UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOLOGIA MOLECULAR

RESPOSTA DE LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’ SOBRE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS SUBMETIDOS À CONDIÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO NO SOLO.

LUCAS DA SILVA COSTA

ILHÉUS – BAHIA – BRASIL
Março de 2021

LUCAS DA SILVA COSTA

RESPOSTA DE LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’ SOBRE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS SUBMETIDOS À CONDIÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO NO SOLO.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Genética e Biologia Molecular da Universidade Estadual de Santa Cruz para a obtenção do título de Mestre em Genética e Biologia Molecular.

Orientador: Dr. Abelmon da Silva Gesteira

Coorientador: Dr. Maurício Antonio Coelho Filho

C837 Costa, Lucas da Silva

Respostas de lima ácida ‘tahiti’ sobre diferentes porta-enxertos submetidos à condição de déficit hídrico no solo / Lucas da Silva Costa. – Ilhéus : UESC, 2021.

50f. : il.

Orientador : Abelmon da Silva Gesteira.

Co-orientador : Maurício Antônio Coelho Filho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-graduação em Genética e Biologia Molecular.

Inclui referências.

1. Limão – Cultivo. 2. Frutas cítricas – Melhoramento genético. 3.Enxertia. 4. Irrigação agrícola. I. Gesteira, Abelmon da Silva. II. Coelho Filho, Maurício Antônio. III. Título.

CDD – 634.334

LUCAS DA SILVA COSTA

RESPOSTA DE LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’ SOBRE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS SUBMETIDOS À CONDIÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO NO SOLO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Genética e Biologia Molecular da Universidade Estadual de Santa Cruz para a obtenção do título de Mestre em Genética e Biologia Molecular.

Área de concentração: Genética e Melhoramento vegetal

APROVADO: 31 de março de 2021

Drª. Dayse Drielly Souza Santana Vieira
(UFOPA)

Drª. Ariana Silva Santos
(UESC)

Drª. Milena do Amaral Santos
(UESC)

Dr. Abelmon da Silva Gesteira
(EMBRAPA/UESC- Orientador)

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais, Raimunda Nonata Brasilina da Silva Costa e Reginaldo Oliveira da Costa, com amor e gratidão por todo apoio, incentivo e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus por está ao meu lado, me guiando, iluminando meus caminhos e por ter permitido concluir mais uma etapa da minha vida acadêmica.

Aos meus pais (Reginaldo e Raimunda) por todo amor, apoio e incentivo. Por tudo, a minha eterna gratidão.

Aos meus queridos irmãos Leandro e Regna Mara pelo carinho e apoio.

Ao meu orientador Dr. Abelmon da Silva Gesteira, pela excelente orientação, apoio e confiança.

Ao meu Coorientador Dr. Maurício Coelho, pela parceria, ensinamentos e orientação.

As colegas Monique e Lorena por toda a ajuda, conversas e descontrações ao longo deste período.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura, pela infraestrutura necessária para a condução do experimento.

Ao técnico Jorginho e ao seu Santana por toda ajuda e auxílio durante a execução do experimento.

Aos servidores e bolsistas da EMBRAPA que estiveram envolvidos nesse projeto, em especial a bolsista de iniciação cientifica Luana, e aos analistas Tibério e Mabel.

A Fundação de Amparo à pesquisa do estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudo.

A Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), pela oportunidade de realizar o curso.

Aos servidores e professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular (PPGGBM), pelo apoio.

SUMÁRIO

EXTRATO i

ABSTRACT ii

LISTA DE FIGURAS ..... **Erro! Indicador não definido.** iii

LISTA DE TABELAS ..... **Erro! Indicador não definido.** iv

1 INDRODUÇÃO ..... **Erro! Indicador não definido.** 10

2 REVISÃO DE LITERATURA ..... **Erro! Indicador não definido.** 12

2.1 Citros – Aspectos gerais 12

2.2 Caracteristicas da Lima ácida 'Tahiti' 13

2.3 Interação Copa/Porta-enxerto 14

2.4 Diversificação de Porta-enxertos 16

2.5 Déficit hídrico 18

2.6 Respostas ao Déficit hídrico ..... **Erro! Indicador não definido.** 9

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 22

4 MATERIAL E MÉTODOS ..... **Erro! Indicador não definido.**

4.1 Localização, Material vegetal e caracteristicas do solo **Erro! Indicador não definido.** 31

4.2 Variáveis Climáticas 33

4.3 Tratamentos e delineamento experimental 33

4.4 Umidade do solo 34

4.5 Conteúdo relativo de água na folha 34

4.6 Potencial hídrico foliar 35

4.7 Potencial osmótico foliar ..... 35 **Erro! Indicador não definido.**

4.8 Trocas gagosas 35

4.9 Fluorescência da Clorofila 35

4.10 Análise estatistica 36

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 37

6 CONCLUSÕES 46

7 REFERÊNCIAS ..... 47 **Erro! Indicador não definido.**

EXTRATO

O estresse por déficit hídrico afeta a produtividade e a qualidade dos frutos em pomares cítricos. Plantas que possuem fases fenológicas contínuas durante todo o ano estão susceptíveis a seca, como a lima ácida 'Tahiti' (Citrus latifolia Tanaka) que é um dos frutos de grande importância comercial para o Brasil. Para fins comerciais a enxertia é a principal forma de propagação dos citros. Nesse contexto, os porta-enxertos podem influenciar diversos comportamentos no tocante a seca, visto que induzem alterações nas relações hídricas, taxa de assimilação de CO2, transpiração etc. Dito isto, este trabalho avaliou em condições de campo parâmetros fisiológicos da lima ácida 'Tahiti' enxertada em três porta-enxertos, submetidos a diferentes tratamentos de irrigação. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições em esquema fatorial de 3x4, sendo três porta-enxertos e quatro tratamentos de irrigação. Os tratamentos foram denominados por: cultivo em condições de sequeiro (T1), irrigação permitindo 60% (T2), 50% (T3) e 30% (T4) de esgotamento da água disponível no solo. A partir das aplicações dos tratamentos procederam-se as análises fisiológicas. Avaliaram-se o status hídrico: conteúdo reativo de água na folha (CRA), potencial hídrico foliar (ΨL) e potencial osmótico foliar (Ψπ); trocas gasosas: fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO2 (Ci) e a eficiência no uso da água (EUA) e fluorescência da clorofila. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SISVAR 5.6. O tratamento de sequeiro afetou negativamente todas as combinações quanto ao status hídrico. O porta-enxerto Flyin Dragon demonstrou ser o mais sensível a restrição hídrica com maiores reduções de CRA e ΨL nos tratamentos de irrigação, além disso, este porta-enxerto também exibiu menores valores para Gs, E, A e EUA. Já o BRS Matta e o Citrumelo Swingle apresentaram as melhores respostas, mantiveram a turgescência da folha e maiores taxas de fotossíntese. O tratamento T3 não diferiu estatisticamente do T4, podendo ser recomendado como estratégia de manejo de irrigação.

Palavras-chaves: Lima ácida Tahiti; Déficit hídrico; Manejo da irrigação; Porta-enxerto.

ABSTRACT

Stress due to water deficit affects fruit yield and quality in citrus groves. Plants that have continuous phenological phases throughout the year are susceptible to drought, such as the acid lime 'Tahiti' (Citrus latifolia Tanaka), which is one of the fruits of great commercial importance for Brazil. For commercial purposes, grafting is the main form of citrus propagation. The rootstocks can influence different behaviors regarding drought, since they induce changes in water relations, CO2 assimilation rate, transpiration and so on. That said, this work evaluated, under field conditions, the physiological parameters of the 'Tahiti' lime grafted on three rootstocks, submitted to different irrigation treatments. The design used was a randomized block, with three replications in a 3x4 factorial scheme, with three genotypes and four irrigation treatments. The treatments were named as: cultivation under dryland conditions (T1), irrigation allowing 60% (T2), 50% (T3) and 30% (T4) of depletion of available water in the soil. From the applications of the treatments, the physiological analyzes were carried out. The water status was evaluated: reactive leaf water content (CRA), leaf water potential (ΨL) and leaf osmotic potential (Ψπ); Gas exchange: photosynthesis (A), transpiration (E), stomatal conductance (Gs), concentration internal CO2 (Ci) and water use efficiency (USA) and chlorophyll fluorescence. Statistical analyzes were performed with the aid of the SISVAR 5.6 program. Drought treatment negatively affected all combinations regarding water status. The Flyin Dragon rootstock proved to be the most sensitive to water restriction with greater reductions in CRA and ΨL in irrigation treatments, in addition, this rootstock also exhibited the lowest values for Gs, E, A and EUA. BRS Matta and Citrumelo Swingle presented the best responses, maintaining leaf turgor and higher photosynthesis rates. Treatment T3 did not differ statistically from T4 and can be recommended as an irrigation management strategy.

