas e a uniformização das mesmas. Posteriormente, foi iniciada a diferenciação da irrigação, de acordo com cada tratamento.

O monitoramento da necessidade de irrigação foi realizado em função da diferença de peso, de forma gravimétrica, três vezes por semana utilizando dois vasos de referência, um de cada nível de irrigação, localizados em pontos estratégicos na casa de vegetação. Inicialmente, foi obtido o peso dos vasos em condição de capacidade de campo. Posteriormente, foi determinado o peso dos vasos referente a cada tratamento proposto, 20 e 80% do valor da capacidade de campo. De acordo com a diferença entre o peso atual das plantas e o peso determinado inicialmente, foi realizada a reposição da massa de água, perdida por evapotranspiração, em cada vaso, retornando ao peso correspondente ao tratamento.

Para a aplicação da quitosana utilizou-se bomba costal com volume de calda de 200 l.ha⁻¹. Foram realizadas duas aplicações de quitosana, sendo que a segunda foi feita 15 dias após a primeira aplicação.

3.4. Avaliações realizadas

Foram determinadas as características fisiológicas dos cafeeiros em duas épocas (2 dias após a cada aplicação da quitosana).

Para a avaliação de trocas gasosas, utilizou-se o porômetro. Avaliou-se a condutância estomática (gs - mol H₂O m⁻² s⁻¹). As avaliações foram realizadas entre as 8 h e 10 horas da manhã, sob luz artificial (1000 μmol m⁻² s⁻¹), utilizando folhas completamente expandidas, localizadas no terceiro nó a partir do ápice do ramo ortotrópico.

O potencial hídrico foliar (PH - MPa) foi determinado, no período “antemanhã” (entre 4 e 6 horas) utilizando câmara de pressão (modelo 1000, PMS Instrument Company). As folhas coletadas, completamente expandidas e isentas de pragas e doenças, foram avaliadas na câmara, aplicando-se pressão até que ocorresse a exsudação pelo corte feito no pecíolo da folha.

Determinaram-se os índices de clorofila a (CIA), b (CIB) e total (CIT), obtidos por meio do aparelho digital ClorofiLOG (modelo CFL 1030). O aparelho fornece os índices proporcionais à absorvância das clorofilas. As leituras foram realizadas nas mesmas folhas utilizadas para as avaliações de trocas gasosas.

3.5. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos às pressuposições da ANOVA, verificando a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk.

Foi realizada a análise de variância, com a significância das fontes de variação verificada pelo teste F, a 5% de probabilidade. Para o estudo das médias, quando verificada a significância, realizou-se a comparação por meio do teste Scott-Knott para as características qualitativas e regressão para as quantitativas. Esses procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2013).

Também realizou-se análise gráfica por meio de componentes principais por meio do programa GENES (cruz, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos nas duas avaliações nota-se que não houve diferenças significativas para as características fisiológicas avaliadas em função dos tratamentos empregados (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), clorofila A (CLA), clorofila B (CLB), clorofila total (CLT) e potencial hídrico (PH) de cafeeiros em função da dose de quitosana (D) e do nível de irrigação (CC) na época de avaliação 1. Lavras, MG.2019

FV	GL	Quadrados Médios				
		gs	CLA	CLB	CLT	PH
Bloco	2	2453,42	283,84	195,66	870,17	0,0096
CC (CC)	1	163,5426 ^{ns}	182,87 ^{ns}	855,02 ^{ns}	1828,76 ^{ns}	0,0066 ^{ns}
Dose (D)	3	534,044 ^{ns}	23,58 ^{ns}	293,58 ^{ns}	423,49 ^{ns}	0,0183 ^{ns}
CC * D	3	2514,45 ^{ns}	124,25 ^{ns}	623,11 ^{ns}	1223,39 ^{ns}	0,0122 ^{ns}
Erro	14	1703,14	76,08	563,22	865,71	0,0200
Total	23					
CV (%)		23,84	2,02	10,00	4,39	32,07
Média		173,11	432,48	563,22	669,79	0,4416

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} F não significativo a 5%

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), clorofila A (CLA), clorofila B (CLB), clorofila total (CLT) e potencial hídrico (PH) de cafeeiros em função da dose de quitosana (D) e do nível de irrigação (CC) na época de avaliação 2. Lavras, MG.2019

