

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**JAQUELYNE POLISZUK AZEVEDO PAIXÃO**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA, BIOQUÍMICA E ANATÔMICA DO  
DENDEZEIRO (*Elaeis guineensis* Jacq.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE  
HÍDRICA E DOSES DE SILÍCIO**

Ilha Solteira

2022

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**JAQUELYNE POLISZUK AZEVEDO PAIXÃO**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA, BIOQUÍMICA E ANATÔMICA DO  
DENDEZEIRO (*Elaeis guineensis* Jacq.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE  
HÍDRICA E DOSES DE SILÍCIO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Enes Furlani Junior  
**Orientador**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P149c Paixão, Jaquelyne Poliszuk Azevedo.  
Caracterização morfofisiológica, bioquímica e anatômica do dendezeiro  
(*Elaeis guineensis* Jacq.) em função da disponibilidade hídrica e doses de silício  
/ Jaquelyne Poliszuk Azevedo Paixão. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022  
64 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Enes Furlani Junior  
Inclui bibliografia

1. Adubação silicatada. 2. Estresse hídrico. 3. Dendê.

  
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA, BIOQUÍMICA E ANATÔMICA DO DENDEZEIRO (*Elaeis guineensis* Jacq.) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E DOSES DE SILÍCIO

AUTORA: JAQUELYNE POLISZUK DE AZEVEDO

ORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR (Participação Virtual)  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP 

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA (Participação Virtual)  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. DANILO MARCELO AIRES DOS SANTOS (Participação Virtual)  
Universidade do Estado do Tocantins - Palmas - TO

Ilha Solteira, 29 de abril de 2022

## DEDICO

Ao meu marido, **Matheus Augusto Pereira Paixão**, pelo seu amor, companheirismo e paciência e por sempre estar disposto a me ajudar e me encorajar a despertar sempre o melhor de mim.

Aos meus pais, **Aparecido Pinheiro de Azevedo e Neuseli Polizuk de Azevedo**, pela presença constante em minha vida, por acreditarem na minha capacidade e me encorajarem a vencer todos os obstáculos.

A minha irmã **Aliny Polizuk de Azevedo**, por me apoiar sempre e me ajudar e todos os momentos que precisei.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pelas infinitas bênçãos e pela renovação de suas misericórdias todos os dias. Sem a graça de Deus jamais teria chegado até aqui.

Ao meu orientador Prof. Dr. Enes Furlani Junior, pela confiança depositada e por todo apoio nesta etapa da minha vida. Suas ideias e seus ensinamentos foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

A professora Dra. Aline Redondo Martins pela contribuição do estudo anatômico. Sua ajuda brilhou ainda mais os resultados desse trabalho.

A minha amiga e parceira Amanda Pereira Paixão pela paciência, pelos infinitos conselhos, por sempre querer o meu bem e me ajudar espontaneamente. Sem sua ajuda minha jornada teria sido muito mais árdua.

Ao meu querido Matheus Augusto Pereira Paixão, por toda ajuda na execução das análises e avaliações deste trabalho. Sua ajuda foi essencial durante todo o processo.

A minha querida mãe Neuseli Poliszuk de Azevedo, que não mediu esforços para me ajudar em todas as coletas e análises.

Ao meu querido pai Aparecido Pinheiro de Azevedo, que enquanto esteve em vida, além de todo apoio e incentivo me ajudou imensamente na montagem do experimento.

Aos Técnicos de Laboratório: Alexandre Marques da Silva e Selma Maria Bozzite Moraes pelos ensinamentos de técnicas laboratoriais.

A todos os professores do curso de Pós – Graduação em Agronomia da UNESP/ Ilha Solteira, pelos ensinamentos e contribuição na minha carreira acadêmica.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

O dendezeiro representa uma das principais culturas produtoras de óleo no mundo. Por ser uma planta exótica, o dendezeiro deve ser estudado na sua ecofisiologia nas diversas condições em que é cultivado, pois o comportamento desta cultura no habitat influencia na quantidade de óleo produzido. Objetivou-se avaliar as respostas morfofisiológicas, bioquímicas e anatômicas, de plantas de *Elaeis guineensis* Jacq em função da disponibilidade hídrica e doses de Si. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3 x 2 com 3 repetições, sendo os fatores: 3 doses de Silício (0, 200 e 400 mg L<sup>-1</sup>) e 2 níveis de água no solo, capacidade de campo (CC) e 1/3 da capacidade de campo (1/3 CC). O experimento foi realizado em dois ciclos de 6 meses, na qual as doses de Si, foram aplicadas mensalmente e as condições hídricas controladas em todo o período experimental. Foram avaliadas as características biométricas, os parâmetros fotossintéticos, os caracteres anatômicos e os teores nutricionais de plantas do dendezeiro. Em relação as características biométricas, os maiores valores foram obtidos nas plantas submetidas à CC em ambos os ciclos. No primeiro ciclo a fotossíntese aumentou nas plantas submetidas à CC e à dose de 400 mg L<sup>-1</sup> de Si. Em 1/3 CC a dose de 200 mg L<sup>-1</sup> foi a que proporcionou a obtenção dos maiores valores das variáveis fotossintéticas do dendezeiro. A fotossíntese diminuiu nas plantas com 1/3 CC, mas os teores de feofitina não diferiram indicando que o déficit hídrico não desencadeou o estresse severo nas plantas. Ao final do primeiro ciclo as plantas cultivadas na CC e na dose 200 mg L<sup>-1</sup> de Si apresentaram maiores médias dos caracteres anatômicos (espessura da epiderme adaxial e abaxial, espessura do mesófilo homogêneo e espessura total) comparado às cultivadas na mesma condição hídrica e na dose 0 mg L<sup>-1</sup> de Si. No primeiro ciclo a dose 200 mg L<sup>-1</sup> de Si proporcionou maior teor de K. e os teores de P e Mg foram maiores nas plantas submetidas a CC. No segundo ciclo pode-se verificar uma tendência diferente em relação a fotossíntese, na qual as plantas submetidas a 1/3 CC apresentaram maior capacidade fotossintética, indicando resistência do dendezeiro a esta condição. Ao final do segundo ciclo as plantas cultivadas a 1/3 da CC apresentaram teor de N maior comparado àquelas cultivadas a CC.

**Palavras-chave:** adubação silicatada; estresse hídrico; dendê.

## ABSTRACT

Oil palm represents one of the main oil-producing crops in the world. As an exotic plant, oil palm should be studied in its ecophysiology under the different conditions in which it is cultivated, as the behavior of this culture in the habitat influences the amount of oil produced. The objective was to evaluate the morphophysiological, biochemical and anatomical responses of *Elaeis guineensis* Jacq plants as a function of water availability and Si rates. A completely randomized design was used, in a 3 x 2 factorial scheme with 3 replications, the factors being: 3 rates of silicon (0, 200 and 400 mg L<sup>-1</sup>) and 2 levels of soil water, field capacity (DC) and 1/3 field capacity (1/3 DC). The experiment was carried out in two cycles of 6 months, in which the doses of Si were applied monthly and the water conditions were controlled throughout the experimental period. Biometric characteristics, photosynthetic parameters, anatomical characters and nutritional contents of oil palm plants were evaluated. Regarding the biometric characteristics, the highest values were obtained in plants submitted to CC in both cycles. In the first cycle, photosynthesis increased in plants submitted to CC and to the rate of 400 mg L<sup>-1</sup> of Si. In 1/3 CC, the rate of 200 mg L<sup>-1</sup> was the one that provided the highest values for the photosynthetic variables of oil palm. Photosynthesis decreased in plants with 1/3 CC, but pheophytin levels did not differ, indicating that water deficit did not trigger severe stress in plants. At the end of the first cycle, plants grown in CC and at a rate of 200 mg L<sup>-1</sup> of Si showed higher means of anatomical characters (adaxial and abaxial epidermis thickness, homogeneous mesophyll thickness and total thickness) compared to those grown in the same hydric and at a rate of 0 mg L<sup>-1</sup> of Si. In the first cycle, the dose of 200 mg L<sup>-1</sup> of Si provided higher K content and the P and Mg contents were higher in plants submitted to CC. In the second cycle, a different tendency can be verified in relation to photosynthesis, in which plants submitted to 1/3 CC showed greater photosynthetic capacity, indicating oil palm resistance to this condition. At the end of the second cycle, the plants grown at 1/3 of the CC had higher N content compared to those grown at CC.

**Palavras-chave:** silicate fertilization; water stress; oil palm.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	9
2.1	CULTURA DO DENDEZEIRO E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	9
2.2	DEFICIT HÍDRICO.....	11
2.3	SILÍCIO.....	12
2.4	EFEITOS BENÉFICO DO SILÍCIO NAS PLANTAS.....	13
2.5	TROCAS GASOSAS.....	13
2.6	CLOROFILAS E CAROTENÓIDES.....	14
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
3.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	16
3.2	INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	16
3.3	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	17
<b>3.3.1</b>	<b>Avaliações biométricas</b> .....	17
<b>3.3.2</b>	<b>Medidas fotossintéticas</b> .....	17
<b>3.3.3</b>	<b>Índice SPAD e leitura de clorofila</b> .....	18
<b>3.3.4</b>	<b>Avaliação dos caracteres anatômicos do limbo foliar</b> .....	19
<b>3.3.5</b>	<b>Análise nutricional</b> .....	20
3.4	ANÁLISE DOS DADOS .....	20
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
4.1	CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS.....	20
4.2	VARIÁVEIS FOTOSSINTÉTICAS.....	26
4.3	ANATOMIA DO LIMBO FOLIAR.....	37
4.4	TEORES DE MACRO, MICRONUTRIENTES E SILÍCIO NAS FOLHAS.....	42
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	45
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) representa uma das principais culturas produtoras de óleo no mundo, sendo cultivada em mais de 16 milhões de hectares. Esta oleaginosa atinge maior produtividade de óleo por unidade de área cultivada (4 a 6 toneladas de óleo ha<sup>-1</sup> ano). Os maiores produtores mundiais estão na Ásia, caso da Malásia e Indonésia, na África (de onde é originário) e nas Américas Central e do Sul (FAO, 2019). O dendezeiro, como é conhecido no Brasil, tem seu cultivo datado a partir do século XVII, tendo sido introduzido através do tráfico de escravos (BASTOS, 2001).

Segundo Borges *et al.* (2016), por ser uma planta exótica o dendezeiro deve ser estudado na sua ecofisiologia, nas diversas condições em que ela é cultivada. O estudo das interações planta-ambiente é essencial para determinar o comportamento de uma planta nas condições ambientais em que ela habita (SQUILASSI, 2003, ROCHA *et al.*, 2005), além de que, de acordo com Borges *et al.* (2016), o comportamento da cultura do dendezeiro no habitat influencia na quantidade de óleo produzido.

O déficit hídrico é um fator estressante para as plantas. A escassez de água afeta os processos de desenvolvimento das plantas, bem como a fisiologia, a bioquímica, a morfologia e reduz a fotossíntese de três maneiras: pela redução da área foliar disponível para interceptar a radiação solar, pela redução da difusão do CO<sub>2</sub> para dentro da folha e pela redução da habilidade dos cloroplastos para fixar o CO<sub>2</sub> que neles penetra (JONES, 1985).

Conforme Mendonça *et al.* (2003) a determinação da quantidade de água necessária para as culturas é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação. Dessa forma, tem se que a necessidade hídrica das culturas é um parâmetro de fundamental importância, porque condiciona as atividades fisiológicas e metabólicas das plantas. Rogério *et al.* (2012) verificaram elevado rendimento de óleo apresentado por cultivos de dendê realizados em condições de Cerrado em sistema de produção irrigado.

De acordo com Camargo (2016) o silício apresenta potencial na redução dos estresses abióticos causados por seca, salinidade e metais pesados, porém, os mecanismos envolvidos ainda são poucos compreendidos, sendo variável para cada espécie.

A utilização de silício (Si) sob aplicação foliar pode constituir uma alternativa viável para minimizar o efeito danoso dos estresses bióticos e abióticos para as culturas (LIMA *et al.*, 2011). Isso porque o (Si), pode otimizar alguns processos morfofisiológicos e bioquímicos desejáveis por aumentar de forma significativa o rendimento de algumas espécies cultivadas, notadamente, pelo acúmulo e polimerização de silicatos nas células epidérmicas formando uma dupla camada silício-cutícula que reduz de forma substancial a transpiração convergindo para um menor consumo hídrico (PEIXOTO *et al.*, 2011).

Assim, a atenuação dos danos de déficit hídrico pela adubação silicatada está ligada ao ajustamento do potencial hídrico, com aumento do teor relativo de água nas folhas, aumento da fotossíntese, além de incremento da produção e da ativação da defesa antioxidante (AHMED *et al.*, 2011).

Tendo como base as premissas expostas, a hipótese levantada é que a disponibilidade hídrica associada a diferentes doses de Si, podem influenciar o crescimento e desenvolvimento do dendezeiro.