Keywords: Tahiti acid lime; Water deficit; Irrigation management; Rootstock.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração de algumas maneiras em que os porta-enxertos podem afetar a água nas copas, assim como suas relações e crescimento. Adaptado de Jones, 2012.....15

Figura 2. Erro! Indicador não definido. Vista aérea da área experimental, setor de irrigação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, registrada por drone. Cruz das Almas-BA.....37

Figura 3. Ilustração das posições das sondas de TDR no perfil do solo.....40

Figura 4. Média das temperaturas mínima (T.min), máxima (T.max), média (T.med) e precipitação pluvial (Prec.) referentes ao período de janeiro de 2020 a fevereiro de 2021, a partir da estação automática da Embrapa Fruticultura e Mandioca na cidade Cruz das Almas, BA.....43

Figura 5. Conteúdo relativo de água (RWC %) das combinações TAL/SWC, TAL/FYD e TAL/BSM nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Letras minúsculas indicam diferença estatística entre os porta-enxertos dentro de cada tratamento. Letras maiúsculas indicam diferença estatística entre os tratamentos dento de cada porta-enxerto. De acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras indicam erro padrão. Cruz das Almas-BA.....44

Figura 6. Potencial hídrico foliar (A) e Potencial Osmótico (B) das combinações TAL/SWC, TAL/FYD e TAL/BSM nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Letras minúsculas indicam diferença estatística entre os porta-enxerto dentro de cada tratamento. Letras maiúsculas indicam diferença entre os tratamentos dentro de cada porta-enxerto. De acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras indicam erro padrão. Cruz das Almas-BA.....45

Figura 7. Concentração interna de CO2 (Ci) das combinações TAL/SWC, TAL/FYD e TAL/BSM nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Letras minúsculas indicam diferença estatística entre os porta-enxertos dentro de cada tratamento. Letras maiúsculas indicam diferença entre os tratamentos dentro de cada porta-enxerto. De acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras indicam erro padrão. Cruz das Almas-BA.....47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação de porta-enxertos utilizados. Cruz das Almas, BA.....37

Tabela 2. Erro! Indicador não definido. Granulometria dos horizontes Ap (0-0,09 m), AB (0,09-0,38 m), Bw1 (0,38-0,72 m) e Bw2 (0,72-1,20 m) e classificação textural do Latossolo Amarelo distrocoeso no campo experimental da Embrapa Mandioca & Frutas, Cruz das Almas, Bahia.....38

Tabela 3. Resultado da análise química do solo realizada pelo Laboratório de Química do Solo da Embrapa/CNPMF. Cruz das Almas, BA.....38

Tabela 4. Análise de variância da concentração interna de CO2 (CI), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese (A) e eficiência do uso da água (EUA) dos porta-enxertos Citrumelo Swingle (G1), Flying Dragon (G2) e BRS Matta (G3) nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Cruz das Almas, BA.....48

Tabela 5. Análise de variância da fluorescência mínima (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência fotossintética máxima (Fv/Fm) dos porta-enxertos Citrumelo Swingle (G1), Flying Dragon (G2) e BRS Matta (G3) nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Cruz das Almas, BA.....51

1. INTRODUÇÃO

A citricultura possui grande valor econômico, social e cultural. Além disso, constitui uma das mais importantes atividades do agronegócio brasileiro, com grande visibilidade internacional (NEVES et al., 2010). A lima ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanka) Tanaka] destaca-se como uma das frutas cítricas de maior importância comercial no país. O Brasil ocupa a quinta posição na produção mundial de limas e limões, e de acordo com dados da FAO, em 2018, o país produziu 1.481.322 de toneladas, das quais 96% foram de lima ácida 'Tahiti'. Os frutos são destinados a exportação e demanda interna. Segundo Rodrigues et al (2018), o espaço conquistado no mercado externo é devido, principalmente, ao maior consumo de caipirinha e ao uso da fruta para adornar pratos e bebidas.

A lima ácida 'Tahiti' é caracterizada por produzir frutos com tamanho médio a grande de 70 a 100g sem sementes. Na fase adulta a planta apresenta copa arredondada, porte médio, floresce o ano inteiro e a maturação dos frutos é completada entre 120 e 170 dias após a floração (STUCHI et al., 2003; MARCONDES, 1991).

O cultivo de lima ácida 'Tahiti' assim como de outras plantas cítricas ocorre principalmente em regiões do mundo onde há pouca disponibilidade de água e uma alta demanda por evaporação, o que pode levar ao aparecimento de sintomas de déficit hídrico (CARR, 2012). Dentre todos os estresses abióticos, a deficiência hídrica é um dos principais fatores responsáveis por limitar a produtividade de pomares, estando envolvida na redução da atividade fotossintética (NAKASHIMA E YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2013). Plantas que possuem fases fenológicas contínuas durante todo o ano estão mais susceptíveis a seca (VILLA et al., 2017), como a lima ácida 'Tahiti'. Em resposta a condição de deficiência hídrica, as plantas exibem, constantemente, alterações fisiológicas que resultam de modo indireto, na conservação da água na planta (SANTOS; CARLESSO, 1998).

A restrição hídrica no solo pode causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração (SILVA et al., 2010). Esse processo de aumento da resistência estomática ocasiona menor influxo de CO2 para dentro dos cloroplastos (PEZZOPANE et al., 2016), promovendo o surgimento da fotoinibição e o aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), que comprometerão as membranas dos tilacóides, e consequentemente o aparato fotossintético da planta (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Para contornar os efeitos causados pela deficiência hídrica é importante levar em consideração o porta-enxerto de citros a ser utilizado, pois este pode influenciar no melhor aproveitamento do uso da água. Associado a este fato, o cultivo de lima ácida 'Tahiti' no Brasil ocorre predominantemente sem irrigação, e por isso é desejável que sejam usadas combinações copa/porta-enxerto adaptadas às diferentes regiões e condições climáticas (PIRES et al., 2005; SOARES et al., 2015). Considerando que sob deficiência hídrica, a interação entre porta-enxerto e copa pode se tornar mais significativa, visto que as variações no grau de tolerância à seca da cultivar copa estão relacionadas com a capacidade dos porta-enxertos em absorver água (CARBONNEAU, 1985).

A lima ácida 'Tahiti' está centrada em poucas variedades de porta-enxertos, expondo-a a diversos riscos fitossanitários. O porta-enxerto mais usado em combinação com a lima ácida 'Tahiti' é o limão cravo, pois induz boas produções durante a vida útil do pomar, porém, em virtude da alta incidência de gomose causada por *Phytophthora* spp. essa combinação tem vida útil reduzida devido a susceptibilidade do limão cravo (POMPEU JÚNIOR, 2001; RODRIGUES et al., 2018). Esse fato justifica a necessidade de caracterização de porta-enxertos para serem utilizados como alternativas ao limão cravo. Dessa forma, fazem-se necessárias informações em relação às combinações copa/porta-enxerto promissores, a fim de diversificar a utilização de porta-enxertos em pomares de lima ácida 'Tahiti'. Em vista disso, objetivou-se avaliar parâmetros fisiológicos de lima ácida 'Tahiti' sobre diferentes porta-enxertos, submetidos a manejos de irrigação com restrição hídrica em condição de campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Citros – Aspectos gerais

As plantas cítricas pertencem à família Rutaceae, subfamília Aurantioideae e tribo Citreae. A tribo Citreae inclui seis gêneros; *Fortunella, Eremocitrus, Poncirus, Clymenia, Microcitros e Citrus* (PASSOS et al., 2005; SWINGLE e REECE, 1967). São espécies alógamas, sexualmente compatíveis, diploides, possuindo número de cromossomos nas células somáticas 2n=18 (CAMERON e FROST, 1968).

O gênero *Citrus* possui duas classificações conhecidas, a de Swingle, que abrange 16 espécies, e a de Tanaka, que deu origem a um método novo, incluindo 162 espécies (PASSOS et al., 2005). As espécies deste gênero envolvem plantas dicotiledôneas que atingem altura de 4,5 m a 12,0 m na fase adulta. Podem se reproduzir sexuadamente por autopolinização e polinização cruzada; e assexuadamente por apomixia nucelar (REUTHER, 1973; QUEIROZ-VOLTAN e BLUMER, 2005; ROUISS et al., 2018).

É estimado que o gênero *Citrus* e demais da tribo Citreae se originaram nas regiões tropicais e subtropicais do Continente Asiático há cerca de 30 milhões de anos (WEBBER, 1967). Os citros foram expandidos para várias partes do mundo graças ao comércio mundial e as guerras (NEVES et al., 2010). As plantas cítricas chegaram à Europa no período das Cruzadas e foram trazidas no século XVI para o Brasil pelos portugueses (MATTOS JUNIOR et al., 2005). Portanto a história da citricultura brasileira está intimamente relacionada com a história do país, pois a partir de 1530 após a chegada dos portugueses ao Brasil, foram introduzidas as primeiras sementes de laranja doce nos estados da Bahia e São Paulo (PASSOS, 1990). A partir de então houve rápida disseminação das plantas cítricas pelo país graças às condições climáticas favoráveis para o cultivo, proporcionando altos níveis de produção (MOREIRA 1991). No entanto, o uso comercial da citricultura deu-se somente a partir de 1930 nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia (AZEVEDO, 2003).

Na década de 1980 o Brasil tornou-se líder mundial na produção de laranja, superando a produção dos EUA que teve uma queda após uma sequência de geadas atingirem a Flórida. Desde então o país ocupa o primeiro lugar na produção de laranjas, graças ao desenvolvimento da citricultura nacional juntamente com a competitividade das indústrias (NEVES, 2010). Aproximadamente 50% da produção mundial de frutas cítricas são produzidos pelo Brasil, EUA e China (FAO, 2017). Atualmente a produção brasileira se destaca nos estados de São Paulo, Bahia, Paraná e Minas Gerais, sendo que

o estado de São Paulo é responsável pela maior produção com cerca de 60% (EMBRAPA, 2019).

A citricultura possui enorme importância socioeconômica, com impacto no desenvolvimento regional, na formação de capital, geração de renda e agregação de valor. Graças ao aumento do consumo as frutas cítricas foram sendo plantadas em pequenos pomares caseiros e comerciais. Em todo o Brasil são mais de 3000 municípios onde a cultura de citros está presente abrangendo todos os estados e distrito federal (NEVES, et al., 2010; ZULIAN et al., 2013).

Com relação à produção de laranjas em toneladas, na safra de 2019 o Brasil alcançou um total de 17.614.270 toneladas de laranja. A região Sudeste concentrou a maior parte da produção, mais especificamente em São Paulo (13.650.000 toneladas). Nesse mesmo ano, a região Nordeste teve uma produção de 1.175.771 toneladas. O estado da Bahia produziu 637.500 toneladas de laranja, configurando o maior estado produtor nordestino e quarto nacional (IBGE, 2019). Em anos anteriores, como em 2014, a Bahia ocupava a segunda posição em produção nacional, porém o estado perdeu espaço na produção de laranja, ocupando a posição atual. A citricultura baiana necessita de inovações para se posicionar de forma mais competitiva nos agronegócios mais desenvolvidos (COELHO, 2002).