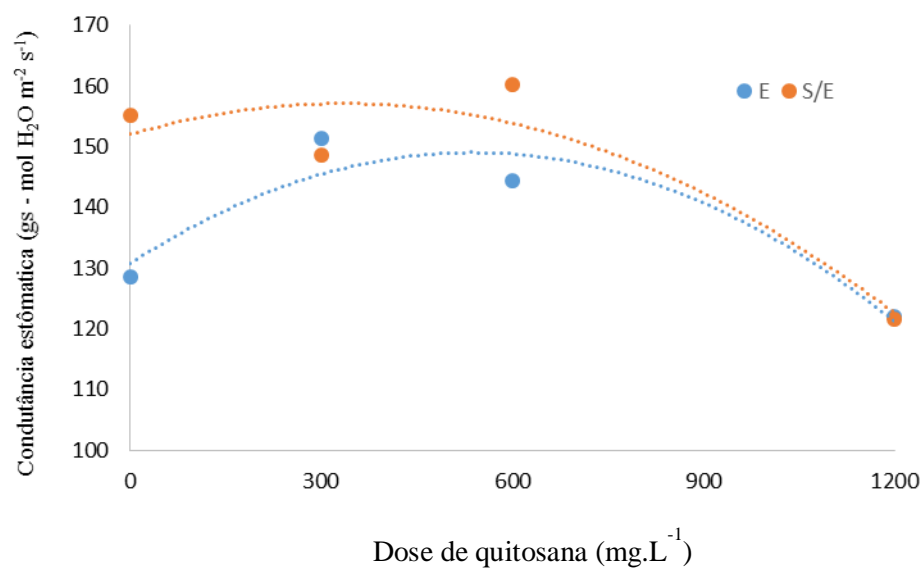
FV	GL	Quadrados Médios				
		gs	CLA	CLB	CLT	PH
Bloco	2	113,85	66,43	82,43	42,63	0,0173
CC (CC)	1	430,95 ^{ns}	388,01 ^{ns}	522,66 ^{ns}	1811,34 ^{ns}	0,0051 ^{ns}
Dose (D)	3	3480,25 ^{ns}	90,99 ^{ns}	649,53 ^{ns}	1166,29 ^{ns}	0,1603 ^{ns}
CC * D	3	2343,71 ^{ns}	44,83 ^{ns}	594,63 ^{ns}	948,28 ^{ns}	0,0062 ^{ns}
Erro	14	9627,77	205,77	993,45	1974,50	0,0632
Total	23					
CV (%)		19,88	3,26	13,3	6,54	50,08
Média		131,89	439,62	240,12	679,75	0,50

*significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} F não significativo a 5%

Esse fato pode ser em função do curto tempo de avaliação do experimento, tendo em vista que foram 17 dias de condução do até a coleta dos dados. Além disso, o cafeeiro por ser uma cultura perene necessita de maior período para que possa expressar diferenças significativas em seu desenvolvimento.

Como a maioria dos trabalhos encontrados na literatura evidenciam os efeitos benéficos da quitosana na tolerância ao estresse hídrico culturas como em milho, morango e *Trifolium repens* (MARTINS et al., (2018), PAULÍN et al., (2011), ABDEL-MAWGOUD et al. (2010), LI et al., (2017), IRITI, et al. (2009), RABÊLO (2018)) acredita-se que com maior tempo de condução do experimento possam ser encontrados resultados benéficos da quitosana ao cafeeiro. Nesse sentido pode-se observar aos 17 dias de condução tendência de aumento na condutância estomática e potencial hídrico das plantas, mesmo não sendo significativo estatisticamente (Figuras 1 e 2).

Figura 1. Condutância estômática de cafeeiros sob estresse hídrico (E) e sem estresse (SE) com diferentes doses de quitosana.