Neste contexto, a presente pesquisa teve o objetivo de avaliar as respostas morfofisiológicas, bioquímicas e anatômicas, de plantas de *Elaeis guineensis* Jacq em função da disponibilidade hídrica e doses de Si.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CULTURA DO DENDEZEIRO E IMPORTANCIA ECONOMICA**

O dendezeiro é uma palmeira com até 15 m de altura, de ciclo perene, monocotiledônea, pertencente à família Arecaceae (RIBEIRO; JUNIOR, 2010). Por ser uma cultura perene de ciclo longo e de cultivo manual, apresenta alta contribuição na economia e no desenvolvimento social das regiões produtoras (PÁDUA, 2012).

Apesar de a matéria-prima para produção de óleo no Brasil ter sido por muito tempo concentrada na cultura de soja, o dendezeiro hoje, representa uma das principais culturas produtoras de óleo no mundo como a principal fonte mundial de óleo vegetal (FAO, 2019).

Dentre os produtos do dendezeiro, os principais são os óleos de palma e de

palmiste. Conforme Muller (1980), as plantas oleaginosas vêm ganhando espaço nas pesquisas por possuírem potencialidades na produção de óleo vegetal que além de contribuir positivamente em nossa alimentação é visto como um substituto potencial do óleo combustível.

Encontra-se na literatura três variedades de dendê que são classificadas segundo a espessura do endocarpo, denominadas: a) Dura, onde os frutos possuem endocarpo espesso de pelo menos 2mm, com pouca polpa; b) Psífera, com frutos marcantes pela ausência de endocarpo; c) Tenera, que apresentam frutos com endocarpo fino, inferior a 2mm e maior proporção de polpa no fruto do que o Dura. Geralmente, as plantas Tenera são cultivadas para obtenção de óleo, devido às suas características de alta produção de óleo (FERREIRA *et al.*, 2012).

O dendê possui uma característica de adaptação muito intensa no Brasil, ele se encontra naturalmente no litoral da Bahia, demonstrando que é uma cultura de fácil adaptabilidade (VENTURIERI *et al.* 2009). O sistema radicular do dendezeiro é do tipo fasciculado, o que possibilita melhor capacidade de adaptar-se bem em solos profundos, de textura argilosa, com boa drenagem e pH entre 4,5 e 6,0, já que a maior parte das raízes se encontram entre 20 e 60 cm de profundidade. As características químicas do solo são pouco limitantes em relação às físicas, devido a fácil adaptabilidade desta cultura às ações corretivas do solo (RAMALHO FILHO, 2010).

Conforme Maciel *et al.* (2011), o cultivo do dendê se divide em duas fases, sendo elas a fase de crescimento vegetativo e fase de produção propriamente dita. O crescimento vegetativo, com duração entre dois a quatro anos, é a fase em que as plantas recebem as operações de manutenção para garantir um melhor desenvolvimento e preparar a planta para a fase de produção, que se inicia a partir do terceiro ou quarto ano de cultivo, estabilizando-se a partir do sétimo ano, podendo ser cultivada de 25 a 30 anos, conforme as condições ecológicas e o tipo do material genético utilizado (CORLEY; TINKER, 2003). A partir dos 25 anos de cultivo a colheita fica dificultada devido as plantas estarem muito altas, o que inviabiliza a ação de colheita de cachos.

Os cultivos de dendê no Brasil se concentram em regiões de Cerrado, nos estados do Pará, Amazonas e Bahia (KUSS *et al.*, 2015), e segundo (AGRIANUAL, 2015) com potencial de expansão para os estados do Acre, Amapá, Mato Grosso, Rondonia, Roraima e Tocantins. Rogério *et al.* (2012) verificaram elevado rendimento de óleo apresentado por cultivos de dendê realizados em

condições de Cerrado em sistema de produção irrigado.

## 2.2 DEFICIT HÍDRICO

O déficit hídrico no solo causa a perda progressiva do turgor protoplasmático e um aumento na concentração de solutos. Posteriormente, um distúrbio na função celular é ocasionado, surgindo uma diminuição na atividade funcional da célula, culminando com o desarranjo e perda de funções das estruturas protoplasmática (especialmente as membranas) (PAIVA; OLIVEIRA, 2006).

De acordo com Marijuan e Bosch (2013) o ajuste osmótico constitui-se um dos mecanismos fisiológicos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, sob condições de baixo potencial hídrico no solo, pois confere proteção por curtos períodos de tempo de estresse e é importante quando as condições não tardam a se normalizar. Esse mecanismo se estabelece mediante o acúmulo, no vacúolo ou no citosol, de solutos compatíveis (prolina, glicina betaína, trealose, sacarose, poliaminas, manitol, pinitol, entre outros) que contribuem para a manutenção do equilíbrio hídrico e a preservação da integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares. Segundo Trovato *et al.* (2008) e Ashraf *et al.* (2011) o aminoácido prolina é o soluto compatível mais estudado, em razão de sua sensibilidade de resposta a condições de estresse. Verbruggen e Hermans (2008) relataram que em plantas sob estresse, o conteúdo de prolina pode aumentar até 100 vezes, em comparação ao observado em plantas cultivadas sob condições normais. Esse acúmulo fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes.

A planta em condições adversas pode sofrer três fases de estresses: fase de alarme, fase de resistência e fase de exaustão. O estresse induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis a princípio, podendo se tornar permanentes. Mesmo se uma condição de estresse é somente temporária, a vitalidade da planta torna-se cada vez menor conforme a duração do estresse (LARCHER, 2004).

## 2.3 SILÍCIO

Em sentido amplo, o Si não é considerado um elemento essencial para o desenvolvimento pleno de todos os vegetais, o que se justifica pelo não atendimento de todos os critérios de essencialidade desse elemento (GIONGO; BOHNEN, 2011). O Si é considerado apenas como um elemento benéfico, por induzir efeitos positivos, principalmente, quando a planta se encontra sob situação de estresse (KORNDÖRFER, *et al.* 2001).

O Si é encontrado na natureza na forma de silicatos e, principalmente de sílica. É um elemento extremamente abundante na crosta terrestre (LIMA FILHO, 2010). Apesar disso, mesmo sabendo que a maioria dos solos contém consideráveis quantidades de Si, cultivos intensivos podem reduzir rapidamente o teor deste elemento no solo (KORNDÖRFER, 2006).

Os primeiros experimentos conduzidos em laboratório, casa de vegetação e campo utilizando-se o silício, foram realizados por volta de 1840, denotando resultados satisfatórios nas culturas de arroz, milho, trigo, cevada e cana-de-açúcar. Esse elemento já é utilizado na agricultura como fertilizante em diversos países, como o Brasil, Japão, Ilhas Maurícius, EUA, Austrália e África do Sul. No Brasil, já existem várias marcas de produtos silicatados, notadamente, pela inserção desse elemento na Legislação para Produção e Comercialização de Fertilizantes e Corretivos (KORNDORFER; OLIVEIRA, 2010).

Em se tratando de Si para utilização na agricultura, diversos materiais têm sido empregados como fonte deste elemento, dentre os quais se destacam as escórias de siderurgia, a wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, o silicato de cálcio, o silicato de sódio, o cimento, o termofosfato, o silicato de magnésio (serpentinito) e o silicato de potássio (KORNDÖRFER; OLIVEIRA, 2010).

## 2.4 EFEITOS BENÉFICO DO SILÍCIO NAS PLANTAS

O efeito benéfico do Si nas plantas é mais evidente em cultivos sob condições de estresse (MA; TAKAHASHI, 2002). Ma e Yamaji (2006) reportaram que esse elemento minimiza os estresses de salinidade, toxicidade provocados por metais e desequilíbrio de nutrientes, deficiência hídrica, altas e baixas temperaturas, geadas e raios ultravioleta.

O Si é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), disponível na solução do solo, e, através de transportadores, se acumula principalmente na parte aérea, junto à cutícula, como ácido silícico polimerizado (KORNDÖRFER, 2007), que é depositado como sílica amorfa hidratada, principalmente no retículo endoplasmático, em espaços intercelulares e paredes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A deposição de sílica na parede das células torna a planta mais resistente à ação de fungos e insetos. Isso ocorre pela associação da sílica com constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação (resistência mecânica) dos invasores. Além desses efeitos sobre pragas, a deposição de sílica na parede das células ameniza os efeitos da transpiração, e confere maior eficiência fotossintética às plantas (KORNDÖRFER *et al.*, 2007). O Si pode também, amenizar a toxicidade de vários metais pesados (TAIZ; ZEIGER, 2013).

De acordo com Oliveira *et al.* (2010), a absorção de Si está relacionada a alguma forma de defesa, seja contra estresse biótico ou abiótico; assim as plantas absorvem mais esse elemento em condições de estresse, possibilitando maior resistência.

A absorção de Si também é útil para reduzir o estresse causado pela falta de água, pois ele pode evitar a compressão dos vasos quando há altas taxas de transpiração pelas plantas (CAMARGO, 2016).

## 2.5 TROCAS GASOSAS

De acordo com Dornhoff e Shibles (1970), a fotossíntese é um mecanismo essencial para a sobrevivência das plantas, sendo o principal processo de fornecimento de carbono para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Toda matéria orgânica acumulada numa planta durante seu crescimento tem origem no processo

fotossintético de fixação de carbono atmosférico, o qual representa ao redor de 95% de toda sua fitomassa seca. Assim, qualquer fator ambiental que afetar a fotossíntese afetará o crescimento e acúmulo de fitomassa (SYVERTSEN; LLOYD, 1994), sendo assim, a fotossíntese é um dos processos fisiológicos chaves fundamentais na modelagem de aspectos de crescimento da planta e é utilizada como ferramenta para indicar condições de estresses causadas pelo ambiente e na seleção de condições de crescimento apropriadas para diferentes espécies (ZHANG *et al.*, 2007).

Segundo Messinger *et al.* (2006), a fotossíntese e a respiração dependem de um constante fluxo de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> entrando e saindo da célula, sendo que esse fluxo livre é função da concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> nos espaços intercelulares que dependem da abertura estomática, controladora majoritária do fluxo de gases.

A condutância estomática é controlada pelas células guardas que controlam a abertura estomatal através da turgidez. O comportamento estomático determina a demanda transpirativa a que as folhas estão potencialmente sujeitas e, portanto, determina a taxa de crescimento da planta (JARVIS; MCNAUGHTON, 1986). Vale ressaltar que condições propícias à fixação de carbono favorecem a abertura dos estômatos, enquanto que condições propícias à perda de água favorecem o seu fechamento (MEDINA *et al.*, 2005). Portanto reduções na condutância estomática com o intuito de diminuir a perda de água também reduzem as taxas fotossintéticas (PEARCY; PFTISCH, 1991).

## 2.6 CLOROFILAS E CAROTENÓIDES

Kramer e Kozlowski (1979) relataram que as clorofilas estão estreitamente relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas, e conseqüentemente ao seu crescimento e adaptação a diferentes ambientes. Uma planta com alto teor de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de quanta de luz na unidade de tempo (CHAPPELLE; KIM, 1992).

Segundo Beale (1999) e Taiz e Zeiger (2013), as clorofilas são moléculas complexas especialmente ajustadas para as funções de absorção de luz, transferência de energia e de elétrons.

A clorofila a é fundamental para a produção de oxigênio pela fotossíntese, e a clorofila b é considerada pigmento acessório, ou seja, pigmento que não está diretamente envolvido na transdução da energia da fotossíntese, mas serve para



ampliar a faixa de luz que pode ser usada no processo. Quando uma molécula de clorofila b absorve a luz, a energia é transferida para a molécula de clorofila a que então, a transforma em energia química durante a fotossíntese (RAVEN *et al.*, 2007).

As clorofilas a e b, abundantes em plantas superiores, possuem absorção máxima 670 e 650 nm, respectivamente, enquanto, os carotenóides são pigmentos acessórios e fotoprotetores, que absorvem na faixa dos 400 a 500 nm (BLANKENSHIP, 2010).

De acordo com Taiz e Zeiger (2013) os carotenóides desempenham um outro papel nos vegetais, eles constituem integralmente as membranas dos tilacóides e estão, em geral, intimamente associados aos pigmentos protéicos das antenas e centros de reação e também são essenciais na fotoproteção, pelas membranas fotossintéticas poderem ser facilmente danificadas pelas grandes quantidades de energia absorvida pelos pigmentos. Vale ressaltar que tanto as clorofilas como os carotenóides são pigmentos presentes nos vegetais, capazes de absorver a radiação solar visível desencadeando as reações fotoquímicas da fotossíntese, processo essencial para a sobrevivência vegetal e, por isso, denominado metabolismo primário (SEIFERMAN-HARMS, 1987).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação tipo Pad & Fan, com temperatura máxima de 30°C e umidade controlada, na UNESP de Ilha Solteira - SP, no Campus II, localizada a 20°43'09" de latitude sul e 51°33'79" de longitude oeste com altitude em torno de 335 metros.