2.2 Características da lima ácida ‘Tahiti'

O centro de origem da lima ácida ‘Tahiti’ no mundo ainda é desconhecido. Conforme Hodgson (1967) essa variedade teria sido introduzida na Califórnia entre os anos de 1850 e 1880, vinda do Tahiti, o que explicaria seu nome. No Brasil, é considerado que tenha sido introduzido a partir do Mediterrâneo no século XVII (CHAPOT, 1975).

A lima ácida ‘Tahiti’caracteriza-se pela presença de frutos grandes, sem sementes, casca fina, perfumada e rica em acidez, e, devido a tais atributos é muito apreciada pelo consumidor na forma processada (DURIGAN et al., 2005). Apesar de não ser limão verdadeiro, a lima ácida ‘Tahiti’ também é popularmente chamada de limão, devido a mesma finalidade, elaboração de bebidas e/ou condimentos (BASTOS et al., 2014). O motivo da ausência de sementes está relacionado com sua origem genética, um híbrido triploide (3n = 27), em que o pólen e os óvulos não são viáveis, e consequentemente, os frutos são partenocárpicos (BACCHI, 1940).

Em virtude de seu desempenho favorável diante das principais doenças e pragas que afetam os pomares cítricos, a lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka), despertou interesse para a ampliação dos plantios comerciais (FIGUEIREDO et al., 2002). A produção de limeiras ácidas no Brasil é maior que a dos limões verdadeiros, e de acordo com dados da FAO, o país produziu 1.292.798 toneladas na safra de 2018. Esse resultado coloca o Brasil na quinta posição entre os principais produtores mundiais de limas e limões, atrás do México, Índia, China e Argentina.

Os principais estados produtores de Lima ácida 'Tahiti são: São Paulo, Bahia e Minas Gerais. Os frutos são destinados tanto para o mercado interno como para exportação. Em 2018 a venda de frutos no mercado interno alcançou o valor de 389,90 mil toneladas. No comercio internacional o principal comprador é a União Europeia, onde a fruta está se tornando cada vez mais popular, com tendência de crescimento do mercado de 'Tahiti' no continente (GERALDINI e RIBEIRO, 2019; ROSSI e PANDOLFI, 2019).

2.3 Interação Copa/Porta enxerto

A enxertia é a principal forma de propagação dos citros para fins comerciais. O processo de enxertia consiste em uma associação entre dois indivíduos, geneticamente diferentes, cada qual com suas características intrínsecas. Trata-se de um sistema que resulta na soldadura dos tecidos de duas plantas, uma delas, chamada de porta-enxerto, que fornece o sistema radicular, a outra é o enxerto (copa) que forma a parte aérea, ambas passarão a viver em sintonia, para que a nova planta tenha um bom desempenho agrícola (ALMEIDA e PASSOS, 2011; POMPEU JUNIOR, 2005).

A copa é a responsável pelas características dos frutos, e devem apresentar características peculiares para atender às exigências do mercado a que se destinam, sejam as indústrias ou ao consumo *in* natura (BASTOS et al., 2014). Os tipos de citros mais utilizados como copa no Brasil são: as laranjeiras, as tangerineiras, as limeiras ácidas e os limões. As laranjeiras possuem a maior importância econômica (LOPES et al., 2011).

As copas são afetadas pelas características de seu porta-enxerto, sendo este essencial na citricultura. Os porta-enxertos afetam muitas características hortícolas e patológicas da copa, dentre elas: vigor, produtividade, precocidade de produção, composição orgânica e inorgânica da folha, absorção e utilização de nutrientes, tolerância a pragas, doenças e fatores abióticos como frio, salinidade e seca (POMPEU

JUNIOR, 1980; BOWMAN e JOUBERT, 2020). São muitos os mecanismos desenvolvidos na interação copa/porta-enxerto (Figura 1) (JONES, 2012). Portanto, a escolha do porta-enxerto é tão importante quanto a da copa, levando em consideração que as principais características agronômicas são determinadas pela interação entre ambos, resultando no melhor desempenho da planta (BASTOS et al., 2014).

Um dos porta-enxertos mais cultivado no Brasil é o limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* L. Osbeck). Outros porta-enxertos como o citrumeleiro 'Swingle' [*Citrus paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], tangerineira 'Sunki' (*Citrus sunki* Hort. ex Tanaka) e a 'Cleópatra' (*C. reshni* hort. ex Tanaka) são bastante utilizados (BASTOS et al., 2014; ALMEIDA e PASSOS, 2011).

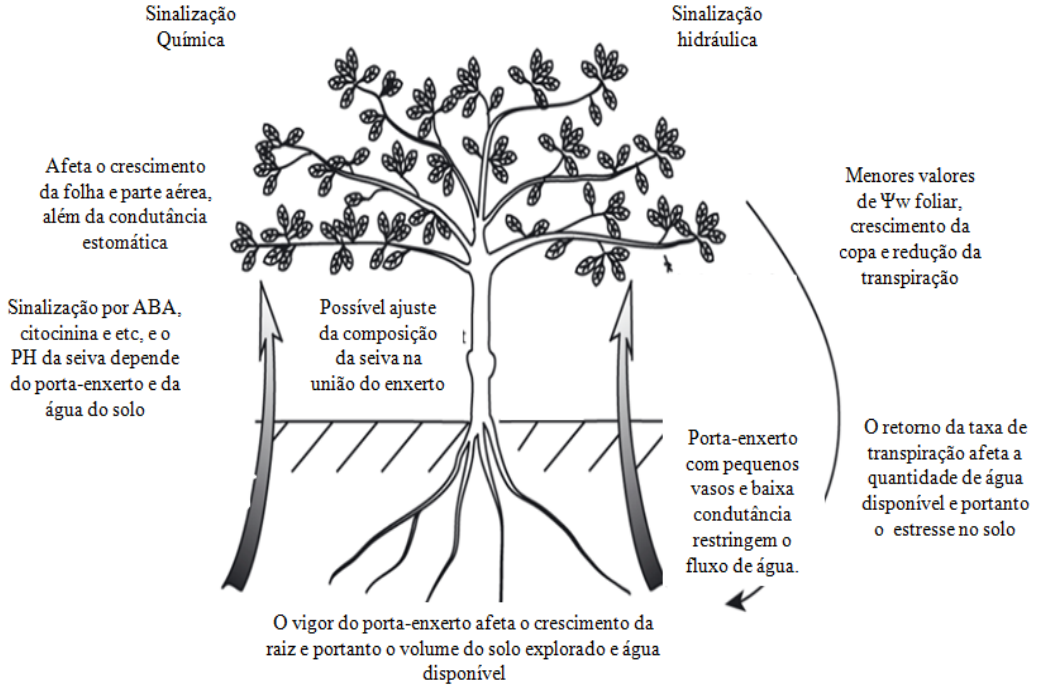

Figura 1- Ilustração de algumas maneiras em que os porta-enxertos podem afetar a água nas copas, assim como suas relações e crescimento. Adaptado de Jones, 2012.

O limoeiro 'Cravo' é amplamente utilizado devido suas características horticulturais, dentre elas: alta produtividade e precocidade, bom pegamento de mudas no plantio, rápido crescimento e tolerância a seca, além disso, é compatível com todas as variedades copa (POMPEU JUNIOR, 2005; BASTOS et al., 2014). No entanto, é suscetível ao declínio dos citros, à exocorte, à gomose de *Phythophthora* (POMPEU

JÚNIOR, 2001) e à morte-súbita-dos-citros (MSC) (BASSANEZI et al., 2003; MULLER et al., 2002).

A suscetibilidade do limão 'Cravo' particularmente ao declínio e à morte súbita dos citros (BERETTA et al., 1994; ROMAN et al., 2004) tornaram o porta-enxerto citrumeleiro ‘Swingle’, híbrido de pomeleiro ‘Duncan’ e *P. trifoliata* o segundo mais utilizado na maior região citrícola do país (POMPEU JUNIOR e BLUMER, 2008). Este porta-enxerto apresenta alta qualidade de fruto e tolerância moderada à tristeza, verrugose, exocorte, xiloporose, gomose de *Phytophthora,* nematódes e seca (MATTOS JÚNIOR et al., 2005). Apesar de ser produtivo, as plantas com esse porta-enxerto são exigentes em adubação, especialmente o potássio, para obter tamanho de frutos semelhante ao produzido com uso do porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (BASTOS et al., 2014).

Com o objetivo de avaliar as dimensões, a produção e a eficiência produtiva de copas de laranjeiras 'Valência', enxertadas em citrumelos, limão 'Cravo' e citremon, cultivados sem irrigação, Pompeu e Blumer (2011), verificaram que o citrumeleiro 'Swingle' proporcionou laranjeiras maiores e mais produtivas, com a mesma eficiência produtiva que as formadas sobre o limão 'Cravo'. Esse estudo demonstra que a utilização do porta-enxerto citrumeleiro ‘Swingle’ constitui uma alternativa ao limoeiro ‘Cravo’, pois destaca-se na interação com a copa obtendo bom desempenho.

2.4 Diversificação de Porta-enxertos

Segundo Carvalho et al. (2016) a maioria dos pomares de citros no Brasil são baseados em plantas enxertadas, em que atributos favoráveis da copa são combinados com aqueles do porta-enxerto. Entretanto, um número restrito de variedades-copa é utilizado nos pomares e um menor ainda de porta-enxertos (PEREZ et al,. 2017).