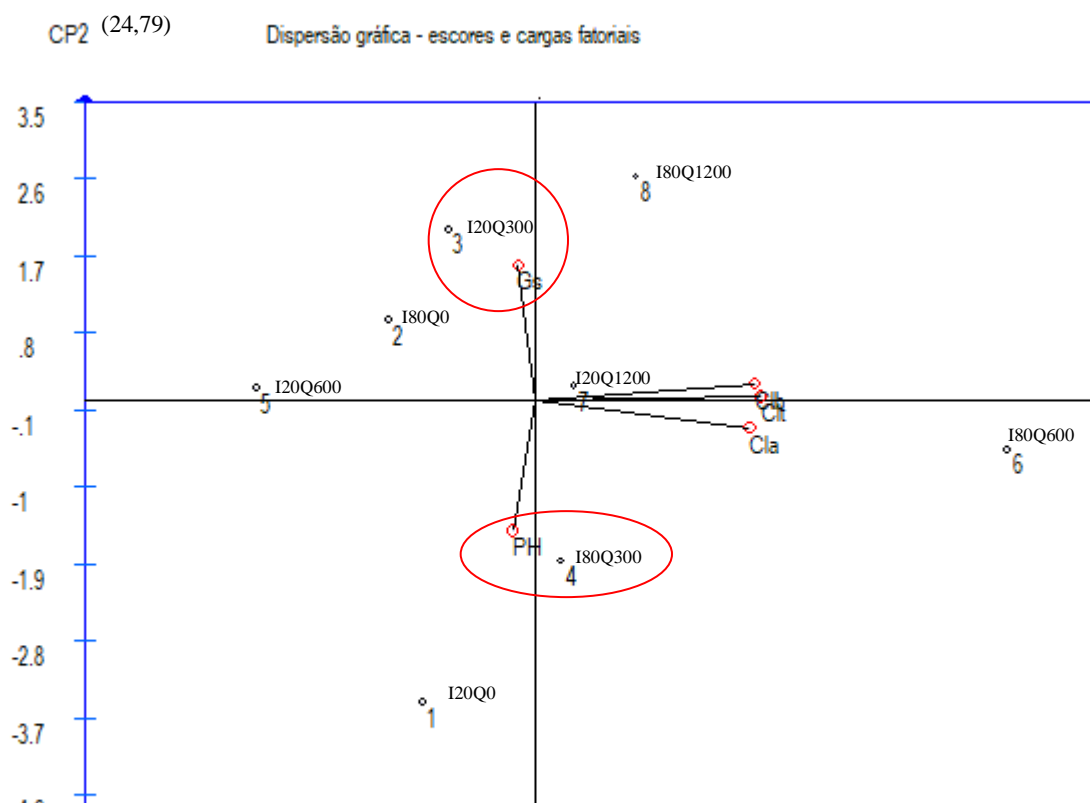


Fonte: Da autora (2019).

Os dados para condutância estomática (Figuras 1) apresentaram tendência quadrática, onde houve aumento dessas características até a dose de 600 mg.L⁻¹ da quitosana, com posterior decréscimo até a dose de 1200 mg.L⁻¹. Desse modo acredita-se que com maior tempo de condução do experimento os tratamentos possam influenciar nas características avaliadas.

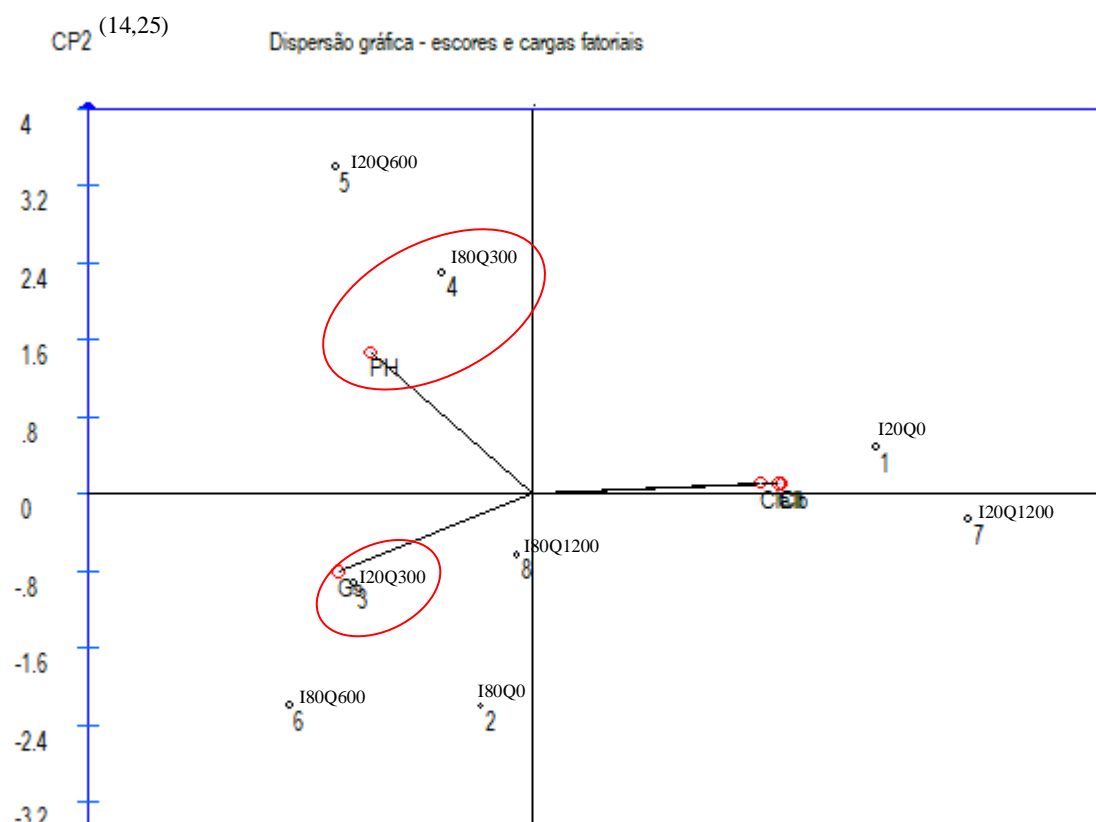
De acordo com a análise de componentes principais com base nos atributos fisiológicos do cafeeiro, verificou-se que os dois primeiros componentes explicaram 81,75 e 88,59% da variabilidade existente entre as amostras representativas dos 8 tratamentos estudados na primeira e na segunda avaliação respectivamente (FIGURA 3 e 4).