#### 3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Mudas de aproximadamente 2 anos de idade foram transplantadas em vasos de 20 litros previamente preenchidos substrato comercial composto de turfa, vermiculita, carvão vegetal e casca de pinus. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial 3x2 com 3 repetições, sendo os fatores: 3 doses de Silício (0, 200 e 400 mg L<sup>-1</sup>), utilizando como fonte o Silicato de Cálcio que na solução tiveram os valores de Ca ajustados e 2 níveis de água no solo, capacidade de campo (CC) e 1/3 da capacidade de campo (1/3 CC), totalizando 18 plantas.

Para se determinar a CC de cada vaso, foi utilizado o método gravimétrico direto (Souza *et al.* 2000). A partir de 2 vasos, contendo o equivalente a 1 kg de pedra brita depositadas no fundo do vaso e 15 kg de Substrato, este substrato foi umedecido até a saturação por capilaridade, através de furos no fundo dos mesmos, por um período de 12:00 h. A partir de então, foram submetidos a drenagem por um período não inferior a 20:00 h, até o total cessamento da drenagem livre, com a superfície do solo coberta para evitar a evaporação, oportunidade em que se determinou o conteúdo de água retido, indicando a (CC) do substrato em litros de água por vaso.

Todas as plantas receberam a mesma quantidade de água de outubro de 2019 a junho de 2020 para estabelecimento da cultura e em julho de 2020 foi realizado a diferenciação dos tratamentos (condição hídrica e doses de Si).

Após a diferenciação dos tratamentos foram realizadas leituras da umidade do solo a cada 48 horas, numa profundidade de dez centímetros no substrato do vaso, próximo às raízes das plantas, utilizando-se um sensor de umidade analógico

modelo SM200 (DELTA-T Devices, Cambridge – England), que direcionou o correto manejo de irrigação, determinando a quantidade de água que deveria ser adicionada em cada vaso na CC e com 1/3 da CC.

As plantas foram submetidas a 2 ciclos de aplicações das doses de Si, aplicadas via foliar com auxílio de um borrifador, cada ciclo compreendendo 6 meses e conseqüentemente 6 aplicações, dado que estas foram realizadas mensalmente.

O primeiro ciclo foi de Julho/2020 a Dezembro/2020 e o segundo de Julho/2021 a Dez/2021. Durante o intervalo entre os ciclos, manteve-se o controle da condição hídrica e não houve aplicação de doses de Si.

### 3.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

#### 3.3.1 Avaliações biométricas

Mensalmente após diferenciação dos tratamentos em todas as plantas foram avaliados 15 dias após aplicação das doses de Si:

- **Altura da planta (cm):** medição feita com auxílio de trena, da superfície do solo até a última folha emergida;
- **Número de folhas:** contagem do número total de folhas (Abertas e fechadas);
- **Perímetro do coleto (cm):** medido com uma fita métrica em torno do coleto, passando sob as bases peciolares.

#### 3.3.2 Medidas fotossintéticas

A Taxa fotossintética líquida expressa por área ( $A$ -  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ -  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e a concentração interna de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática ( $C_i$ -  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ),

foram avaliadas mensalmente, após diferenciação dos tratamentos, em todas as plantas (folha completamente expandida) , aproximadamente 15 dias após a cada aplicação de Si, em dias ensolarados, no período compreendido entre as 8:00h às 10:00h, utilizando-se um equipamento portátil de trocas gasosas (Infra Red Gas Analyser –IRGA, marca ADC BioScientific Ltd, modelo LC-Pro), sendo as condições inicialmente impostas para realização das medidas de  $1000\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), providas por lâmpadas LED; 380 ppm de  $\text{CO}_2$  e temperatura da câmara em  $28^\circ\text{C}$ . Com estes dados foi possível calcular a eficiência instantânea do uso da água (EUA= fotossíntese / transpiração) e a eficiência intrínseca do uso da água (EIUA= fotossíntese / condutância estomática).

### 3.3.3 Índice SPAD e leitura de clorofila

Mensalmente e aproximadamente 15 dias após aplicação das doses de Si, para todas as análises bioquímicas foram coletados os 2 folíolos das folhas marcadas de cada planta e sem sinais de senescência. O material vegetal foi macerado em nitrogênio líquido, acondicionado em folhas de alumínio e armazenado no freezer a  $-80^\circ\text{C}$  para a realização das análises.

A extração para a leitura direta dos pigmentos fotossintéticos foi realizada utilizando-se 0,5 mg do material vegetal macerado em nitrogênio líquido com a adição de 5 mL de acetona 80%, armazenado durante 24h em geladeira e filtrado em papel de filtro. A leitura e quantificação dos teores de clorofila a (Ca), clorofila b (Cb), clorofilas a e b (Ca +b) e carotenóides (C) foram feitos de acordo com os cálculos propostos por (LICHTENTHALER, 1987):

$$\text{Ca} = 11,24 [\text{A}661,6] - 2,04 [\text{A}644,8]$$

$$\text{Cb} = 20,13 [\text{A}644,8] - 4,19 [\text{A}661,6]$$

$$\text{Ca+b} = 7,05 [\text{A}661,6] + 18,09 [\text{A}644,8]$$

$$\text{C} = (1000 [\text{A}470] - 1,90\text{Ca} - 63,14\text{Cb}) / 214$$

Os teores de clorofilas e carotenóides dos tecidos foram expressos em  $\mu\text{g}$  do pigmento por grama de matéria fresca.

As leituras SPAD foram efetuadas com o medidor portátil SPAD-502. As leituras foram realizadas mensalmente e aproximadamente 15 dias após a aplicação das doses de Si, em dias ensolarados, no período compreendido entre as 8:00 e 12:00h, tomando-se a folha adulta, completamente expandida, do ápice da planta.

#### **3.3.4 Avaliação dos caracteres anatômicos do limbo foliar**

Aos 180 dias após diferenciação dos tratamentos (após 6 aplicações das doses de Si), foram tomados 2 folíolos das folhas mais altas de todas as plantas, fixando-as em FAA 50 (formaldeído + ácido acético glacial + álcool 50%), durante 48 horas, sendo, posteriormente, conservadas em álcool 70% (JOHANSEN, 1940). As folhas foram seccionadas à mão livre com lâmina de aço, na região do terço médio do limbo foliar, compreendendo a região da nervura central.

As amostras do material foliar foram desidratadas em série etílica ascendente e em seguida incluídas em hidróxi-etil-metacrilato (Leica Historesin). Realizou-se cortes transversais com espessuras de 8 a 10  $\mu\text{m}$  utilizando micrótomo rotatório, sendo os cortes submetidos à coloração com Azul de Toluidina 0,05% em tampão fosfato e ácido cítrico pH entre 4,5-6,0 (SAKAI, 1973) e em seguida foram montados em resina sintética "Entellan".

Foram realizadas fotomicrografias dos materiais preparados em lâminas com a câmera AxioCam ERC5S, acoplada ao microscópio Zeiss Primo Star. Estas foram submetidas ao software Digimizer 5.4, o qual permite medir as estruturas anatômicas. Foram mensurados, a espessura da epiderme das faces adaxial e abaxial, o mesofilo homogêneo e a espessura total.

Para avaliação da densidade de estômatos nas folhas, as amostras fixadas das folhas foram desidratadas, secas ao ponto crítico (HORRIDGE; TAMM, 1969), fixadas em suporte de alumínio com fita dupla face de carbono e metalizadas com uma camada de ouro de 30-40 nm no aparelho Quorum Q150T E. As análises foram realizadas no microscópio eletrônico de varredura Zeiss modelo EVO/LS15, operado a 20kv com as escalas impressas diretamente nas eletromicrografias. Essa etapa foi realizada no Departamento de Física e Química da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP.

Foi realizado a contagem dos estômatos em cada face foliar, levando-se em

consideração o aumento utilizado e posteriormente foi calculado o número de estômatos por mm<sup>2</sup>.

As imagens foram organizadas utilizando-se o software Corel Draw X7.

### **3.3.5 Análise nutricional**

Procedeu-se ao final de cada ciclo a coleta de 6 folíolos de folhas bem desenvolvidas de cada planta constituintes do experimento, no sentido de verificar o efeito dos tratamentos estudados na concentração de nutrientes. Após a coleta, as folhas foram submetidas à secagem em estufa com circulação e renovação de ar, moídas e encaminhadas ao laboratório de análise foliar e submetidas às análises de quantificação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), e micronutrientes (Si, Cu, Fe, Mn e Zn) seguindo a metodologia relatada por (BATAGLIA *et al.*, 1983).

## **3.4 ANÁLISE DOS DADOS**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando a metodologia descrita por Gomes (2000). O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2000). Para as regressões significativas, foram aplicados modelos de regressões que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERES BIOMÉTRICOS

Verificou-se para altura de planta do dendezeiro (Tabela 1 e 2), que não houve efeito significativo dos tratamentos (Condições hídricas e doses de silício) em todas as datas avaliadas de ambos os ciclos de aplicação das doses de Si. Porém nota-se em ambos os ciclos que as plantas submetidas ao estresse hídrico (1/3 CC) tiveram altura numericamente inferior as que estavam na capacidade de campo (CC).

De acordo com Taiz e Zeiger (2013), em condições de menor disponibilidade hídrica há uma redução do crescimento da planta, principalmente em extensão, devido a uma diminuição da turgência celular.

**Tabela 1** - Altura (m) de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) no período de 30 a 180 do 1º ciclo.

<b>Tratamentos</b>	<b>30 Dias</b>	<b>60 Dias</b>	<b>90 Dias</b>	<b>120 Dias</b>	<b>150 Dias</b>	<b>180 Dias</b>
Condições hídricas (CH)	0,58 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,84 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
CH x D	0,39 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>
CV	18,39	15,54	14,09	12,63	9,79	11,32
Média geral	0,99	0,99	1,04	1,06	1,11	1,23
<b>Condições hídricas</b>						
CC	1,01	0,99	1,05	1,08	1,14	1,25
1/3 CC	0,96	0,99	1,04	1,04	1,08	1,24
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	1,02	1,00	1,06	1,08	1,14	1,22
200	0,99	0,98	1,04	1,06	1,09	1,22
400	0,96	0,98	1,03	1,03	1,11	1,27
p>F (linear)	0,57 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,93 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	98,07	81,76	95,67	99,02	29,67	75,00
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

**Tabela 2** - Altura (m) de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) no período de 30 a 180 dias do 2º ciclo

<b>Tratamentos</b>	<b>30 Dias</b>	<b>60 Dias</b>	<b>90 Dias</b>	<b>120 Dias</b>	<b>150 Dias</b>	<b>180 Dias</b>
Condições hídricas (CH)	0,96 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,84 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
CH x D	0,69 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
CV	11,42	11,65	11,32	10,72	10,80	10,17
Média geral	1,25	1,26	1,28	1,31	1,33	1,36
<b>Condições hídricas</b>						
CC	1,25	1,27	1,29	1,31	1,35	1,37
1/3 CC	1,25	1,26	1,28	1,30	1,32	1,35
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	1,23	1,25	1,28	1,30	1,31	1,32
200	1,24	1,26	1,27	1,28	1,33	1,38
400	1,28	1,29	1,31	1,33	1,36	1,39
p>F (linear)	0,58 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,90 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	95,92	85,01	62,79	40,49	97,58	83,79
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ , ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

Observou-se que ao início do experimento (30 dias após diferenciação dos tratamentos), as plantas submetidas às doses 200 e 400 de Si, apresentaram altura inferior àquelas submetidas a dose 0 de Si, situação que se alterou a partir da 6ª aplicação das doses de Si (180 dias após diferenciação dos tratamentos), nas plantas submetidas a dose 400 de Si apresentaram altura numericamente maior em relação as plantas submetidas as doses 200 e 0 de Si.

Em relação ao perímetro do coleto, para todas as datas avaliativas em ambos os ciclos de aplicação das doses de Si (Tabela 3 e 4), verificou-se que as plantas submetidas a 1/3 CC apresentaram perímetro do coleto numericamente menor em relação às que estavam na CC, diferença que foi significativa aos 30 dias do segundo ciclo de aplicações das doses de Si (após 1º aplicação das doses de Si).

Embora as doses de Si não tenham surtido efeito significativo para o perímetro do coleto das plantas do dendezeiro, pode-se observar que as plantas submetidas às doses 200 e 400 de Si obtiveram perímetro do coleto maior comparado às submetidas a dose 0 de Si.



Vale ressaltar que observou-se uma diminuição do coleto em algumas coletas, isto provavelmente se deu por conta da perda das folhas mais velhas e consequente perda de perímetro do coleto.

**Tabela 3** - Perímetro do coleto (cm) de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) no período de 30 a 180 dias do 1º ciclo.