Existem muitos estudos sobre porta-enxertos de citros, todavia, os pomares apresentam baixa diversificação (FADEL et al., 2018). A falta de diversificação de porta-enxertos destaca-se como um grande problema da citricultura, visto a diversidade e distribuição de fatores que podem afetar diretamente o crescimento e desenvolvimento da planta cítrica, sendo de suma importância levar em consideração a condição da região onde este será utilizado (BASTOS et al., 2014). Além disso, deve ser considerada também a compatibilidade entre copa e porta-enxerto, tendo em conta que podem ocorrer sintomas típicos de incompatibilidade, caracterizada pela rejeição entre os

tecidos das variedades enxertadas, incluindo desenvolvimento de uma linha necrótica na região da enxertia, expressa geralmente após quatro anos (MORAES et al., 2011). Nesse contexto, estudos que contribuam com a elucidação da interação copa/porta-enxerto são de grande valia, visto a necessidade eminente da da diversificação de porta-enxertos a serem utilizados, a fim de minimizar a vulnerabilidade da citricultura.

Os porta-enxertos híbridos provenientes de melhoramento genético ou seleção de híbridos naturais são alternativas viáveis para serem utilizados na diversificação de pomares cítricos. Nessa finalidade, vários híbridos foram gerados pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura. O Programa tem como foco principal a obtenção de porta-enxertos adaptados a ambientes adversos, tolerantes a estresses abióticos e bióticos, e a altas densidades populacionais (SOARES FILHO et al, 2011).

No melhoramento genético de Citros o uso de porta-enxertos ananicantes está tornando-se uma tendência. Trata-se de um método que visa à ampliação da produção por meio do adensamento do plantio (CASTLE, 2010). Outrossim, o adensamento dos pomares pode ser utilizado como uma estratégia para minimizar os prejuízos causados pelo o huanglongbing (HLB) doença mais destrutivas dos citros. Trata-se do aumento de produtividade da ordem de 20% a 50%, antecipando o retorno do investimento ao produtor, visando compensar os gastos com manejo do HLB e minimizar os prejuízos gerados pela erradicação de plantas sintomáticas, já que a contribuição individual de cada planta será menor (STUCHI e GIRARDI, 2010; SULZBACH et al., 2017).

O porta-enxerto trifoliata ‘Flying Dragon’ consiste em uma das opções para a produção de mudas de ‘Tahiti’, a fim de reduzir o tamanho da copa. Este porta-enxerto tem apresentado além do porte médio e boa produtividade (PENNA et al, 2012). No trabalho realizado por Carvalho (2017), a produtividade da lima ácida ‘Tahiti’ enxertada sobre o Flying Dragon foi maior que no porta-enxerto limão cravo, considerando as condições climáticas e manejo adequado, como o uso do adensamento e da irrigação.

Outra opção de porta-enxerto que induz a redução do tamanho da copa é o TSKC x TRFD 06, híbrido de Tangerina ‘Sunki’ (*Citrus sunki hort. Ex Tanaka*) com *Trifoliata Flying Dragon* [P. trifoliata var. monstrosa (T. Ito)Swingle]). Esse porta-enxerto apresenta as seguintes características: elevado vigor, boa produtividade de frutos, tolerância à tristeza e declínio dos citros. A redução do porte deve-se ao fato de que os porta-enxertos supracitados são geneticamente ananicantes e essa característica facilita o manejo da cultura (PIO et al., 2002).

2.5 Déficit hídrico

A água é o mais abundante constituinte do tecido vegetal, representando 50% da massa fresca das plantas lenhosas e cerca de até 95% nas plantas herbáceas. Esse recurso natural participa diretamente de muitos processos bioquímicos, além de constituí o meio onde muito deles ocorrem (TAIZ e ZEIGER, 2013). Dessa forma, a condição hídrica das plantas está intimamente relacionada aos processos fisiológicos de importância para o vegetal, tais como transpiração, fotossíntese e respiração (OLIVEIRA et al., 2002). Além disso, a água é responsável pela forma e estrutura dos órgãos, por tanto, é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas (LARCHER, 2000).

Em seu ambiente natural as plantas comumente estão sujeitas a condições ambientais desfavoráveis que afetam sua produtividade e podem interromper seu crescimento (UMEZAWA *et al*., 2006). Entre essas condições, o estresse por déficit hídrico se destaca, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas (NOGUEIRA et al., 2000), é considerado o de maior efeito sobre a produtividade agrícola, definindo a distribuição das espécies no mundo (KRAMER e BOYER, 1995; PIMENTEL, 2004). É dito como um estresse multidimensional, pois afeta todos os aspectos de crescimento da planta (YORDANOV et al., 2000).

Conforme Larcher (2000), o déficit hídrico provoca um estado na planta em que a demanda de energia para sua manutenção é maior que a produção, levando inicialmente a uma desestabilização das funções, seguida por uma normalização e indução dos processos fisiológicos de adaptação. Os efeitos causados pela deficiência hídrica podem ser reversíveis ou não, vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estádio de desenvolvimento da planta (SANTOS e CARLESSO, 1998).

O déficit hídrico ocorre frequentemente nas áreas áridas, que envolvem aproximadamente 40% do globo terrestre (SCHLAEPFER et al., 2017). Essas áreas são caracterizadas por longos períodos de seca em função da quantidade variável de precipitação e alta evapotranspiração, sendo a principal restrição de processos ecossistêmicos (LU et al., 2018). Além disso, devido às mudanças ambientais causada pelo aquecimento global, regiões que antes não sofriam com a escassez de água têm sofrido com baixas precipitações anuais afetando a agricultura e, consequentemente, a produção das safras (NAKASHIMA E YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2013).

No Brasil existe uma grande diversificação agroclimática, compreendendo múltiplos ambientes, dentre eles ambientes secos e áridos com condições particulares para o cultivo (CERQUEIRA et al., 2004). Com enfoque especial, na região nordeste, o déficit hídrico ocorre de modo ainda mais acentuado nos meses mais quentes do ano, de novembro a fevereiro (CRUZ et al., 2003). Porém, outras regiões não estão isentas de serem afetadas pela seca, como é o caso do estado de São Paulo, maior produtor de citros do país, que durante o verão de 2014 e meados de 2015 registrou um dos períodos mais secos da história, afetando diversos setores, dentre eles a citricultura (NOBRE e MARENGO, 2016; REAY, 2019).

Apesar da expansão das áreas irrigadas, o cultivo de citros no Brasil ainda predomina sem irrigação, mesmo o país sendo o maior produtor mundial (PIRES et al., 2005). E o estresse por déficit hídrico é justamente o fator ambiental que mais influencia o cultivo de citros no país (ALMEIDA e PASSOS, 2011). Como já mencionado, isso ocorre graças à distribuição irregular de chuvas em algumas regiões do país, afetando negativamente a produtividade das culturas (CUNHA SOBINHO e PASSOS, 2004).

As plantas cítricas precisam de umidade no solo praticamente o ano todo para manter bom crescimento e desenvolvimento (VIEIRA, 1991). Conforme Donato et al. (2007) para uma boa produção de frutos em citros é necessário cerca de 900 a 1.200 mm de requerimento hídrico bem distribuído por ano, e pode variar em função da demanda evapotranspirométrica, das características do solo, da variedade copa e, principalmente, do porta-enxerto utilizado. Na citricultura, para produzir economicamente, é necessário atender a fisiologia do vegetal, fornecendo à planta, no momento preciso, a quantidade de água suficiente para seu desenvolvimento até que ela alcance o máximo rendimento (OLIVEIRA e COELHO, 1980).

2.6 Respostas ao déficit hídrico

A resposta da planta ao déficit hídrico é caracterizada por mudanças fundamentais na relação da célula com a água, nos seus processos fisiológicos, na estrutura de membranas e organelas celulares, e por mudanças morfológicas e fenológicas da planta (LAWLOR e CORNIC, 2002). Além disso, respostas ao déficit

hídrico envolvem aspectos moleculares complexos, em que ocorre uma cascata de eventos que são ativados ou desativados pela percepção do estresse (BRAY, 1993).

O tempo de resposta ao déficit hídrico após a percepção do estresse pode variar de segundos a horas, resultando em aclimatação a níveis fisiológicos e morfológicos. Dentre as respostas incluem o fechamento estomático, alterações nas trocas gasosas, redução do potencial hídrico, acúmulo de solutos orgânicos, inibição da expansão foliar, abscisão foliar e mudanças na arquitetura radicular. Tais mecanismos visam proteger a maquinaria celular e reparar danos causados pela deficiência hídrica (BRAY, 1997; SINMONTACCHI et al., 2015). Outrossim, tendem minimizar a perda e maximizar a absorção de água (CHAVES et al., 2009). Vale ressaltar, que as respostas rápidas ou a longo prazo à condição de déficit hídrico, denominadas de aclimatação, representam uma mudança não permanente na fisiologia ou morfologia da planta, que pode ser revertida se as condições favoráveis retornarem (TAIZ et al., 2017).

Em resposta ao déficit hídrico no solo, há uma redução do potencial hídrico foliar, a fim de criar um gradiente necessário para manter o fluxo de água do solo (KERBAUY, 2004). O potencial hídrico é uma medida do status hídrico vegetal que regula o transporte de água através das membranas. Seus componentes variam de acordo com as condições de crescimento, condições ambientais e tipo de vegetal. É essencial que a planta apresente menor potencial hídrico que o do solo para que ocorra a absorção de água (TAIZ e ZEIGER, 2013). A redução do potencial hídrico na planta sob estresse por seca está relacionada com o acúmulo de solutos orgânicos, como açúcares solúveis totais e redutores. Os açúcares estão envolvidos na realização da fotossíntese, partição de carbono, síntese de proteínas e expressão de genes sob estresses abióticos (ROSA et al., 2009; SAMI et al., 2016). Além disso, estudos demonstram que os açucares como sacarose, frutose e trealose, fornecem proteção de membrana e eliminam ROS em vários tipos de estresse (SINGH et al., 2015 , KEUNEN et al., 2013).