Figura 3. Dispersão gráfica de cafeeiros cultivados com diferentes tratamentos, obtidos da combinação de quatro doses de quitosana (0, 300, 600 e 1200 mg.L⁻¹) e dois níveis de irrigação (80 e 20% da capacidade de campo), em relação aos dois primeiros componentes principais com nas características fisiológicas (gs, CLA, CLB, CLT e PH) na primeira época de avaliação.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 4. Dispersão gráfica de cafeeiros cultivados com diferentes tratamentos, obtidos da combinação de quatro doses de quitosana (0, 300, 600 e 1200 mg.L⁻¹) e dois níveis de irrigação (80 e 20% da capacidade de campo), em relação aos dois primeiros componentes principais com nas características fisiológicas (gs, CLA, CLB, CLT e PH) na segunda época de avaliação.



Fonte: Da autora (2019).

O tratamento com 20% da capacidade de campo e 300 mg.L⁻¹ de quitosana (I20Q300) agrupou com maior proximidade da característica condutância estomática nas duas avaliações realizadas (Figuras 3 e 4). Já o tratamento com 80% da capacidade de campo e 300 mg.L⁻¹ de quitosana (I80Q300) agrupou com maior proximidade da característica potencial hídrico, isso nas duas avaliações realizadas. Esses dois tratamentos ainda se agruparam de forma oposta aos tratamentos que foram mantidos com capacidade de campo de 20% e 0 mg.L⁻¹ de quitosana (I20Q0) e a 20% de capacidade de campo e 1200 mg.L⁻¹ de quitosana (I20Q0, I20Q1200) na segunda avaliação (Figura 4).

Nesse sentido, em trabalho realizado por Campos (2016), com o objetivo de avaliar a ação do bioestimulante melatonina por via exógena na indução de tolerância a seca em mudas de *Coffea arabica* L. da cultivar catuaí 144, a autora observou que a dose de 300 Mm de melatonina promoveu tolerância a seca, uma vez que induziu o crescimento de raízes evitando a redução do potencial hídrico. Além disso, sob estresse hídrico, a essa concentração de melatonina promoveu a proteção ao aparato fotossintético, permitindo maiores trocas gasosas e maiores conteúdos de clorofila, promovendo ainda, após a reidratação maior recuperação dessas plantas, uma vez que exibiram maior eficiência de carboxilação e síntese de clorofila. Ainda nesse trabalho, a melatonina em concentrações mais elevadas apresentou efeitos negativos na tolerância ao estresse, provavelmente por se apresentar com um nível tóxico.