<b>Tratamentos</b>	<b>30 Dias</b>	<b>60 Dias</b>	<b>90 Dias</b>	<b>120 Dias</b>	<b>150 Dias</b>	<b>180 Dias</b>
Condições hídricas (CH)	0,11 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,86 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
CH x D	0,25 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
CV	13,62	14,69	19,08	18,69	19,48	16,82
Média geral	12,11	14,16	15,33	15,44	17,11	12,80
<b>Condições hídricas</b>						
CC	12,77	18,88	15,88	16,33	18,33	13,05
1/3 CC	11,44	13,44	14,77	14,55	15,88	12,55
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	11,83	13,66	15,00	15,50	16,66	12,41
200	12,16	14,83	15,33	15,50	18,16	12,33
400	12,33	14,00	15,66	15,36	16,50	13,66
p>F (linear)	0,60 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,92 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	96,43	7,69	100,00	75,00	0,82	70,02
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

**Tabela 4** - Perímetro do coleto (cm) de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) no período de 30 a 180 dias do 2º ciclo.

<b>Tratamentos</b>	<b>30 Dias</b>	<b>60 Dias</b>	<b>90 Dias</b>	<b>120 Dias</b>	<b>150 Dias</b>	<b>180 Dias</b>
Condições hídricas (CH)	0,03 <sup>*</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,68 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
CH x D	0,58 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
CV	9,23	10,86	8,89	7,69	8,14	11,84
Média geral	12,83	13,72	15,16	15,86	16,50	17,36
<b>Condições</b>						
CC	13,50a	14,33	15,38	16,22	17,00	18,33
1/3 CC	12,16b	13,11	14,94	15,50	16,00	16,38
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	12,75	13,50	15,16	15,66	16,08	16,25
200	13,16	14,75	15,41	16,00	16,83	17,66
400	12,58	12,91	14,91	15,91	16,58	18,16
p>F (linear)	0,81 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,41 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	7,69	9,70	25,00	51,92	42,86	92,92
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.  
Fonte: Da própria autora.

O número total de folhas (Tabela 5) aumentou nas plantas cultivadas na CC diferindo significativamente aos 180 dias após a diferenciação dos tratamentos (1º ciclo).

**Tabela 5** - Número total de folhas de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) no período de 30 a 180 dias do 1º ciclo.

<b>Tratamentos</b>	<b>30 Dias</b>	<b>60 Dias</b>	<b>90 Dias</b>	<b>120 Dias</b>	<b>150 Dias</b>	<b>180 Dias</b>
Condições hídricas(CH)	0,67 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,04*
Doses de Si (D)	0,86 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>
CH x D	0,26 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>
CV	15,43	16,09	14,52	13,58	11,07	10,73
Média geral	7,00	7,61	8,27	8,50	8,77	9,05
<b>Condições hídricas</b>						
CC	7,11	7,77	8,33	8,77	9,00	9,55 a
1/3 CC	6,80	7,44	8,22	8,22	8,55	8,55 b
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	6,80	7,83	8,16	8,50	8,83	8,83
200	7,00	7,33	8,16	8,33	8,66	9,00
400	7,11	7,66	8,50	8,66	8,83	9,33
p>F (linear)	0,60 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,99 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	100,00	10,71	75,00	25,00	0,00	96,43
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.  
Fonte: Da própria autora.

Aos 150 e 180 dias do 2º ciclo de aplicações das doses de Si (Tabela 6 e 7), o número total de folhas foi influenciado pela interação dos dois fatores (condições hídricas e doses de silício), na qual as plantas submetidas à CC e a dose 400 de Si apresentaram maior número de folhas. Observa-se também nestas mesmas datas avaliativas em relação ao número de folhas que as plantas submetidas a 1/3 CC foram beneficiadas pela dose 200 de Si.

Nota-se que o número total de folhas diminuiu de um ciclo para o outro, o que pode ser explicado pelo intervalo entre os ciclos na qual não houve aplicação das doses de Si, isto pode ter influenciado na morte de folhas antigas e no surgimento de folhas novas, que apesar de ser um evento normal para palmeiras ficou mais evidente neste intervalo, dado que nos ciclos os valores das médias foram crescentes a cada avaliação, ressaltando a importância do Si para o desenvolvimento da planta.

**Tabela 6** - Número total de folhas de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) no período de 30 a 180 do 2º ciclo.

Tratamentos	30	60	90	120	150	180
	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias
Condições hídricas (CH)	0,81 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	1,00 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>
CH x D	0,80 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,05*	0,01**
CV	15,38	14,22	14,06	16,45	16,68	13,18
Média geral	6,50	6,83	7,11	7,44	7,61	8,00
<b>Condições</b>						
CC	6,55	7,22	7,44	7,77	8,00	8,33
1/3 CC	6,44	6,44	6,77	7,11	7,22	7,66
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	6,50	6,66	6,83	7,16	8,16	8,16
200	6,50	6,66	7,00	7,33	7,00	7,83
400	6,50	7,16	7,50	7,83	7,66	8,00
p>F (linear)	0,99 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,99 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	0,00	75,00	92,31	92,31	18,24	25,00
R <sup>2</sup> (quadrática %)	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.  
Fonte: Da própria autora.

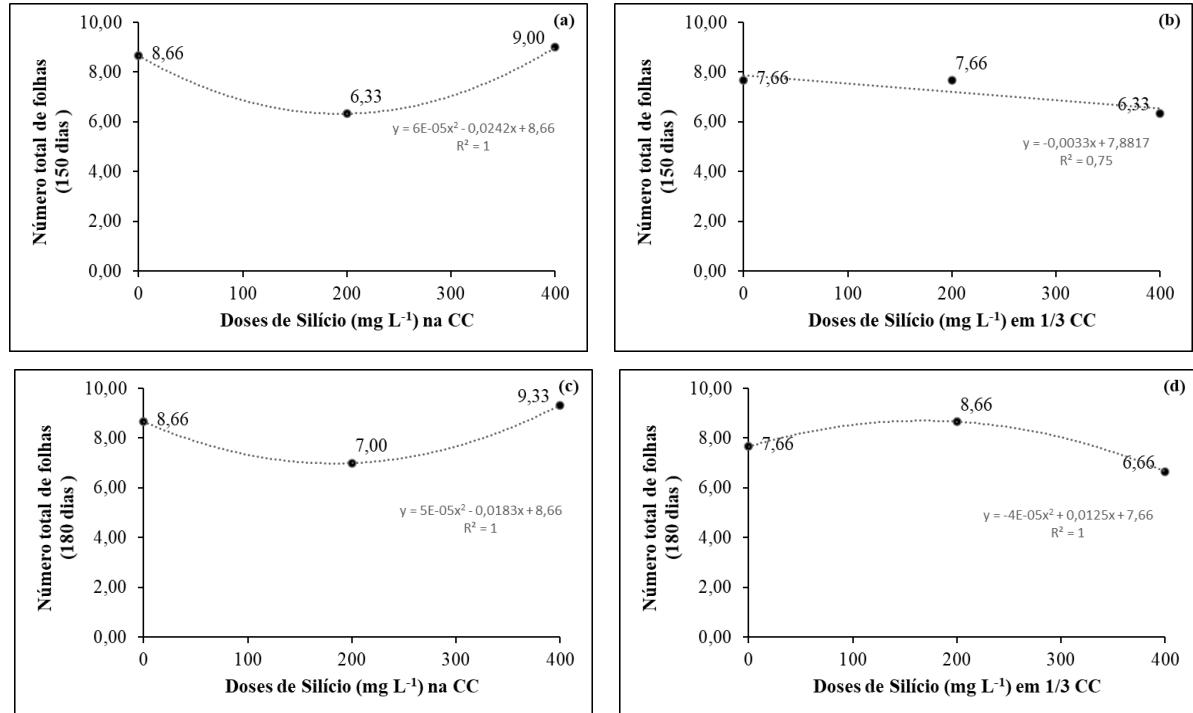
**Tabela 7**- Desdobramento da interação Condições hídricas x doses de Si referentes ao número de folhas do dendezeiro, aos 150 e 180 dias do 2º ciclo.

Doses de Si (mg L <sup>-1</sup> )	Condição Hídrica			
	Número total de folhas (150 dias)		Número total de folhas (180 dias)	
	CC	1/3 CC	CC	1/3 CC
0	8,66	7,66	8,66	7,66
200	6,33	7,66	7,00	8,66
400	9,00 a	6,33 b	9,33 a	6,66 b
p>F (linear)	0,75	0,22	0,45	0,26
p>F (quadrática)	0,01	0,47	0,02	0,06
r <sup>2</sup> (linear %)	1,32	75,00	7,69	25,00
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

**Figura 1** - Regressão das médias do número total de folhas do dendezeiro em função da disponibilidade hídrica (CC e 1/3 CC) e doses de silício, aos 150 dias (a e b) e 180 dias (c e d) do 2º ciclo, referente a quinta e a sexta aplicação das doses de Si no 2º ciclo.



Fonte: Da própria autora

## 4.2 VARIÁVEIS FOTOSSINTÉTICAS

Em relação as trocas gasosas, aos 60 dias após diferenciação dos tratamentos (Tabela 8), pode-se constatar que as condições hídricas influenciaram a transpiração (E) e a taxa fotossintética líquida (A), na qual as plantas submetidas a CC apresentaram maiores teores em relação as plantas submetidas a 1/3 CC.

De acordo com Leidi (1993), valores aproximadamente constantes da concentração interna de CO<sub>2</sub> associados a baixa condutância estomática (gs) é um efeito do estresse hídrico sobre o aparelho fotossintético, possivelmente devido à redução na eficiência de carboxilação.

**Tabela 8-** Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci- μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup>), transpiração (E- mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa de fotossíntese líquida (A- μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), eficiência do uso da água (EUA= A/E), eficiência instantânea de carboxilação (EICi= A/Ci) e a razão entre as concentrações de CO<sub>2</sub> intra/extracelular (Ci/Ca) em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 60 dias do 1º ciclo, referente a segunda aplicação das doses de Si.

<b>Tratamentos</b>	<b>Ci</b>	<b>E</b>	<b>A</b>	<b>EUA</b>	<b>EICi</b>	<b>Ci/Ca</b>
Condições hídricas (CH)	0,92 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>**</sup>	0,04 <sup>*</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,09 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
CH x D	0,01 <sup>**</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>**</sup>	0,03 <sup>*</sup>	0,006 <sup>**</sup>	0,01 <sup>**</sup>
CV	17,98	34,52	50,02	47,22	64,28	17,86
Média geral	259,00	2,00	7,41	3,52	0,03	0,68
<b>Condições hídricas</b>						
CC	257,88	2,50 a	9,35 a	3,73	0,04	0,67
1/3 CC	260,11	1,50 b	5,46 b	3,31	0,02	0,68
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	296,00	2,15	5,71	2,55	0,02	0,77
200	247,16	1,95	7,34	3,62	0,03	0,65
400	233,82	1,90	9,17	4,39	0,04	0,61
p>F (linear)	0,03 <sup>*</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>*</sup>
p>F (quadrática)	0,46 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	90,20	88,07	99,89	99,12	97,96	89,68
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), a taxa fotossintética líquida (A), a eficiência do uso da água (EUA= A/E), a eficiência instantânea de carboxilação (EICi= A/Ci) e a razão entre as concentrações de CO<sub>2</sub> intra/extracelular (Ci/Ca) foram influenciadas pela interação dos dois fatores (condições hídricas e doses de silício) aos 60 dias (Tabela 8).

Constatou-se que a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e a razão entre as concentrações de CO<sub>2</sub> intra/extracelular (Ci/Ca) foram maiores quando submetidas a CC e à dose de 200 mg L<sup>-1</sup> de silício (Tabela 9 e Figura 2). E estes mesmos

parâmetros não foram favorecidos pelas doses de silício em condições de menor disponibilidade hídrica (1/3 CC).