Sob estresse por déficit hídrico ocorre também redução do potencial osmótico, que é um dos componentes do potencial hídrico, e que resulta das concentrações passivas de solutos devido à desidratação da célula ou acúmulo ativo de solutos, sendo este último considerado como ajuste osmótico (JONES, 1992). O ajustamento osmótico foliar consiste em um mecanismo importante desenvolvido pelas plantas sob déficit hídrico, atuando na manutenção da hidratação e turgescência foliar. Tal mecanismo é enquadrado como prevenção ao déficit hídrico (BLUM 2011). Além disto, estudos atribuem o ajustamento osmótico como responsável também pela proteção de enzimas,

a danos oxidativos e à estabilidade da membrana celular, podendo ser encaixado desta forma, como mecanismo de tolerância (DAMOUR et., 2008; CONDE et al., 2011).

Outra linha de defesa contra os efeitos nocivos da deficiência hídrica é o fechamento estomático, onde ocorre um processo rápido e flexível que visa reduzir a evaporação foliar e manter a turgescência (CHAVES, 1991). Porém, esse mecanismo, juntamente com a redução da transpiração, prejudica a fotossíntese devido ao impedimento da entrada de CO2, acarretando naredução das trocas gasosas, e aumentando a temperatura foliar (FURLAN et al., 2012; SILVA et al., 2010). O comportamento das células-guardas que resulta na abertura ou fechamento estomático é afetado por fatores internos, como o conteúdo de água foliar e a atividade de fitormônios, principalmente, auxina, citocinina e ABA (ácido abscísico) (TURNER, 1986; KRAMER e BOYER, 1995).

Em geral, os fitormônios são reguladores de crescimento em plantas, que podem atuar no local da sua síntese ou ser transportados para outro local. Além disso, esses compostos atuam em processos de tolerância/resistência a estresses abióticos e bióticos (PELEG e BLUMWALD, 2011). Fatores estressantes levam a alterações na produção, distribuição ou transdução de sinal de fitormônios, podendo promover mecanismos específicos de tolerância. A percepção de um sinal de estresse, por exemplo, a seca, desencadeia uma cascata de transdução de sinais em plantas, onde fitormônios atuam como transdutores (EYIDOGAN et al., 2012; HARRISON, 2012)

Em situação de estresse por déficit hídrico, um dos principais hormônios envolvidos na cascata de sinais, é o ABA, visto que, em geral ocorre um aumento na sintetização deste. O ABA é produzido principalmente nas raízes, contudo, estudos recentes mostram que também são produzidos nas folhas, onde a transpiração é mais intensa. Esse hormônio é responsávelpelo fechamento estomático, ocasionando a redução da atividade fotossintética em pouco tempo (HARTUNG et al., 2002; MANZI et al., 2016; PIMENTEL, 2004). Além disso, o ABA está envolvido na síntese de osmólitos compatíveis e aumento na regulação de genes que levam a respostas adaptativas (ZANDALINAS et al., 2016).

A lima ácida “Tahiti” provavelmente possui mecanismos que a torna insensível à sinalização do hormônio ABA (SANTOS et al., 2020). Isso porque, de acordo com os estudos de Santana-Vieira et al. (2016), foi observado uma maior demanda de ABA para o porta-enxerto limão cravo em combinação com ‘Tahiti’ nas condições controle em comparação a outras combinações com o mesmo porta-enxerto. Esse resultado

demonstra a influência da lima ácida ‘Tahiti’ sobre o porta-enxerto, requerendo maior quantidade de ABA para controlar a transpiração na parte aérea. Além disso, para confirmar a hipótese de que a lima ácida ‘Tahiti’ é insensível ao ABA, Santos et al (2020), analisaram a abertura e fechamento estomático pela exposição de folhas de ‘Tahiti’ e laranjeira Valencia em diferentes concentrações de ABA. Foi observado que os estômatos da ‘Tahiti’ permaneceram em mais de 60% abertos, sendo oposto do que ocorreu na laranjeira Valencia com apenas 36% dos estômatos abertos.

Considerando que a variedade copa também influencia no desempenho da planta como um todo, como mencionado anteriormente no caso da ‘Tahiti’, que tem mostrado ser insensível à sinalização do hormônio ABA, são relevantes estudos de interação copa/porta-enxerto para obter combinações mais produtivas e adaptadas às condições de restrição hídrica.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. O.; de PASSOS, O. S. Citricultura brasileira em busca de novos rumos: Desafio e oportunidades na região nordeste. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, p. 145, 2011.

AZEVEDO, C. L. L. Sistema de Produção de Citros para o Nordeste. **Embrapa Mandioca e Fruticultura. Versão eletrônica**, 2003. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/importancia.htm>. Acesso em: 04 de Dezembro de 2020.

BACCHI, O. Observações citológicas em Citrus. 1 - Número de cromosômios de algumas espécies e variedades. **Jornal de Agronomia** v.3, n.4 p.249-258, 1940.

BASSANEZI, R. B.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIN, L.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOTTWALD, T. R.; BOVE, J. M. Spatial and temporal analyses of Citrus Sudden Death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. **Phytopathology,**v. 93, p.502-512, 2003.

BASTOS, D.C.; FERREIRA, E.A.; PASSOS, O. S.; SÁ, J.F.; de ATAÍDE, E.M.; CALGARO, M. Cultivares copa e copa-enxertos para a citricultura brasileira. **Informe Agropecuário**, v.35, p.36-45, 2014.

BERETTA, M.J.A.G.; POMPEU JUNIOR, J.; DERRICK, K.S.; LEE, R.F.; BARTHE, G.A.; HEWITT, B.G. Evaluation of rootstocks in Brazil for field resistance to declinio. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 7., 1992, Acireale. **Proceedings**. Catania: International Society of Citriculture, 1994. p.841-843.

BLUM, A. Crop Plant Water Relations, Plant Stress and Plant Production In: Plant Breeding for Water-Limited Environments. BLUM, A. (Ed.). **Springer**, p. 11-45, 2011.

BOWMAN, K. D.; JOUBERT, J. Citrus rootstocks. In: **The genus citrus**. Woodhead Publishing, 2020. p. 105-127.

BRAY, E. A. Molecular responses to water deficit. **Plant physiology**, v. 103, n. 4, p. 1035, 1993.

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in plant science**, v. 2, n. 2, p. 48-54, 1997.

CAMERON, J.W.; FROST, H.B. Genetics, breeding and nucellar embryony.In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J. (Ed.) ***The citrusindustry. Berkeley: University of California Press***, v.2, p.325-370, 1968.

CARBONNEAU, A. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 36, n. 3, p. 195-198, 1985.

CARVALHO, W. S. G. C. Eficiência produtiva de cultivares de citros enxertadas sobre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' e 'Flying Dragon', em cultivo irrigado. Dissertação (Produção Vegetal) – UENF. Rio de Janeiro, p. 39, 2017

CARVALHO, L.M.; CARVALHO, H.W.L.; FILHO, W.S.S.; MARTINS, C.R.; PASSOS, O.S. Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.51, n. 2, p. 132-141, 2014.

CASTLE, W.S. A career perspective on Citrus rootstocks, their development, and commercialization. **HortScience**, Alexandria, v. 45, p. 11–15, 2010.

CERQUEIRA, E. C.; CASTRO NETO, M. T.; PEIXOTO, C. P; SOARES FILHO, W. DOS S.; LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, J. G. Respostas de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p. 515 519, 2004.

CHAPOT, H. The citrus plant. In: HAFLIGER, E. (Ed.). Citrus. Bastle: Ciba-Geigy, p.6-13, 1975.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551–560, 2009.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**. v. 42, 1–16, 1991.

COELHO, Y. S. Frutas cítricas importadas no mercado de Salvador, Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 5, n. 2, p. 29-33, 2002.

CONDE, A.; CHAVES, M. M.; GERÓS, H. Membrane Transport, Sensing andSignaling in Plant Adaptation to Environmental Stress. **Plant e Cell Physiology**, n. 52, v. 9, p. 1583-1602, 2011.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; SOARES FILHO, W. dos S.; CASTRO NETO, M. T. de; COELHO, E. C.; DIAS, A. T. D.; PAES, R. A. Produção e partição de matéria seca

e abertura estomática do limoeiro ‘Cravo’ submetido a estresse salino. Revista **Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 528-531, 2003.

CUNHA SOBRINHO, A. P.; PASSOS, O. S.; SOARES FILHO W. S. Seleção de cultivares porta-enxertos para o Nordeste Brasileiro. IN: ALMEIDA, C. O.; PASSOS O.S. **Citricultura brasileira em busca de novos rumos: desafios e oportunidades na região Nordeste**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 160p, 2011.

DAMOUR, G.; VANDAME, M.; URBAN, L. Long-term drought modifies the fundamental relationships between light exposure, leaf nitrogen content and photosynthetic capacity in leaves of the lychee tree (Litchi chinensis). **Journal of plant physiology**, n. 165, p. 1370–1378, 2008.

DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B. H.; e DURIGAN, J. F.Mechanical injuries on post harvest quality of' ‘‘‘Tahiti’’'lime stored under enviromental conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 369-372, 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Citros (2019). Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/citros>. Acessado: 15 de novembro de 2020.

EYIDOGAN, F.; OZ, M. T.; YUCEL, M.; OKTEM, H. A. Signal transduction of phytohormones under abiotic stresses. In: Khan NA, Nazar R, Iqbal N, Anjum NA (eds) **Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants**. Springer, Berlin, p. 1–48, 2012.

FADEL, A. L.; STUCHI, E. S.; COUTO, H. T. Z.; RAMOS, Y. C.; MOURÃO FILHO, F. D. A. A. Trifoliate hybrids as alternative rootstocks for ‘Valencia’sweet orange under rainfed conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 235, p. 397-406, 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. Disponível em:

<http://faostat.fao.org>. Acesso em: 15 de novembro de 2020.

FAO, Foo and Agriculture organization of the united notions. Safra do limão em 2018. Disponível em <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/citros/en/>. Acessado em 23/01/2021.