Em pesquisa realizada por Reis (2018), com objetivo analisar o comportamento ecofisiológico de plantas de milho sob estresse hídrico após a pulverização com quitosana e seus derivados, N-succinílico (SUC) e N, O-dicarboximetílico (MCA) na tolerância a seca em milho, a autora concluiu que a utilização dos derivados de quitosana é positiva para parâmetros da fotossíntese e fluorescência, afetando os mecanismos envolvidos nas mesmas, como a atividade

estomática, eficiência do uso da água e atividade do fotossistema II (PSII). Assim a pulverização com quitosana potencializou as atividades como indutoras de tolerância ao estresse hídrico da mesma. Ressalta-se que a dose de quitosana utilizada no trabalho de Reis (2018) foi de 250 mg.L^{-1} , dose muito próxima a dose que apresentou melhores resultados ao potencial hídrico e condutância estomática no presente trabalho, que foi a dose de 300 mg.L^{-1} .

5. CONCLUSÃO

Não houve diferença em função da aplicação. Porém até os 17 dias de condução do experimento do experimento a dose de 300 mg.L^{-1} de quitosana apresenta tendência de ser a mais eficiente na condutância estomática e no potencial hídrico do cafeeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-MAWGOUD, A.M.R. et al. Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. **European Journal of Scientific Research**, United Kingdom, v. 39, p. 170-177, 2010.
- ALMEIDA, L.G. Quitosana na indução de tolerância ao déficit hídrico em híbridos de milho. 2018. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2018.
- ARAÚJO, P. H. C.; SILVA, F. F.; GOMES, M. F. M.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J. Uma Análise do Impacto das Mudanças Climáticas na Produtividade Agrícola da Região Nordeste do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 45, n. 3, p. 46-57, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ (ABIC). Disponível em: Acesso em: 08 de Nov. 2019.
- AZEVEDO, V. V. C. et al. Quitina e quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 2, n. 3, p. 27-34, 2007.
- BADAWY, Mohamed EI; RABEA, Entsar I. A biopolymer chitosan and its derivatives as promising antimicrobial agents against plant pathogens and their applications in crop protection. **International Journal of Carbohydrate Chemistry**, v. 2011, 2011
- BERGER, Lucia R. Ramos; STAMFORD, Thayza Ch Montenegro; STAMFORD, Newton Pereira. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 12, n. 4, p. 195-215, 2011.
- BERGER, Lucia R. Ramos; STAMFORD, Thayza Ch Montenegro; STAMFORD, Newton Pereira. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 12, n. 4, p. 195-215, 2011.
- BOURSCHEIDT, C.E. Bioestimulante e seus efeitos agrônômicos na cultura da soja (glycine Max). **Pesquisa Agrônômica Brasileira**, Ijuí. 2011
- BROWN, M. A. The use of marine derived products and soybean meal in organic vegetable production. 94 p. Thesis (Master in Science) – Department of Horticultural Science, North Carolina State University, Raleigh, 2004.
- CAMPOS, Cleide Nascimento. Melatonina exógena na promoção de tolerância de mudas de *Coffea arabica* L. ao déficit hídrico / Cleide Nascimento Campos. – Lavras: UFLA, 2016. 75 p. : il.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: **Agropecuária**, 2001. 132 p.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: biometria**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 382 p.

DAMATTA FM, RENA AB. 2001. Tolerância do café à seca. In: ZAMBOLIN L (Ed.), **Tecnologias de produção de café com qualidade**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, pp. 65100.

DaMATTA FM, RENA AB. 2002. Relações hídricas no cafeeiro. In: ENCARNAÇÃO RO, AFONSO Jr PC, RUFINO JLS (Eds.), I Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil: Palestras, EMBRAPA, Brasília, pp. 944.

G.S. Fialho, D. Paulúcio da Silva, E.F. Reis, A.F. dos Fonseca, M.A.G. Ferrão, G. Sessa Fialho, E. Fialho Dos Reis, A.F. Almeida da Fonseca, M.A. Gava. Ferrão Comportamento de plantas de café arábica submetidas a déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial IDESA, 28 (2010).

GOMES, M. F. M.; ROSADO, P. L. Mudança na produtividade dos fatores de produção da cafeicultura nas principais regiões produtoras do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 353-378, out./dez. 2005.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MINAS GERAIS. **Economia mineira**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: . Acesso em: 1 abr. 2009.

IRITI, Marcello et al. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. *Environmental and Experimental Botany*, v. 66, n. 3, p. 493-500, 2009.

KIM, Hyun-Jin et al. Effect of chitosan on the biological properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 9, p. 3696-3701, 2005.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

KROHLING, C. A.; MATIELLO, J. B.; BENTO, F. B. Efeito da aplicação de Phytogard Mn, Stimulate e Hold no controle de doenças e na produtividade de café arábica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 40., 2014, Serra Negra. Anais... Brasília, DF: Embrapa Café, 2014.