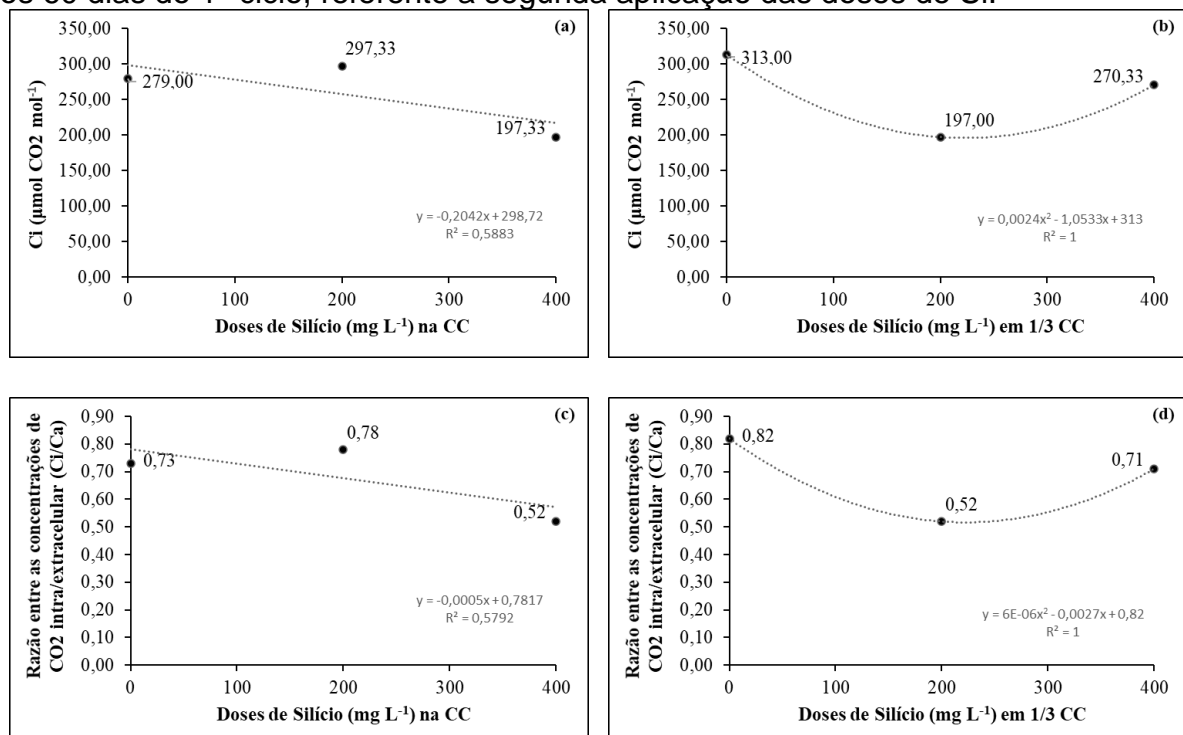
**Tabela 9** - Desdobramento da interação Condições hídricas x doses de Si referentes aos teores de concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) e da razão entre as concentrações de CO<sub>2</sub> intra/extracelular (Ci/Ca) do dendezeiro, aos 60 dias do 1º ciclo referente a segunda aplicação das doses de Si.

Doses de Si (mg L <sup>-1</sup> )	Condição Hídrica			
	Ci		Ci/Ca	
	CC	1/3 CC	CC	1/3 CC
0	279,00 a	313,00 a	0,73 a	0,82 a
200	297,33 a	197,00 b	0,78 a	0,52 b
400	197,33 a	270,33 a	0,52 a	0,71 a
p>F (linear)	0,05	0,28	0,05	0,29
p>F (quadrática)	0,09	0,01	0,10	0,01
r <sup>2</sup> (linear %)	58,83	88,07	59,21	12,83
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

**Figura 2** - Regressão das médias da concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) (a e b) e da razão entre as concentrações de CO<sub>2</sub> intra/extracelular (Ci/Ca) (c e d) do dendezeiro em função da disponibilidade hídrica (CC e 1/3 CC) e doses de silício, aos 60 dias do 1º ciclo, referente a segunda aplicação das doses de Si.



Fonte: Da própria autora.

A taxa de fotossíntese líquida ( $A$ -  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), a eficiência do uso da água ( $\text{EUA} = A/E$ ) e a eficiência instantânea de carboxilação ( $\text{EICi} = A/\text{Ci}$ ), foram favorecidas pela dose de  $400 \text{ mg L}^{-1}$  de silício na CC, porém em 1/3 CC as plantas foram sensíveis a dose de  $400 \text{ mg L}^{-1}$  de silício, a qual diminuiu estes parâmetros quando comparados com as plantas submetidas a mesma disponibilidade hídrica e à dose de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de silício (Tabela 10 e Figura 3).

**Tabela 10** - Desdobramento da interação Condições hídricas x doses de Si referentes aos teores da taxa de fotossíntese líquida ( $A$ -  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), da eficiência do uso da água ( $\text{EUA} = A/E$ ), e da eficiência instantânea de carboxilação ( $\text{EICi} = A/\text{Ci}$ ) do dendezeiro, aos 60 dias do 1º ciclo, referente a segunda aplicação das doses de Si.

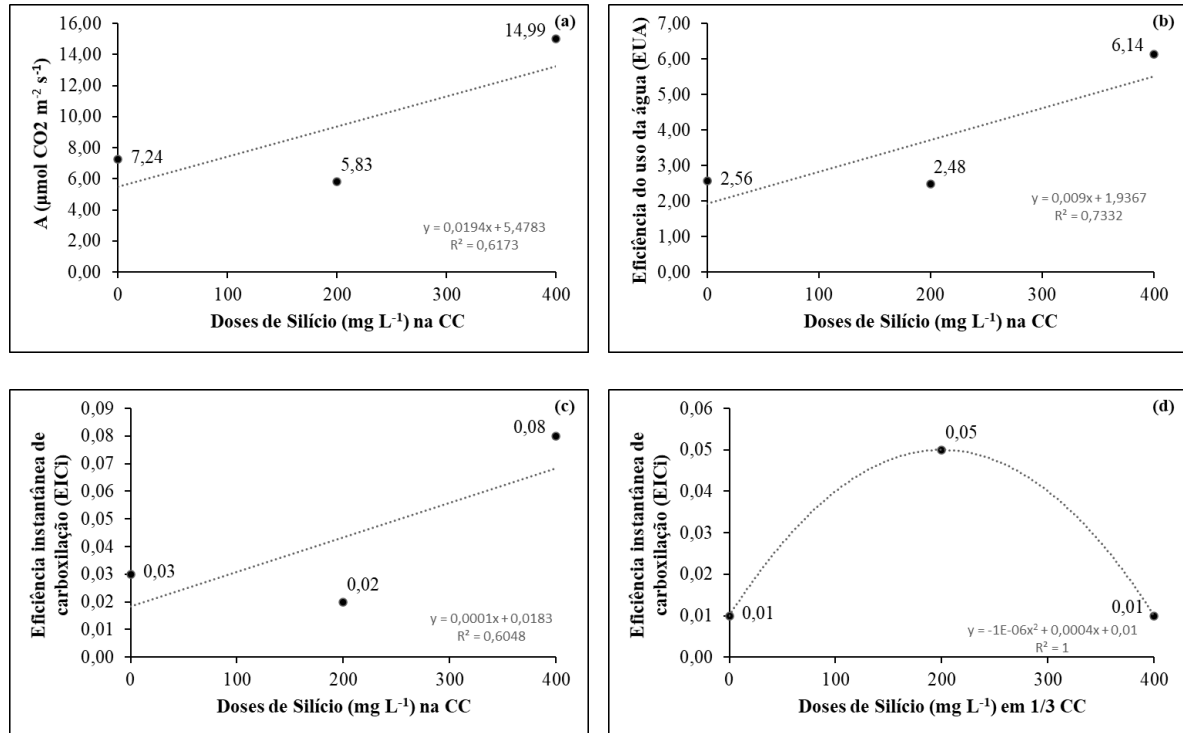
Doses de Si ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Condição Hídrica					
	A		EUA		EICi	
	CC	1/3 CC	CC	1/3 CC	CC	1/3 CC
0	7,24 a	4,19 a	2,56 a	2,54 a	0,03 a	0,01 a
200	5,83 a	8,86 a	2,48 a	4,76 a	0,02 a	0,05 a
400	14,99 a	3,35 b	6,14 a	2,64 b	0,08 a	0,01 b
p>F (linear)	0,02	0,78	0,02	0,94	0,01	0,99
p>F (quadrática)	0,06	0,07	0,13	0,09	0,04	0,02
r <sup>2</sup> (linear %)	61,69	2,00	73,40	0,16	61,34	0,00
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.



**Figura 3** - Regressão das médias de taxa da fotossíntese líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (a), da eficiência do uso da água (EUA= A/E) (b) e da eficiência instantânea de carboxilação (EICi= A/Ci) (c e d) do dendezeiro em função da disponibilidade hídrica (CC e 1/3 CC) e doses de silício, aos 60 dias do 1º ciclo, referente a segunda aplicação das doses de Si.



Fonte: Da própria autora.

Segundo Giongo e Bohnen (2011) o Si, apesar de não ser considerado um elemento essencial pode otimizar alguns processos morfofisiológicos e bioquímicos desejáveis por aumentar de forma significativa o rendimento de algumas espécies cultivadas, notadamente, pelo acúmulo e polimerização de silicatos nas células epidérmicas formando uma dupla camada silício-cutícula que reduz de forma substancial a transpiração convergindo para um menor consumo hídrico (PEIXOTO *et al.*, 2011).

Portanto, entende-se que em condições de disponibilidade hídrica suficiente (CC), a dose de 400 mg L<sup>-1</sup> de silício favoreceu a as plantas de dendezeiro aumentando a fotossíntese, porém em baixa disponibilidade hídrica (1/3 CC) a dose de 200 mg L<sup>-1</sup> foi a que mais favoreceu a espécie, provavelmente devido ao fato de que o Si se acumula na parede celular fazendo com que na dose de 400 mg L<sup>-1</sup> seus efeitos sejam prejudiciais para a espécie impedindo as trocas gasosas.

Aos 90 dias a condutância estomática ( $\text{gs- mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e a taxa fotossintética líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foram influenciadas pelas condições

hídricas, apresentando maiores teores na CC. A eficiência intrínseca do uso da água (EiUA=  $A / gs$ ) foi influenciada pelas doses de silício, na qual constatou-se que as plantas submetidas a dose de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de silício tiveram as melhores respostas (Tabela 11).

**Tabela 11** - Condutância estomática ( $gs \cdot \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), Taxa fotossintética líquida ( $A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e Eficiência intrínseca do uso da água (EiUA=  $A / gs$ ) em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3CC) aos 90 dias do 1º ciclo, referente a terceira aplicação das doses de Si.

<b>Tratamentos</b>	<b>gs</b>	<b>A</b>	<b>EiUA</b>
Condições hídricas (CH)	0,004**	0,03*	0,10 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,13 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,006**
CH x D	0,26 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
CV	48,61	83,56	54,34
Média geral	0,02	4,16	200,75
<b>Condições</b>			
CC	0,03 a	6,13 a	237,77
1/3 CC	0,01 b	2,18 b	163,72
<b>Doses de Si (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>			
0	0,02	3,02	126,12
200	0,01	5,40	320,58
400	0,02	4,05	155,54
p>F (linear)	0,43 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,06 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,002**
r <sup>2</sup> (linear %)	13,78	18,52	1,97
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ , ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

Segundo Kerbauy (2008), a água e o  $\text{CO}_2$  são alguns dos fatores limitantes da fotossíntese ressaltando-se que a maior resistência difusiva dos estômatos reduz a fotossíntese, principalmente pela restrição da condução gasosa da folha. Sendo assim, de acordo com Bosco *et al.* (2009), o fechamento estomático e a consequente redução do fluxo normal de  $\text{CO}_2$  em direção ao sítio de carboxilação constituem um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese sendo a água um dos fatores fundamentais responsáveis pelo processo que regula a abertura ou fechamento dos estômatos.

Outras mudanças podem ocorrer juntamente com o fechamento dos estômatos,

como a alteração na síntese de clorofila, alterações funcionais e estruturais em cloroplastos e distúrbios nos processos de acumulação, transporte e distribuição de assimilados (ANJUN *et al.*, 2011).

Na Tabela 12 encontram-se os teores dos pigmentos fotossintéticos. Verificou-se que os tratamentos não influenciaram estes parâmetros.

**Tabela 12** - Teores de pigmentos fotossintéticos: clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl T), carotenoides (Carot) e Feofitina total (Feo) extraídos da massa fresca foliar ( $\mu\text{g mL}^{-1}$  de solução) e índice SPAD de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 180 dias do 1º ciclo, referente a sexta aplicação das doses de Si.

<b>Tratamentos</b>	<b>Cl a</b>	<b>Cl b</b>	<b>Cl T</b>	<b>Carot</b>	<b>Feo</b>	<b>SPAD</b>
Condições hídricas (CH)	0,78 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,87 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
CH x D	0,99 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>
CV	45,52	46,21	45,37	39,43	45,26	14,96
Média geral	31,91	11,30	43,21	23,47	68,81	33,02
<b>Condições hídricas</b>						
CC	32,87	11,63	44,51	23,93	70,76	33,36
1/3 CC	30,94	10,96	41,91	23,01	66,87	32,67
<b>Doses de Si (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>						
0	29,57	10,03	39,60	20,42	63,09	35,76
200	32,40	11,60	44,00	24,32	70,09	33,00
400	33,76	12,27	46,03	25,67	73,27	30,30
p>F (linear)	0,62 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,92 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	96,02	94,89	95,65	92,76	95,52	100,00
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ , ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora

Os pigmentos da fotossíntese são importantes, pois estão envolvidos na absorção de energia luminosa para posterior conversão dessa energia em ATP. A clorofila a é a principal responsável pela coloração verde das plantas e pela realização da fotossíntese. Dessa forma, o aumento do teor da clorofila a possibilita o aumento da taxa fotossintética (MEYER, 1974).

Assim como ocorre para clorofila a, a degradação da clorofila b é uma das consequências da deficiência hídrica, que pode levar à foto-inibição e diminuição da

eficiência fotossintética, além de afetar outros processos celulares como a divisão e expansão celular (LONG, 1994).