FIGUEIREDO, J. O. D.; STUCHI, E. S., DONADIO, L. C.; TEÓFILO SOBRINHO, J. O. A. Q. U. I. M.; LARANJEIRA, F. F.; PIO, R.; SEMPIONATO, O. R. Porta-enxertos para a lima-ácida-'‘‘Tahiti’’'na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 155-159, 2002.

FURLAN A.; LLANES, A., LUNA, A., CASTRO, S. Physiological and Biochemical Responses to Drought Stress and Subsequent Rehydration in the Symbiotic Association Peanut-Bradyrhizobium sp. **ISRN Agronomy**, p. 1-8, 2012.

GERALDINI, F.; RIBEIRO, M.C. Lima ácida tahiti: mercado e perspectivas para 2019.Revista Hortifruti Brasil. Disponível em: https://www.hfbrasil.org.br/upload/kceditor/files/Dia%20do%20Lima%cc%83o%20PDF.pdf.Acesso em: 05 de janeiro de 2021.

GIMENES-FERNANDES, N.; BASSANEZI, R. B. Doença de causa desconhecida afeta pomares cítricos no norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro. **Summa Phytopathologica**, v. 27, p. 93, 2001.

HARRISON M. Cross-talk between phytohormone signaling pathways under both optimal and stressful environmental conditions. In: Khan NA, Nazar R, Iqbal N, Anjum NA (eds) **Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants**. Springer, Berlin, p. 49–76, 2012.

HARTUNG, W.; SAUTER, A.; HOSE, E. Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to?. **Journal of experimental botany**, v. 53, n. 366, p. 27-32, 2002.

HODGSON, R. W. Horticultural varieties of Citrus. In: REUTHER, W.; WEBBER, H. J.; BATCHELOR, L. D. **The Citrus industry.** Berkeley: University of California, v. 1, p. 431-591, 1967.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>. Acesso em: 04/11/2020.

JONES, HAMLYN G. et al. How do rootstocks control shoot water relations?. **New Phytologist**, v. 194, n. 2, p. 301-303, 2012.

JONES, H. G. **Plants and microclimate**: A quantitative approach to environmental plant physiology . 2nd. Ed. Cambridge University Press, 85p, 1992.

KEUNEN, E. L. S.; PESHEV, D.; VANGRONSVELD, J.; VAN DEN ENDE, W. I. M.; CUYPERS, A. N. N. Plant sugars are crucial players in the oxidative challenge during abiotic stress: extending the traditional concept. **Plant, cell e environment**, v. 36, n. 7, p. 1242-1255, 2013.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. Water relations of plants and soils. Academic **Press, New York**, 1995.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 452p, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos. 531p., 2000.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plants, Cell and Environment**, v. 25, p. 275-294, 2002.

LOPES, J. M. S.; DÉO, T. F. G.; ANDRADE, B. J. M.; GIROTO, M.; FELIPE, A. L. S.; JUNIOR, C. E. I.; BUENO, C. E. M. S.; SILVA, T. F.; LIMA, F. C. C. Importância econômica do citros no Brasil. **Revista Científica de Agronomia,** v. 2, n. 2, p. 1-4, 2011.

LU, N.; WANG, M.; NING, B.; YU, D.; FU, B. Research advances in ecosystem services in drylands under global environmental changes. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, p. 92–98, 2018.

MANZI, M.; LADO, J.; RODRIGO, M. J.; ZACARÍAS, L.; ARBONA, V.; GÓMEZ-CADENAS, A. ABA accumulation in dehydrated roots: role of carotenoids and aerial tissues. **Citrus Research e Technology**, v. 37, n. 1, p. 10-18, 2014.

MARCONDES, P.T.S. Manejo do florescimento e da produção de lima ácida Tahiti com reguladores de crescimento e crescimento de derriça. Dissertação (Mestrado em Fruticultura Tropical) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1991.

MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; DE FIGUEIREDO, J. O.; POMPEU JUNIOR, J.Citros: principais informações e recomendações de cultivo. **Boletim técnico**, v. 200, 2005.

MOREIRA, C.S.; PIO, R. M. Melhoramento de citros. In:RODRIGUEZ, O.;VIÉGAS, F.; POMPEU, J. JUNIOR.;AMBRÓSIO AMARO,A.A. (Org.).Citricultura Brasileira. Campinas: **Fundação Cargill**. v. 1, p. 116-152. 1991.

MULLER, G. W.; NEGRI, J. D.; AGUILAR-VILDOSO, C. I.; MATTOS JÚNIOR, D.; POMPEU JÚNIOR, J.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; CARVALHO, S.A.; GIROTTO, L. F.; MACHADO, M. A. Morte Súbita dos Citros: uma nova doença na citricultura brasileira. **Laranja**, v. 23, n. 2, p.371-386, 2002.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; LOPES, F. F.; KALAKI, R.; MILAN, P. **O Retrato da Citricultura Brasileira**. In: NEVES, M. F. (Coord.). 1. ed. Ribeirão Preto: Markestrat, p. 138, 2010.

NOBRE, C. A; MARENGO, J. A. Water crises and megacities in Brazil: Meteorological context of the São Paulo drought of 2014–2015. *Global Water Forum*. http://www.globalwaterforum.org/2016/10/17/water-crises-and-megacities-in-brazil-meteorological-context-of-the-sao-paulo-drought-of-2014-2015/ (2016).

NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, R.C. dos. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 41-45. 2000.

OLIVEIRA, M. A. J. D.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. D. A.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 59-63, 2002.

OLIVEIRA, S. L.; COELHO, Y. S. Evapotranspiração dos citros em Cruz das Almas, Bahia. Cruz das Almas, **Embrapa/CNPMF-Circular Técnica (IFOTECA-E)**, 1980.

PASSOS, O. S.A citricultura no mundo e no Brasil. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documentos (INFOTECA-E)**, 1990.

PASSOS, O. S.; FILHO, W. DOS S. S.; SOBRINHO, A.P. DA C. Classificação Botânica. **Filho, HPS, Magalhães, AF de J., Coelho, Y. da S.(Ed.) Citros–500 Perguntas**, v. 500, p. 15-18, 2005.

PELEG Z.; BLUMWALD E. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. **Current opinion in plant biology**, v. 14, n. 3, p. 290-295, 2011.

PENNA, L. D.; AROUCA, M. B.; DE MELLO PRADO, R.; ROZANE, D. E.; CAMARA, H. Crescimento de mudas de lima ácida'‘‘Tahiti’’', enxertadas em'flying dragon'em função da fertirrigação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Nucleus**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 2012.

PEREZ, R. C.; MALGARIM, M. B.; FARIAS, P. C. D. M.; LOY, F. S.; DE ANDRADE, S. B.; GOULART, C.; BENDER, A. Desempenho agronômico da lima ácida Tahiti (Citrus latifolia Tanaka), sobre diferentes porta-enxertos. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 1126-1135, 2017.

PEZZOPANE, J. E. M.; PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F.; AMARAL, J. F. T. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. s. n.t, 2014.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. **Seropédica: Edur**, 2004.

PIO, R.; RAMOS, J. D.; GONTIJO, T. C.; CARRIJO, E. P.; COELHO, J. H.; ALVARES, B. F.; MENDONÇA, V.Enraizamento de estacas dos porta-enxertos de citros 'Flying Dragon' e 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.3, p. 195-198, 2002.

PIRES, R. C. M.; LUCHIARI, D. J. F.; ARRUDA, F. B.; MOSSAK, I. Irrigação. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, p. 369-408, 2005.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Laranjeiras e seus porta-enxertos nos viveiros de mudas cítricas do Estado de São Paulo em 2004-2007. **Laranja**, v.29, p.35-50, 2008.

POMPEU JUNIOR, Jorgino; BLUMER, Silvia. Citrumelos como porta-enxertos para a laranjeira'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 105-107, 2011.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta - enxertos. In: MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, P. **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas; Fundag, p. 61-104, 2005.

POMPEU JUNIOR, J. Rootstocks and scions in the citriculture of the São Paulo State. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN**, p. 75-82, 2001.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta – enxertos para citros. In: Rodriguez O; Viégas FCP (Eds). Citricultura brasileira. Campinas: Fundação Cargill 1: 1980.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; BLUMER, S. Morfologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, p.106-122,2005.

REAY, Dave. Climate-smart orange juice. In: **Climate-Smart Food**. Palgrave Pivot, Cham. p. 9-19, 2019.

REUTHER, W. Climate and citrus behavior. In: REUTHER, W. (Ed.) **The citrus industry**. Riverside: University of California, v.3, p.280-337, 1973.

RODRIGUES, M. J.; NETO, R. A.; LESSA, L.; GIRARDI, E. A.; SOARES FILHO, W. Desempenho agronômico de lima ácida Tahiti em combinação com diferentes porta-enxertos em Capixaba, Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, 2018.

ROSA, M.; PRADO, C.; PODAZZA, G.; INTERDONATO, R.; GONZALEZ, J. A.; HILAL, M.; PRADO, F. E. Soluble sugars - metabolism, sensing and abiotic stress. **Plant Signaling e Behavior**, v. 4, n. 5, p. 388-393, 2009.

ROSSI, P.L.; PANDOLFI, M.A.C. Análise de mercado da lima ácida Thaiti.Revista Interface Tecnológica, v.16, n. 2, p. 255-263, 2019.

ROUISS, H.; BAKRY, F.; FROELICHER, Y.; NAVARRO, L.; ALEZA, P.; OLLITRAULT, P. Origin of C. latifolia and C. aurantiifolia triploid limes: the preferential disomic inheritance of doubled-diploid 'Mexican'lime is consistent with an interploid hybridization hypothesis. **Annals of botany**, v. 121, n. 3, p. 571-585, 2018.

SAMI, F.; YUSUF, M.; FAIZAN, M.; FARAZ, A.; HAYAT, S. Role of sugars under abiotic stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 109, 54e61, 2014.