LEI, Caiyan et al. Foliar application of chitosan activates artemisinin biosynthesis in *Artemisia annua* L. *Industrial Crops and Products*, v. 33, n. 1, p. 176-182, 2011.

LI, Zhou et al. Metabolic pathways regulated by chitosan contributing to drought resistance in white clover. *Journal of Proteome Research*, v. 16, n. 8, p. 3039-3052, 2017.

LIZÁRRAGA-PAULÍN, Eva Guadalupe et al. Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 34, p. 6439-6446, 2011.

MARTINS, E. et al. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 499-506, out./dez. 2015.

MARTINS, Mayron et al. Physicochemical characterization of chitosan and its effects on early growth, cell cycle and root anatomy of transgenic and non-transgenic maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science*, v. 12, n. 1, p. 56, 2018.

MASNY, A.; BASAK, A.; ZURAWICZ, E. Effects of foliar application of KELPAK SL and GOEMAR BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, v. 12, p. 23-27, 2004

MATIELLO, J. B. et al. *Cultura do café no Brasil: manual de recomendações*. Rio de Janeiro: Mapa, 2010. 542 p.

MATIELLO, J.B. 1995. Café produtivo na montanha. **A lavoura**. n. 615. pp. 36-47

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Disponível em: Acesso em: 08 de Nov.2015

MONDAL, M. M. A. et al. Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop Science*, v. 6, n. 5, p. 918, 2012.

MONNEVEUX P, BELHASSEN E. 1997. The diversity of drought adaptation in the wide. In: BELHASSEN E, (Ed.), *Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis*. Dordrecht, Kluwer, pp. 0714.

PEREIRA, M.A. Tiametoxam em plantas de cana-de-açúcar, feijoeiro, soja, laranjeira e cafeeiro: parâmetros de desenvolvimento e aspectos bioquímicos. 2010. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

RABEA, Entsar I. et al. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*, v. 4, n. 6, p. 1457-1465, 2003.

RABELO, Valquíria Mikaela. Respostas bioquímicas e fisiológicas de híbrido de milho submetido ao déficit hídrico com aplicação foliar de quitosana e seus derivados. 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2018.

REIS, C.A. Ação dos derivados N-succinílico e N, O-dicarboximetílico de quitosana na fotossíntese e fluorescência da clorofila em milho sensível à seca, 2019. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal de Alfenas, Alfenas-MG, 2019.

SALATI, E.; SANTOS, A.A. dos; NOBRE, C. As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros. Disponível em: Acesso em: 25 Jun. 2004

SERCILOTO, C.M. Bioativadores de Plantas. **Revista Cultivar HF**, v.13, p.20-21, 2002.

SINGH, Madhulika et al. Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 14, n. 3, p. 407-426, 2015.

SIQUEIRA, O.J.W.; STEINMETZ, S.; FERREIRA, M.F. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, p.311-320, 2000.

SOUZA, V.C.O, et al. “Espacialização E Dinâmica Da Cafeicultura Mineira Entre 1990 E 2008, Utilizando Técnicas de Geoprocessamento.” **Coffee Science** 7 (2): 122–34. 2012.

STAMFORD, TCM; STAMFORD, TLM; FRANCO, L. de O. Produção, propriedades e aplicações da quitosana na agricultura e no ambiente. *Microorganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura*, v. 1, p. 52-55, 2008.

STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. *Ciência Rural*, v.35, p.734-744, 2005.

TAKAKI, Mirelle. Estudo físico-químico da atividade fungicida de derivados anfifílicos de quitosana contra fungos do gênero *Aspergillus*: interação com modelos de membranas. 2015.

VASCONCELOS, A. C. F. Uso de Bioestimulantes nas culturas de milho e soja. 2006. 112 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito XU, Tao et al. Synthesis, characteristic and antibacterial activity of N, N, N-trimethyl chitosan and its carboxymethyl derivatives. *Carbohydrate Polymers*, v. 81, n. 4, p. 931-936, 2010.

ZHANG, Hongyan et al. Nitric oxide production and its functional link with OIPK in tobacco defense response elicited by chitoooligosaccharide. *Plant Cell Reports*, v. 30, n. 6, p. 1153-1162, 2011.