Segundo Fiaz *et al.* (2014), a deficiência hídrica inibe a conversão dos respectivos precursores em pigmentos fotossintéticos (clorofilas e carotenóides).

Apesar de não ter havido diferença entre os tratamentos para os teores dos pigmentos fotossintéticos (Tabela 12), numericamente os teores de clorofilas e carotenoides diminuíram nas plantas submetidas a 1/3 CC, indicando que esta condição hídrica pode ter comprometido a biossíntese desses pigmentos até aos 180 dias do 1º ciclo.

Ao contrário do que se observou em relação aos parâmetros fotossintéticos no 1º ciclo, nota-se uma tendência contrária no 2º ciclo, na qual as plantas submetidas a 1/3 da CC passaram a apresentar maior capacidade fotossintética.

Aos 60 dias do 2º ciclo (Tabela 13 e 14), observa-se que as condições hídricas, influenciaram a Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), a taxa de fotossíntese líquida (A), eficiência do uso da água (EUA), eficiência instantânea de carboxilação (EIC<sub>i</sub>), a razão entre as concentrações de CO<sub>2</sub> intra/extracelular (C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>) e a eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), onde as plantas submetidas a 1/3 CC apresentaram maior taxa fotossintética líquida e maior eficiência do uso da água.

Apesar das doses não terem tido influência sobre as trocas gasosas no 2º ciclo, é possível verificar que as plantas submetidas a dose 200 de Si, apresentaram a taxa fotossintética numericamente maior.

**Tabela 13 - Concentração** interna de CO<sub>2</sub> (Ci-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ), transpiração (E-  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa de fotossíntese líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), eficiência do uso da água (EUA= A/E), eficiência instantânea de carboxilação (EICi= A/Ci) e a razão entre as concentrações de CO<sub>2</sub> intra/extracelular (Ci/Ca) em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 60 dias do 2º ciclo.

Tratamentos	Ci	E	A	EUA	EICi	Ci/Ca
Condições hídricas (CH)	0,03*	0,56 <sup>ns</sup>	0,01**	0,01**	0,05*	0,04*
Doses de Si (D)	0,64 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>
CH x D	0,73 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>
CV	40,07	29,77	22,56	30,26	99,69	40,24
Média geral	140,27	1,86	14,05	7,94	0,14	0,36
<b>Condições</b>						
CC	170,88a	1,94	11,96b	6,37b	0,07	0,44a
1/3 CC	109,66b	1,79	16,14a	9,51a	0,21	0,29b
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	126,66	1,85	14,13	7,78	0,13	0,33
200	157,00	2,02	14,35	7,65	0,14	0,41
400	137,16	1,72	13,68	8,40	0,19	0,36
p>F (linear)	0,75 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,39 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	11,62	19,95	43,04	60,01	54,12	12,20
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ , ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora

**Tabela 14 - Condutância estomática** (gs-  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), Taxa fotossintética líquida (A-  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e Eficiência intrínseca do uso da água (EiUA= A / gs) em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3CC) aos 60 dias do 2º ciclo.

Tratamentos	gs	A	EiUA
Condições hídricas (CH)	0,53 <sup>ns</sup>	0,01**	0,05*
Doses de Si (D)	0,56 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>
CH x D	0,96 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>
CV	46,71	22,56	38,52
Média geral	0,11	14,05	135,57
<b>Condições</b>			
CC	0,12	11,96b	108,98
1/3 CC	0,11	16,14a	162,15
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>			
0	0,11	14,13	136,73
200	0,13	14,35	123,51
400	0,10	13,68	146,47
p>F (linear)	0,64 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,33 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	18,24	43,04	17,83
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ , ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora

Em relação os pigmentos fotossintéticos, verificou-se no segundo ciclo de aplicações das doses de Si, uma maior concentração das clorofilas e carotenoides nas plantas submetidas a 1/3 CC, diferença significativa observada por meio da extração dos pigmentos ao final do 2º ciclo de aplicações das doses de Si (Tabela 15). Porém pela leitura do SPAD verifica-se essa mesma diferença durante todo o 2º ciclo, sendo significativo aos 30, 90 e 180 dias.

De acordo com O'Neill *et al.* (2006), é esperado que cultivares que mantenham maiores conteúdo dos pigmentos fotossintéticos sob deficiência hídrica, têm melhor capacidade de tolerar essas condições devido à estreita relação entre clorofilas, potencial fotossintético e produtividade, evidenciando assim a capacidade de tolerância do dendezeiro ao estresse hídrico.

**Tabela 15** - Teores de pigmentos fotossintéticos: clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila total (Cl T), carotenoides (Carot) e Feofitina total (Feo) extraídos da massa fresca foliar ( $\mu\text{g mL}^{-1}$  de solução) de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 180 dias do 2º ciclo.

<b>Tratamentos</b>	<b>Cl a</b>	<b>Cl b</b>	<b>Cl T</b>	<b>Carot</b>	<b>Feo</b>
Condições hídricas (CH)	0,01**	0,07 <sup>ns</sup>	0,01**	0,01**	0,01**
Doses de Si (D)	0,47 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>
CH x D	0,84 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>
CV	13,86	7,10	10,91	7,13	11,68
Média geral	97,94	67,68	165,62	94,45	264,35
<b>Condições</b>					
CC	88,52b	65,49	154,00b	89,72b	241,90b
1/3 CC	107,36a	69,87	177,23a	99,18a	286,79a
<b>Doses de Si (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>					
0	98,26	67,52	165,78	94,53	266,20
200	102,68	69,15	171,83	97,32	274,48
400	92,88	66,37	159,25	91,50	252,36
p>F (linear)	0,50 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,31 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	30,02	16,94	28,89	27,16	38,36
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ , ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora

**Tabela 16.** Índice SPAD em plantas de dendezeiro, em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) no período de 30 a 180 do 2º ciclo .

<b>Tratamentos</b>	<b>30 Dias</b>	<b>60 Dias</b>	<b>90 Dias</b>	<b>120 Dias</b>	<b>150 Dias</b>	<b>180 Dias</b>
Condições hídricas (CH)	0,05*	0,18 <sup>ns</sup>	0,05*	0,17 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,03*
Doses de Si (D)	0,09 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
CH x D	0,34 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
CV	18,11	19,75	20,20	20,98	25,50	28,65
Média geral	26,85	31,31	29,48	28,17	26,05	26,80
<b>Condições</b>						
CC	26,44b	29,26	26,52b	26,15	23,30	22,60b
1/3 CC	29,26a	33,35	32,45a	30,18	28,81	31,00a
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	23,00	29,66	29,70	26,00	23,25	21,75
200	28,18	30,68	29,41	29,85	28,98	29,05
400	29,38	33,58	29,35	28,66	25,93	29,60
p>F (linear)	0,04*	0,29 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,42 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	88,51	92,94	88,67	45,71	21,87	80,23
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

No 1º ciclo a concentração de feofitina aos 180 dias (tabela 12) não diferiu significativamente, mas ao final do segundo ciclo de aplicações de Si (Tabela 15) foi significativamente maior nas plantas submetidas a 1/3 CC, sugerindo que a condição tenha gerado um estresse perante a um maior tempo de submissão a menor disponibilidade hídrica, pois segundo Hinckley *et al.* (1981), o estresse hídrico aumenta o conteúdo de feofitinas nas folhas.

Sabendo-se que as feofitinas são resultantes da degradação das clorofilas, mediante perda do íon de magnésio posicionado no centro de sua estrutura, maiores teores de clorofila a também gerariam mais feofitina (SILVA, 2018).

#### 4.3 ANATOMIA DO LIMBO FOLIAR

Ao final do 1º ciclo de aplicações das doses de Si, é possível afirmar que as condições hídricas e as doses de Si, influencia a anatomia do dendezeiro, pois nota-se que a espessura de todos os parâmetros anatômicos analisados (Epiderme adaxial e abaxial, mesofilo homogêneo e espessura total) foi influenciada significativamente pela interação dos fatores Condições hídricas e Doses de Si (Tabela 17 e 18).

**Tabela 17-** Espessura (um) dos parâmetros anatômicos do limbo foliar de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 180 Dias do 1º ciclo.

Nota: Significativo pelo teste F \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ , ns = não significativo. Médias

Tratamentos	EPIDERME ADAXIAL	MESOFILO	EPIDERME ABAXIAL	ESPESSUR A TOTAL
Condições hídricas (CH)	0,0005**	0,26 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,007**	0,10 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
CH x D	0,01**	0,0002**	0,03*	0,0000**
CV	22,21	16,13	26,83	12,46
Média geral	5,87	59,71	4,61	93,08
<b>Condições</b>				
CC	6,23 a	58,86	4,56	92,11
1/3 CC	5,51 b	60,56	4,65	94,05
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>				
0	5,51	57,62	4,43	91,69
200	5,80	61,56	4,75	95,59
400	6,30	59,94	4,64	91,96
p>F (linear)	0,002**	0,21 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,63 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,05*
r <sup>2</sup> (linear %)	97,75	34,35	40,25	0,40
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00

seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

A espessura da epiderme adaxial foi maior nas plantas submetidas a CC e às doses 200 e 400 mg L<sup>-1</sup> de Si. Já em relação a epiderme abaxial a espessura só diferiu significativamente nas plantas submetidas a dose 0 mg L<sup>-1</sup> de Si, sendo maior as que foram cultivadas em 1/3 CC (Tabela 18).



**Tabela 18** - Desdobramento da interação Condições hídricas x doses de Si referentes a espessura das epidermes adaxial e abaxial (micrometros) de folíolos do dendezeiro, aos 180 dias do 1º ciclo.

Doses de Si (mg L <sup>-1</sup> )	Condição Hídrica			
	Epiderme Adaxial		Epiderme Abaxial	
	CC	1/3 CC	CC	1/3 CC
0	5,47 a	5,54 a	4,03 b	4,84 a
200	6,51 a	5,09 b	4,93 a	4,57 a
400	6,72 a	5,88 b	4,73 a	4,54 a
p>F (linear)	0,001	0,34	0,03	0,38
p>F (quadrática)	0,18	0,04	0,06	0,68
r <sup>2</sup> (linear %)	87,57	18,23	55,38	82,68
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

As plantas submetidas a CC e às doses 0 e 400 mg L<sup>-1</sup> de Si, apresentaram espessura do mesófilo e a espessura total inferiores às cultivadas a 1/3 CC nestas mesmas doses (Tabela 19). Diferente do que pode-se observar nas plantas submetidas a dose 200 mg L<sup>-1</sup> de Si, que apresentaram espessura do mesófilo e espessura total maior nas plantas submetidas a CC (Tabela 19 e Figura 3).

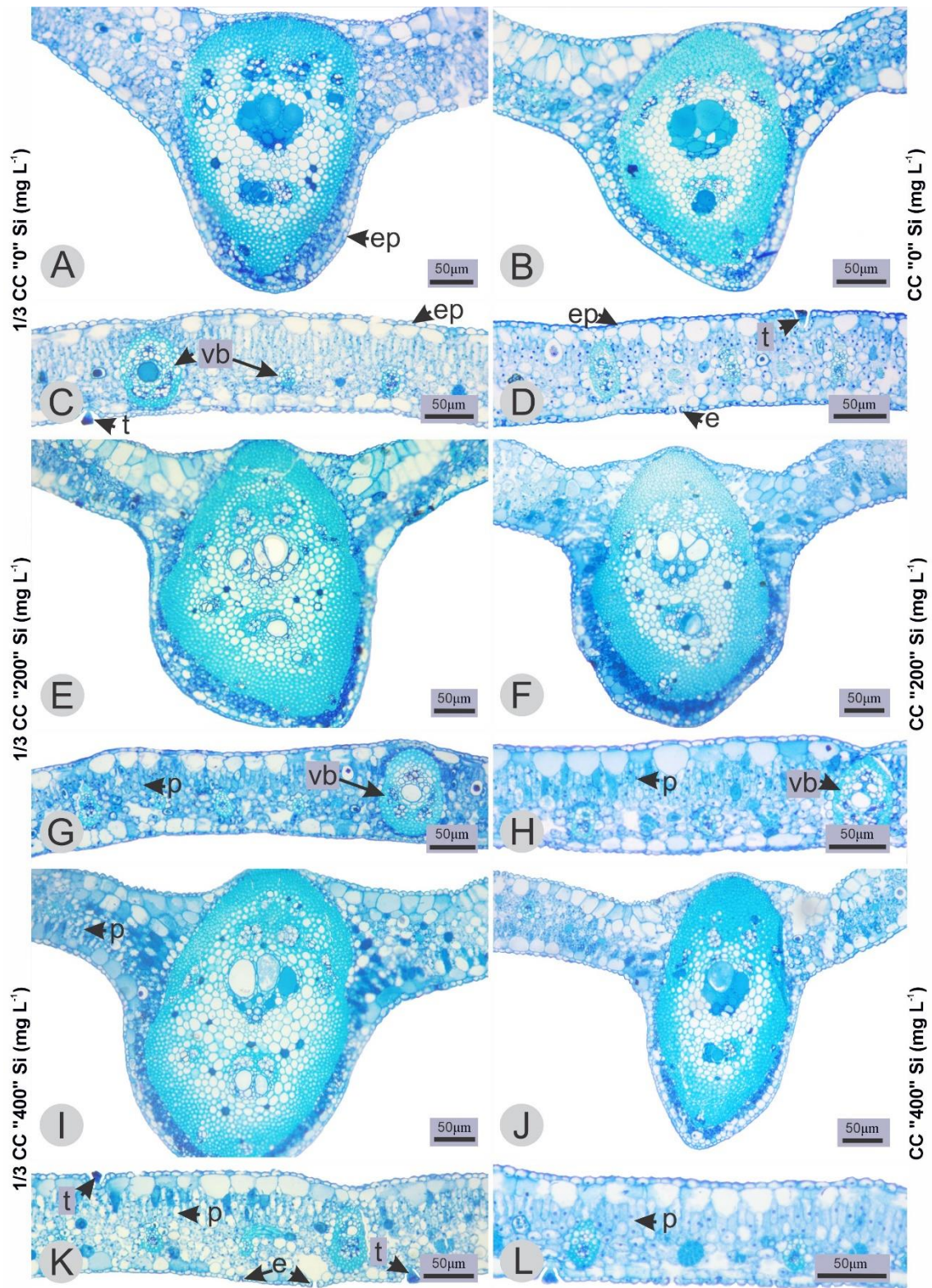
**Tabela 19** - Desdobramento da interação Condições hídricas x doses de Si referentes a espessura do mesófilo homogêneo e espessura total (µm) de folíolos do dendezeiro, aos 180 dias do 1º ciclo.