SANTOS, R.C.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SCHLAEPFER, D. R.; BRADFORD, J. B.; LAUENROTH, W. K.; MUNSON, S. M.; TIETJEN, B.; HALL, S. A., WILSON, S. D.; DUNIWAY, M. C.; JIA, G.; PYKE, D. A.; LKHAGVA, A.; JAMIYANSHARAV, K. Climate change reduces extent of temperate drylands and intensifes drought in deep soils. **Nature Communication**, v. 8, 14196, 2017.

ROMAN, M.P.; CAMBRA, M.; JUAREZ, J.; MORENO, P.; DURAN-VILA, N.; TANAKA, F.A.O.; ALVES, E.; KITAJIMA, E.W.; YAMAMOTO, P.T.; BASSANEZI, R.B.; TEIXEIRA, D.C.; JESUS JUNIOR, W.C.; AYRES, A.J.; GIMENES-FERNANDES, N.; RABENSTEIN, F.; GIROTTO, L.F.; BOVÉ, J.F. Sudden death of citrus in Brazil: a graft-transmissible bud union disease. **Plant Disease**, v.88, p.453-467, 2004.

SANTANA-VIEIRA, D.D.S.; FRESCHI, L.; DA HORA ALMEIDA, L.A.; MORAES, D.H.S.; NEVES, D.M.; SANTOS, L.M.;et al. Survival strategies of citrus rootstocks subjected to drought.**Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2014.

SANTOS, A. S.; NEVES, D. M.; SANTANA-VIEIRA, D. D. S.; ALMEIDA, L. A. H.; COSTA, M. G. C.; SOARES FILHO, W. S.;e GESTEIRA, A. S. Citrus scion and rootstock combinations show changes in DNA methylation profiles and ABA insensitivity under recurrent drought conditions. **ScientiaHorticulturae**, v. 267, p. 109313, 2020.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, p.7-13, 2010.

SIMONTACCHI, M.; GALATRO, A.; RAMOS-ARTUSO, F.; SANTA-MARÍA, G. E. Plant survival in a changing environment: the role of nitric oxide in plant responses to abiotic stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, 977, 2015.

SMIRNOFF, N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficitand desiccation. **New Phytotogist**., v. 125, 27-58, 1993.

SINGH, M.; KUMAR, J.; SINGH, S.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: a review. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 14, n. 3, p. 407-426, 2015.

SOARES FILHO, W. D. S.; STUCHI, E. S.; RAMOS, Y. C.; GIRARDI, E. A.; GESTEIRA, A. D. S.; PASSOS, O. S. (2011). Porta-enxertos semiananicantes para laranjeira'Valência'. In: **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE

PLANTAS, 4., 2011, Búzios. Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil:[anais]. Búzios: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2011. 1-CD ROM., 2011.

SOARES, L. A. D. A.; BRITO, M. E.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S. D.; SOARES FILHO, W. D. S.; OLIVEIRA FILHO, E. S. D. Crescimento de combinações copa-porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 211-217, 2015.

SOUZA, C. R. D.; SOARES, Â. M.; REGINA, M. D. A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1221-1230, 2001.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A. Utilização de práticas culturais na citricultura frente ao Huanglongbing. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 191), 77 p, 2010.

STUCHI, E.S.; DONADIO, L.C.; SEMPIONATO, O.R. Performance of Tahiti lime on Poncirus trifoliata var. montrosa Flying Dragon on four densities. **Fruits** v.58, p.13-17, 2003.

SULZBACH, M.; DE OLIVEIRA, R. P.; GIRARDI, E. A.; SCHWARZ, S. F.; BERTOLINI, E.; SCHNEIDER, L. A.; GONZATTO, M. P. Huanglongbing (hlb) dos citros e estratégias de manejo visando prevenção e controle. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, 2017.

SWINGLE W. T. P. C. REECE. The botany of Citrus and its wild relatives. InW. Reuther, H. J. Webber, and L. D. Batchelor [eds.], The citrus industry, **History, world distribution, botany, and varieties**, v. 1, p. 190–430, 1967.

TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed,. 954p, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A.**Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p, 2017.

TURNER, N. C. Adaptation to water deficits: a changing perpective.Austr. J. **Plant Physiol**. v. 43: p. 175- 190, 1986

UMEZAWA, T.; FUJITA, M.; FUJITA, Y.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K. Engineering drought tolerance in plants: discovering and tailoring genes to unlock the future. **Current Opinion in Biotechnology**. v. 17, p. 113-122. 2004.

VIEIRA, D.G. Irrigação de citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.A. **Citricultura Brasileira**, 2 ed. Campinas: Fundação Cargill. p. 519-541,1991.

WEBBER, J. H. History and development of the Citrus industry. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L D.; WEEBER, H. J. (Ed.). **The citrus industry**. Berkeley: University of California Press, p. 1-39, 1967.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. **Photosynthetica**, v. 38, n. 2, p. 171-186, 2000.

ZANDALINAS, S.I.; RIVERO, R.M; MARTÍNEZ, V.; GÓMEZ-CADENAS, A.; ARBONA, V. Tolerance of citrus plants to the combination of high temperatures and drought is associated to the increase in transpiration modulated by a reduction in abscisic acid levels. **BMC Plant Biology**, v.16, n.105, 2014.

ZULIAN, A.; DORR, A. C.; ALMEIDA, S. C. Citricultura e agronegócio cooperativo no Brasil. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 11, p. 2290-2306, 2013.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização, Material Vegetal e Características de solo

O experimento foi conduzido em campo experimental na Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas, na região do Recôncavo, estado da Bahia, localizado às coordenadas geográficas 12º40'39"S de latitude, 39º06'23"W de longitude e altitude de 225 m, onde se encontra há quatro anos um pomar de lima ácida 'Tahiti' (Figura 2).

Figura 2- Vista aérea da área experimental, setor de irrigação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, registrada por drone. Cruz das Almas- BA

Foram utilizados três porta-enxerto em combinação com a lima ácida 'Tahiti' (Tabela 1), formando as seguintes combinações: TAL/SWC, TAL/FYD e TAL/BSM respectivamente, oriundos do pomar cuja área compreende cerca de 2, 964 m², implantado no ano de 2016 com espaçamento de 4 x 2,5 m e irrigado por gotejamento.

Tabela 1. Relação de porta-enxertos utilizados. Cruz das Almas, BA.

1. Citrumelo Swingle (*Citrus paradisi* Macf. **x** *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.)
2. Flying Dragon (*Poncirus trifoliata L.*)
3. BRS Matta (*Citrus sunki hort. Ex Tanaka* **x** *P. trifoliata* var. monstrosa (T. Ito) Swingle)

O solo da área experimental é caracterizado como Oxissolo Amarelo distrocesivo com os seguintes horizontes: Ap: 0-0,09 m, AB: 0,09-0,38 m, Bw1: 0,38-0,72 m, e Bw2: 0,72-1,20 m. A caracterização físico-hídrica (SAMPAIO, et al., 2021) e química do solo são apresentadas nas Tabelas 2 e 3. A correção da acidez do solo e a fertilização das árvores seguiram as recomendações técnicas da Embrapa para o solo e região de estudo.

Tabela 2. Granulometria dos horizontes Ap (0-0,09 m), AB (0,09-0,38 m), Bw1 (0,38-0,72 m) e Bw2 (0,72-1,20 m) e classificação textural do Latossolo Amarelo distrocoeso no campo experimental da Embrapa Mandioca & Frutas, Cruz das Almas, Bahia.

Composição granulométrica (g kg-1)									
	AREIA								Classificação
Horizontes	VC[1]	C	A	F	VF	Total	Silto	Argila	Textual
Ap	34	97	139	193	34	497	154	349	Argila arenosa
AB	32	111	158	244	62	607	147	246	Franco argila arenosa
Bw1	35	111	127	179	48	500	128	372	Argila arenosa
Bw2	22	88	116	168	23	417	170	413	Argila arenosa

Legenda: VC - muito grosso, C - grosso, A - médio, F - fino, VF - muito fino.

Tabela 3. Resultado da análise química do solo realizada pelo Laboratório de Química do Solo da Embrapa/CNPMF. Cruz das Almas, BA.

Z(m)	pH	P	K	Ca	Mg	Mg+ Ca	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V	MO
		mg dm-3				cmolc dm-3 kg-1							% g
0-20	6	47	0,31	1,7	0,82	2,52	0	0,03	1,87	2,86	4,73	60	11
20-40	6,3	17	0,24	1,27	0,67	1,94	0	0,04	1,98	2,22	4,2	53	7

Profundidade (z), potencial hidrogeniônico (pH), potássio (K), cálcio(Ca) magnésio (Mg), magnésio mais cálcio (Mg+Ca), Alumínio (Al), Sódio (Na), hidrogênio mais alumínio (H+Al), saturação por base (SB), capacidade de troca de cátion (CTC), matéria orgânica (MO).

Durante o período do experimento foram feitos tratos culturais para o controle das plantas daninhas e pragas, as adubações de cobertura foram realizadas na área de projeção da copa com fontes de nitrogênio e potássio, parceladas duas vezes no ano, de acordo com o período da chuva (AZEVEDO, 2003).

4.2 Variáveis climáticas

De acordo com a classificação de Köeppen, o clima da região é uma transição do tipo Am a Aw (tropical subúmido a seco). O município apresenta pluviosidade média anual de 1170 mm, com maiores concentrações de chuvas nos meses de março a agosto, enquanto os períodos de maior estiagem correspondem aos meses de setembro a fevereiro (GUIMARÃES et al., 2016).