Doses de Si (mg L <sup>-1</sup> )	Condição Hídrica			
	Mesófilo		Espessura total	
	CC	1/3 CC	CC	1/3 CC
0	55,00 b	60,24 a	87,37 b	96,00 a
200	65,23 a	57,90 b	101,90 a	89,29 b
400	56,35 b	63,53 a	87,07 b	96,85 a
p>F (linear)	0,60	0,21	0,92	0,78
p>F (quadrática)	0,000	0,08	0,000	0,01
r <sup>2</sup> (linear %)	1,48	33,77	0,03	1,05
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

**Figura 4** - Secções transversais de folhas de *Elaeis guineensis* Jacq., cultivadas em condições hídricas de 1/3 e capacidade de campo total, com doses de 0, 200 e 400 de Si ( $\text{mg L}^{-1}$ ) aos 180 dias do 1º ciclo. A.B.E.F.I.J. mostrando a nervura central. C.D.G.H.K.L. mostrando a internervura. ep= epiderme; e= estômato; p= parênquima homogêneo; t= tricoma; vb= Feixes vasculares.



O número de estômatos nas faces adaxial e abaxial, não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 18).

Os resultados mostram que o dendezeiro apresenta folíolos anfiestomáticos (Figura 4), ou seja, apresentam estômatos nas duas faces, o que segundo Purkhust (1978), confere a planta vantagens no processo difusivo de CO<sub>2</sub>.

**Tabela 18-** Número de estômatos (mm<sup>2</sup>) da epiderme das faces adaxial e abaxial de folhas de plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 180 dias do 1º ciclo.

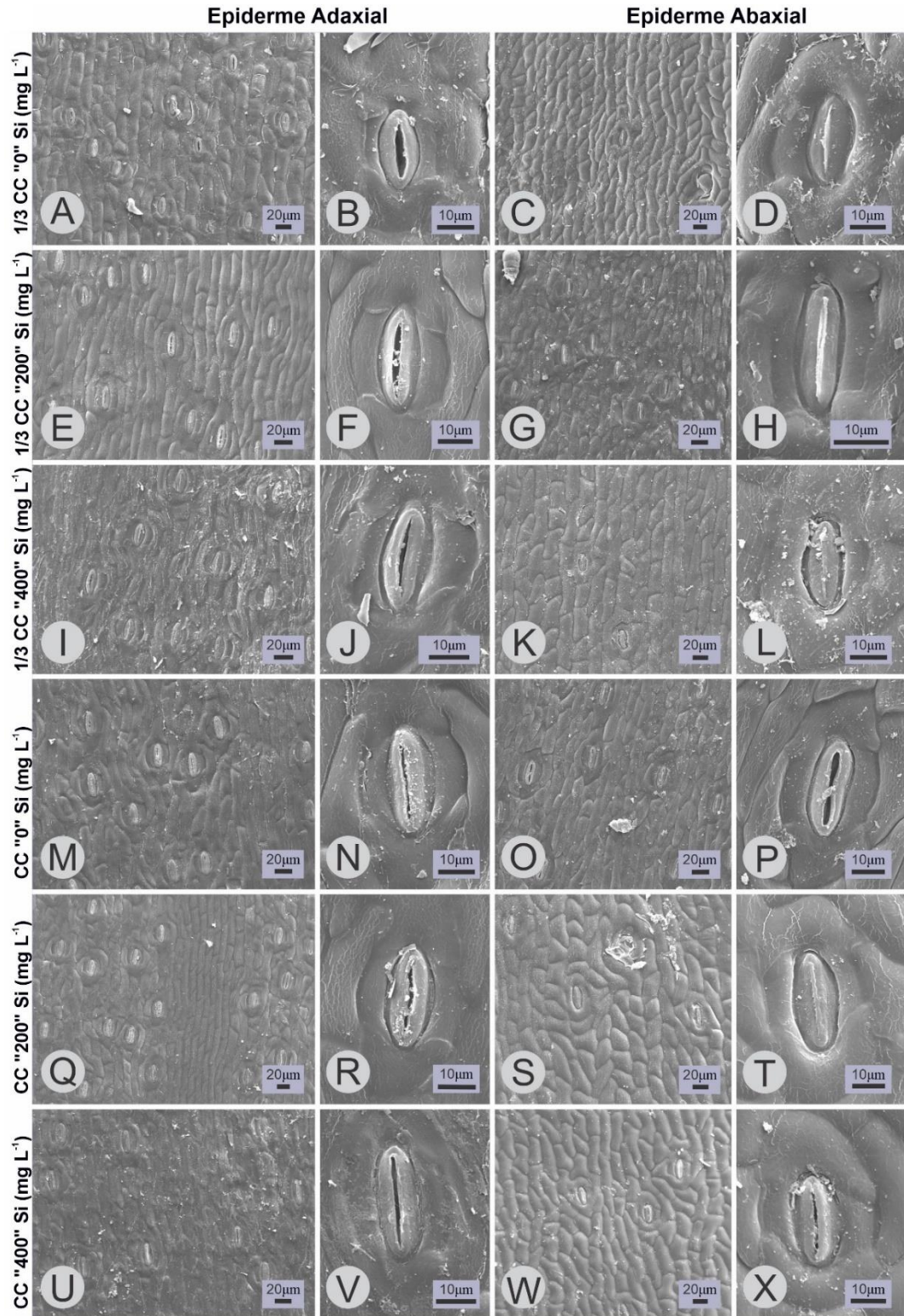
<b>Tratamentos</b>	<b>Estômatos na face adaxial</b>	<b>Estômatos na face abaxial</b>
Condições hídricas (CH)	0,18 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,31 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>
CH x D	0,43 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
CV	23,49	120,42
Média geral	110,03	23,97
<b>Condições hídricas</b>		
CC	101,42	25,81
1/3 CC	118,64	22,12
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>		
0	96,82	35,95
200	119,87	25,81
400	113,41	10,14
p>F (linear)	0,28 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,27 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	48,70	98,49
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

**Figura 5** - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), da superfície foliar de *Elaeis guineensis* Jacq.) aos 180 dias do 1º ciclo. A.E.I.M.Q.U. visão ampla da epiderme adaxial; B.F.J.N.R.V. mostrando detalhe dos estômatos da epiderme adaxial. C.G.K.O.S.W. visão ampla da epiderme abaxial; D.H.L.P.T.X. mostrando detalhe dos estômatos da epiderme abaxial.



#### 4.4 TEORES DE MACRO, MICRONUTRIENTES E SÍLCIO NAS FOLHAS

Com base nos dados apresentados na Tabela 19, observou-se que ao final do primeiro ciclo, as doses de Si e as condições hídricas não promoveram alterações significativas nos teores foliares de N, Ca e S das plantas de dendezeiro. Estes resultados indicam que o Si não interfere no acúmulo destes macronutrientes nas folhas. Entretanto, o teor de K foi influenciado pelas doses de Si, sendo que a dose 200 proporcionou maior teor de K. Os teores de P e Mg foram influenciados pelas condições hídricas na qual, as plantas submetidas a CC obtiveram os maiores teores.

Observou-se que o teor de Mg diminuiu com o aumento da dose de Si. Dado que o teor de N não foi afetado, a redução da clorofila (observada na Tabela 12 por meio do índice SPAD) pode ser devida a redução do Mg.

**Tabela 19.** Macronutrientes foliares (g Kg<sup>-1</sup>) em plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 180 dias do 1° ciclo.

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Condições hídricas (CH)	0,33 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>**</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>**</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,61 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>*</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>
CH x D	0,60 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
CV	13,34	28,31	13,98	20,95	12,96	25,39
Média geral	15,70	1,70	11,51	5,46	5,63	2,28
<b>Condições hídricas</b>						
CC	15,20	2,06a	10,74	5,27	6,18a	2,45
1/3 CC	16,20	1,35b	12,28	5,65	5,08b	2,10
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	15,85	1,73	10,22	5,87	5,73	2,37
200	16,31	1,66	12,71	4,49	5,67	2,31
400	15,71	1,72	11,59	5,54	5,50	2,15
p>F (linear)	0,61 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,40 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>*</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	26,44	4,36	30,30	12,64	93,91	94,72
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

Ao final do segundo ciclo (Tabela 20), as doses de Si também influenciaram o teor de K, porém a dose 0 de Si foi a que promoveu maior teor de K. O teor de Nitrogênio (N) foi influenciado pelas condições hídricas, em que as plantas cultivadas a 1/3 da CC apresentaram teor de N maior comparado àquelas cultivadas a CC. Os

macronutrientes P, Ca, Mg e S não foram influenciadas pelos tratamentos.

Pode-se observar que principalmente ao final do segundo ciclo houve uma queda na maioria dos macronutrientes, na qual ficaram a baixo da faixa de concentração considerada ótima para folhas de dendezeiro (CHEPOTE *et al*, 1988, RODRIGUES, 1993,). Já os teores de Mg ficaram acima do ideal (3,0 – 4,5 g Kg<sup>-1</sup>).

**Tabela 20.** Macronutrientes foliares (g Kg<sup>-1</sup>) em plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 180 dias do 2º ciclo.

<b>Tratamentos</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
Condições hídricas (CH)	0,03*	0,76 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,65 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,02*	0,94 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
CH x D	0,44 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>
CV	12,82	26,35	16,77	28,88	13,26	28,83
Média geral	11,43	1,10	9,25	4,28	5,88	1,57
<b>Condições</b>						
CC	10,64b	1,08	8,91	4,40	6,26	1,53
1/3 CC	12,25a	1,12	9,59	4,17	5,49	1,62
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>						
0	11,42	1,14	10,40	4,16	5,76	1,51
200	11,04	1,01	7,70	4,40	5,88	1,40
400	11,84	1,17	9,66	4,30	6,08	1,81
p>F (linear)	0,62 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,44 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,01**	0,79 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	28,00	3,04	6,95	33,08	66,56	49,01
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

Os teores foliares dos micronutrientes e do Silício (Tabela 21 e 22) não foram influenciados pelos tratamentos em nenhum dos ciclos, estes por sua vez mantiveram-se constantes entre o primeiro e segundo ciclo, com exceção dos teores de Cu, que diminuiram ao final do segundo ciclo e dos teores de Mn que aumentaram ao final do segundo ciclo.

**Tabela 21.** Micronutrientes e Silício (mg Kg<sup>-1</sup>) foliar em plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 180 dias do 1º ciclo

<b>Tratamentos</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Si</b>
Condições hídricas (CH)	0,39 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,40 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
CH x D	0,99 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>
CV	52,50	31,01	43,24	122,00	2,57
Média geral	12,72	84,88	153,22	33,94	63,76
<b>Condições</b>					
CC	14,11	95,00	166,00	45,33	64,00
1/3 CC	11,33	74,77	140,44	22,55	63,52
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>					
0	11,00	85,16	181,33	51,16	64,42
200	11,33	76,66	126,00	17,66	64,05
400	15,83	95,83	152,33	33,00	62,81
p>F (linear)	0,23 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,54 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	80,15	23,14	27,45	29,34	91,38
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \*p≤ 0,05, \*\*p≤ 0,01, ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.

**Tabela 22.** Macronutrientes e Silício (mg Kg<sup>-1</sup>) foliar em plantas de dendezeiro em função de doses de Si e da condição hídrica (CC e 1/3 CC) aos 180 dias do 2º ciclo.

<b>Tratamentos</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Si</b>
Condições hídricas (CH)	0,30 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
Doses de Si (D)	0,83 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
CH x D	0,88 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>
CV	45,54	18,18	52,27	70,36	5,79
Média geral	5,27	87,55	244,61	31,66	62,81
<b>Condições</b>					
CC	5,88	83,77	266,77	40,00	62,91
1/3 CC	4,66	91,33	222,44	23,33	62,72
<b>Doses de Si (mg L<sup>-1</sup>)</b>					
0	5,66	79,33	224,83	29,50	63,91
200	4,83	86,83	266,66	35,66	63,60
400	5,33	96,50	242,33	29,83	60,94
p>F (linear)	0,81 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
p>F (quadrática)	0,58 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
r <sup>2</sup> (linear %)	15,79	99,47	17,35	0,23	82,77
R <sup>2</sup> (quadrática %)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Significativo pelo teste F \* $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,01$ , ns = não significativo. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Obs: CC: Capacidade de campo; 1/3 CC: Um terço da capacidade de campo; Si: Silício.

Fonte: Da própria autora.



## 5 CONCLUSÃO

A altura não foi influenciada pelas condições hídricas e doses de silício em ambos os ciclos experimentais, mas todos os caracteres biométricos apresentaram médias maiores nas plantas cultivadas na CC, sendo significativamente diferente para as variáveis número total de folhas e base do coleto. O número total de folhas foi maior nas plantas cultivadas na CC e na dose 400 mg L<sup>-1</sup>.

No primeiro ciclo as plantas submetidas a 1/3 CC foram sensíveis a dose de 400 mg L<sup>-1</sup> de silício reduzindo a fotossíntese, a eficiência intrínseca do uso da água e a eficiência instantânea de carboxilação. Estes mesmos parâmetros foram influenciados positivamente na mesma dose na CC.

Até aos 180 dias do 1º ciclo a fotossíntese diminuiu nas plantas com 1/3 CC, mas os teores de feofitinas não diferiram indicando que o déficit hídrico não desencadeou o estresse severo nas plantas neste período.

Os caracteres anatômicos (espessura da epiderme adaxial e abaxial, espessura do mesófilo homogêneo e espessura total), avaliados ao final do primeiro ciclo, apresentara maior espessura nas plantas cultivadas na CC e na dose 200 mg L<sup>-1</sup> de Si comparado às cultivadas na mesma condição hídrica e na dose 0 mg L<sup>-1</sup> de Si.

No primeiro ciclo a dose 200 mg L<sup>-1</sup> de Si proporcionou maior teor de K. e os teores de P e Mg foram maiores nas plantas submetidas a CC.

O segundo ciclo apresentou um resultado diferente em relação a fotossíntese, onde as plantas submetidas a 1/3 CC apresentaram maior capacidade fotossintética, indicando resistência do dendezeiro a esta condição. Ao final do segundo ciclo as plantas cultivadas a 1/3 da CC apresentaram teor de N maior comparado àquelas cultivadas a CC.

Embora a dose de 400 mg L<sup>-1</sup> de Si tenha proporcionado maiores médias em algumas das variáveis analisadas, numa visão geral sugere-se o uso da dose de 200 mg L<sup>-1</sup> de silício, pelo fato de que foi a dose que apresentou em maior proporção as maiores médias dos parâmetros analisados em ambas as condições hídricas nos dois ciclos, evidenciando o potencial do Si na redução do estresse hídrico.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2015.
- AHMED, M.; HASSEN, F.; KHURSHID, Y. Does silicon and irrigation have impact on drought tolerance mechanism of sorghum? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 12, p. 1808-1812, 2011.
- ANJUM, S. A. *et al.* Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 6, p. 2026-2032, 2011.
- ASHRAF, M. *et al.* Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, Maryland Heights, v. 111, p. 249-296, 2011.
- BASTOS, T. X. *et al.* Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendzeiro no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 564-570, 2001.
- BATAGLIA, O. C. *et al.* **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- BEALE, S. I. Enzymes of chlorophyll biosynthesis. **Photosynth Review**, Washington, v. 60, p. 43-73, 1999.
- BLANKENSHIP, R. E. Fotossíntese: as reações de luminosas. *In*: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.
- BORGES, A. J.; COLLICCHIO, E.; CAMPOS, G. A. A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) no Brasil e no mundo: aspectos agronômicos e tecnológicos - uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 17, n. 27, p. 01-118, 2016.
- BOSCO, M. R. O. *et al.* Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, p. 296-302, 2009.
- CAMARGO, M. S. Efeito do silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 155, p. 1-8, 2016. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/309465267\\_Efeito\\_do\\_silicio\\_na\\_tolerancia\\_das\\_plantas\\_aos\\_estresses\\_bioticos\\_e\\_abioticos](https://www.researchgate.net/publication/309465267_Efeito_do_silicio_na_tolerancia_das_plantas_aos_estresses_bioticos_e_abioticos). Acesso em: 20 maio 2022.
- CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): na algorithm for a remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 39, n. 3, p. 239 - 247, 1992.

CHEPOTE, R. E.; VALLE, R. R.; SANTANA, C. J. L. Resposta do dendezeiro à nutrição mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, p. 257-262, 1988.

CHIA, G. S. *et al.* **Anatomia foliar do dendezeiro, do caiaué e do híbrido interespecífico nas condições da Amazônia**. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/972573/anatomia-foliar-do-dendezeiro-do-caiaue-e-do-hibrido-interespecifico-nas-condicoes-da-amazonia>. Acesso em: 19 maio 2022.

CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. **The oil palm**. 4. ed. [New York]: Ed. Blackwell, 2003. 562 p. World Agriculture Series.

DORNHOFF, G. M.; SHIBLES, R. M. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. **Crop Science**, Madison, v. 1, n. 10. p. 42-45, 1970.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – Statistics Division. **Food and agriculture data**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/download/Q/QC/E>. Acesso em: 15 fev. 2019.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. *In*: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA- RBRAS, 45., 2000, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIAZ, K. *et al.* Drought impact on Pb/ Cd toxicity remediated by biochar in Brassica campestris. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Heidelberg, v. 14, n. 4, p. 845-854, 2014.

GIONGO, V.; BOHNEN, H. Relação entre alumínio e silício em genótipos de milho resistente e sensível a toxidez de alumínio. **Bioscience Journal**, Darmstadt, v. 27, n. 3, p. 348-356, 2011.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 478 p.

JARVIS, P. G.; MCNAUGHTON, K. G. Stomatal control of transpiration: scaling up from leaf to region. **Advances in Ecological Research**, London, v. 15, p.1- 49, 1986.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Company, 1940. 523 p.

JONES, H. G. Physiological mechanisms involved in the control of leaf water status: implications for the estimation of tree water status. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 171, p. 291-296, 1985.

HINCKLEY, T. M. R. O.; TEYREI, F.; DUHME, M.; RICHTER. Temperate hardwood forests. *In*: KOZLOWSKI, T. T. (ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1981. p. 153-208.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

KORNDÖRFER, C. M.; ABDALLA, A. L.; BUENO, I. C. S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, n. 2, 20 p., 2001.

KORNDORFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. Uso do silício em culturas comerciais. *In*: RODRIGUES, F. A. Silício na agricultura. *In*: SIMPÓSIO DE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 5., 2010, Viçosa, MG. **Anais [...]** Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2010. p. 1-25.

KORNDÖRFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. Uso de Silício em culturas Comerciais. *In*: ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA: silício na agricultura, 5., 2010, Viçosa, MG. **Anais [...]**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2010. p. 03-26.

KRAMER, T.; KOZLOWSKI, T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.

KUSS, V. V. *et al.* Potential of biodiesel production from palm oil at Brazilian Amazon. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 50, p. 1013 – 1020, 2015.

LARCHER, W. **Carbon utilization and dry matter production**: physiological plant ecology. 3. ed. Berlin: Springer, 1995. 506 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. V. 7, 531 p.

LEIDI, E. O. *et al.* Searching for tolerance to water stress in cotton genotypes: photosynthesis, stomatal conductance and transpiration. **Photosynthetica**, Prague, v. 28, p. 383-390, 1993.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, New York, v. 148, p. 350–82, 1987.

LIMA FILHO, O. F. Aspectos gerais sobre o silício em solos, plantas e animais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 5., 2010, Viçosa, MG. **Anais [...]** Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2010. p. 47-60.

LIMA, M. A. *et al.* Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, Jaboticabal, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

LONG, S. P. C4 photosynthesis at low temperatures. **Plant Cell Environment**, West Sussex, v. 6, n. 4, p. 345-363, 1994.

MACIEL, F. C. S. *et al.* Desenvolvimento vegetativo da palma de óleo em ecossistemas de savana e floresta de Roraima. **Revista Agro@ambiente**, Roraima, v. 5, n. 3, p. 194-199, 2011.

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

2013.

MEDINA, C. L. *et al.* Fisiologia dos citros. *In*: MATTOS JÚNIOR, D. M. *et al.* **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Fundag, 2005. 929 p.

MENDONÇA, J. C. *et al.* Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

MESSINGER, S. M. *et al.* Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO<sub>2</sub>. **Plant Physiology**, New York, v. 140, n. 2, p. 771 - 778, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.105.073676>. Acesso em: 03 jun. 2013.

MEYER, S. E.; ROSA, L. *In*: MEYER, S. E. **Woody plant seed manual**. Washington: USDA Forest Service, 1974. Disponível em: <http://www.wpsm.net/Rosa.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MÜLLER, A. A. A. Cultura do dendê. Belém. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, EMBRAPA-CPATU, 1980. 24 p. Miscelânea, 5. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/378092>. Acesso em: 22 maio 2022.

OLIVEIRA, L. A. *et al.* Mecanismos de Absorção do silício pelas Plantas. *In*: ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA: silício na agricultura, 5., 2010, Viçosa, MG. **Anais [...]**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2010. p. 61-88.

O'NEILL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 2, p. 681-687, 2006.

PÁDUA, M. S. **Germinação in vitro, indução e caracterização de massas pró-embriogênicas de dendezeiro (*Elaeis guineenses* Jacq.)**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2012.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: Ed. da UFLA, 2006. 104 p.

PEARCY, R. W.; PFITSCH, W. A. Influence of Adenocaulon bicolor plants occurring in contrasting forest understory microsites. **Oecologia Journal**, Berlin, v. 86, p. 457 - 462, 1991.

PEIXOTO, M. L. *et al.* Efeito do silício na preferência para oviposição de Bemisia tabaci biótipo b (genn.) (hemiptera: aleyrodidae) em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 478-481, 2011.

RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. **Zoneamento Agroecológico do Dendezeiro**

**para as áreas desmatadas da Amazônia Legal.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2007. 830 p.

RIBEIRO, V. C. N.; GOMES JUNIOR, R. A. G. Avaliação do crescimento foliar de híbridos interespecíficos de dendezeiro (*Elaeis guineensis* x *Eleais oleifera*), em Mojú no estado do Pará. *In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA*, 14., 2010, Belém. **Anais [...]**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. CD-ROM.

ROCHA, R. B. *et al.* Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de eucalyptus grandis. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266. 2005.

RODRIGUES, M. R. L. **Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) à aplicação de fertilizantes nas condições do médio Amazonas.** 1993. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

ROGÉRIO, J. B. *et al.* Produtividade de genótipos de palma cultivados no cerrado. *In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL*, 5, CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 8, 2012, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: FABESB, 2012.

SAKAI, W.S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain Technology**, Baltimore, v. 48, n. 5, p. 247-249, 1973.

SEIFERMAN-HARMS, D. The light - harvesting and protective functions of carotenoids in photosynthetic membranes. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 69, n. 3, p. 561 - 568, 1987.

SILVA, J. B. S. **Interação e dinâmica de substâncias produzidas por *Cladonia substellata* (líquen) com neossolos quartzarênicos de tabuleiros costeiros do nordeste.** 2018. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SQUILASSI, M. G. **Interação de genótipos com ambientes.** Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2003, 47 p. Disponível em: [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2003/Livro\\_GXE.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2003/Livro_GXE.pdf). Acesso em: 16 abr. 2019.

SYVERTSEN, J. P.; LLOYD, J. J. Citrus. *In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C.* (ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops.** Boca Raton: CRC, 1994. V. 2, p. 65-99.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 719 p.

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. **Rendiconti Lincei**, Milan, v. 19, p. 325-346, 2008.

VENTURIERI, A. *et al.* Relação entre ocorrência do amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) e variáveis ambientais no Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROMETEOLOGIA, 16. 2009, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2009. p. 523-530.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, Wien, v. 35, p. 753-759, 2008.

ZHANG, S. P. *et al.* Flexible and reversible responses to different irradiance levels during photosynthetic acclimation of *Cyrtopodium guttatum*. **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v. 164, n. 5, p. 11 - 620, 2007.