Durante o experimento, a temperatura média no campo foi de 23,5°C, com máxima e mínima variando de 19,1°C a 32,2°C, no período de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021. As informações referentes à Temperatura mínima (T.min), Temperatura média (T.med), máxima (T.max) e precipitação pluvial (Prec.) (Figura 4), foram obtidas na estação automática da Embrapa Mandioca e Fruticultura na cidade de Cruz das Almas, BA, a partir da aquisição de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições em esquema fatorial de 3x4, sendo três porta-enxertos e quatro tratamentos de irrigação. Cada parcela experimental foi composta por seis plantas, das quais, quatro plantas representaram a parcela útil, em conformidade com os tratamentos aplicados. Os tratamentos foram denominados por: cultivo em condições de sequeiro (T1), irrigação permitindo 60% de esgotamento da água disponível no solo (T2), irrigação permitindo esgotamento de 50% (T3), e irrigação permitindo esgotamento de 30% (T4). Os níveis de irrigação foram definidos com base no balanço de água no solo. A definição do momento de irrigar, foi realizada por meio do monitoramento da umidade do solo com sondas TDR (*Time Domain Reflectometry*).

As plantas foram irrigadas por sistema de gotejamento com quatro emissores por planta com vazão de 4 L hora. A linha de gotejamento estava localizada a 30 cm do tronco da planta, há disposição de 4 linhas de derivação, cada uma com 3 linhas laterais, com exceção da 1 e 4 por incluir as linhas da bordadura, totalizando 4 linhas, seis gotejadores por planta. Sendo elas responsáveis pelos diferentes tipos de manejos aplicados na cultura. Para que haja o mínimo de interferência do regime hídrico entre os tratamentos, o experimento foi disposto do menos irrigado para o mais irrigado.

As avaliações tiveram início no mês de outubro de 2020, a partir da avaliação do solo e da implantação das sondas para medição da umidade do solo.

4.4 Umidade do solo

O teor de água do solo foi monitorado diariamente durante todo o período de avaliação do experimento, a partir de valores de constante dielétrica com uso de TDR. TDR, de 0,10 m e 0,15 m de comprimento, foram construídas no Laboratório de Irrigação e Drenagem da Embrapa Mandioca e Fruticultura. As sondas foram construídas com três hastes de aço inoxidável de 0,003 m de diâmetro, com comprimento de 0,13 m e espaçadas de 0,022 m, isoladas com resina de poliéster, com cabos coaxiais RG58 (50 ohms).

As sondas TDR foram cuidadosamente introduzidas no solo em diferentes profundidades, procurando-se evitar a formação de lacunas de ar entre as hastes e o solo, o que poderia comprometer as leituras. Foram instaladas a uma distância de 1,25 m entre uma planta e outra. As profundidades de instalação das sondas foram: 0,10; 0,30; 0,55 e 0,90 m (Figura 3).

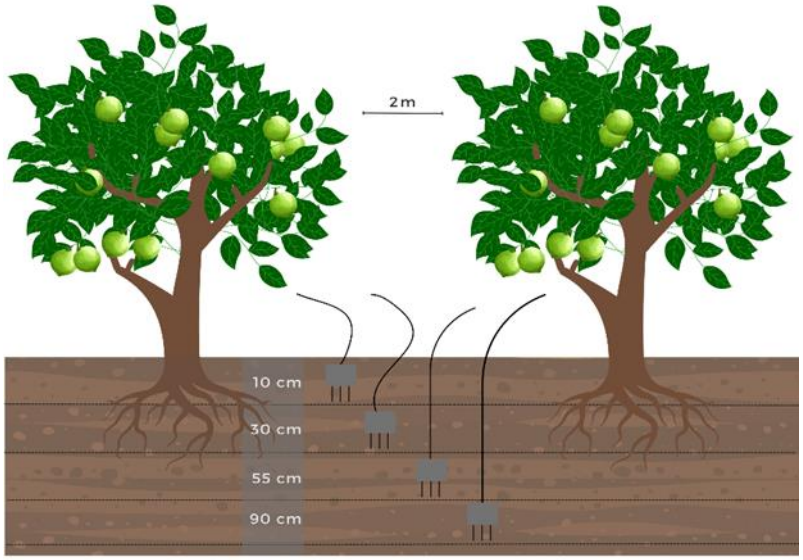

Figura *3*- Ilustração das posições das sondas de TDR no perfil do solo.

4.5 Conteúdo relativo de água (CRA)

O conteúdo relativo de água foi determinado de acordo com a técnica descrita por Barrs e Weatherley (1962). Quatro folhas foram selecionadas de cada planta e dezesseis discos foliares foram confeccionados com o auxílio de um cilindro de metal com diâmetro de 2 cm. Os discos de folhas foram pesados para determinar o peso fresco (FW) e em seguida, armazenado em tubo de 50 mL contendo água destilada a 4 ° C por 24 horas e pesado no dia seguinte para determinação do peso túrgido (TW). Para determinação do peso seco (DW), os discos foliares foram secos a 70 ° C e, posteriormente, pesados.

O CRA foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

RWC (%) = FW-DW/TW-DW ×100

4.6 Potencial hídrico foliar (ΨL)

O ΨL foi determinado utilizando a segunda ou terceira folha totalmente expandida e madura do ápice da planta, no período das 8 às 10h da manhã. As folhas foram destacadas com auxílio de lâmina e o ΨL foi medido em câmara de pressão Scholander (M670, PMS Instrument Co, Albany, OR, EUA). As medições foram realizadas a partir da aplicação dos tratamentos.

4.7 Potencial Osmótico foliar

Para a determinação da osmolaridade total do tecido foliar, foram coletadas folhas do terço médio da parte aérea da planta, as quais foram prensadas com auxilio de um cilindro metálico confeccionado para este objetivo. 10 µL da seiva obtida do tecido foram utilizados para a determinação da osmolaridade do tecido, com um osmômetro de pressão de vapor Vapro 5520 (Wescor, Inc., Logan, USA). O osmômetro foi calibrado previamente com soluções de NaCl com concentrações conhecidas ($mmol.Kg^{-1}$). Os valores obtidos em $mmol.Kg^{-1}$ foram convertidos em potencial osmótico, por meio da equação de Van'tHoff, através da fórmula:

$$\Psi\pi = - R . T . C$$

onde, o R é dado pela constante dos gases 0,00813; T é a temperatura em Kelvin e C é a concentração do extrato do soluto em mmol/Kg convertida a moles.

4.8 Trocas gasosas

A Concentração interna de CO_2 (Ci), condutância estomática (gs), Transpiração (E) e fotossíntese (A) foram estimadas logo após a aplicação dos tratamentos, com uso de um analisador de gases a infravermelho portátil (IRGA) modelo LI-1600 (Li-cor, Nebraska, USA) entre 8h e 10h da manhã. Através da relação dos valores de 'A' e 'E' calculou-se a eficiência do uso da água (EUA). As medidas foram realizadas em uma folha totalmente expandida, situada entre a primeira e a quinta folha após o ápice do ramo.

4.9 Fluorescência de clorofila

As medidas de emissão de fluorescência da clorofila foram realizadas nos diferentes tratamentos, utilizando as mesmas folhas usadas para a medição das trocas gasosas. As folhas selecionadas foram submetidas a um período de adaptação ao escuro por 20 minutos, suficiente para a oxidação completa dos centros de reação. Foi usado o medidor portátil de luz modulada (opti- Sciences, modelo OS5p, Hudson, USA). Os sinais de fluorescência foram registrados no sistema de aquisição de dados do aparelho, que calcula automaticamente as fluorescências mínima (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência fotossintética máxima (Fv/Fm).

4.10 Análise estatística

As médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey, a um nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A falta de precipitação pluviométrica (Figura 4) durante quase todo o mês de dezembro de 2020 favoreceu a aplicação dos tratamentos de irrigação. As combinações foram avaliadas quanto ao status hídrico (primeira avaliação) e com relação às trocas gasosas e fluorescência da clorofila. Estes últimos ocorreram nos dias 28 de dezembro de 2020 e 10 de fevereiro de 2021, período que corresponde às maiores temperaturas e índices pluviométricos mais baixos.

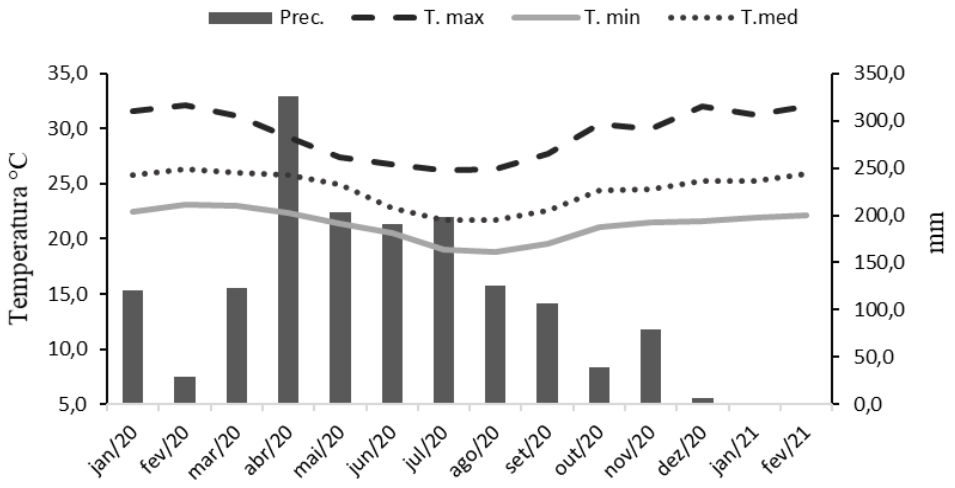

Figura 4- Média das temperaturas mínima (T.min), máxima (T.max), média (T.med) e precipitação pluvial (Prec.) referentes ao período de janeiro de 2020 a fevereiro de 2021, a partir da estação automática da Embrapa Mandioca e Fruticultura na cidade de Cruz das Almas, BA.

Conteúdo relativo de água (CRA)

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre a interação porta-enxertos e tratamentos de irrigação para variável conteúdo relativo de água na folha (CRA), em que se observou maior decréscimo no tratamento de sequeiro (T1) seguido pelo T2 (Figura 5), demonstrando que as combinações foram afetadas pelo déficit hídrico.

A lima ácida 'Tahiti' enxertada no porta-enxerto Flying Dragon (TAL/FYD) foi a mais afetada negativamente, com declínio de 44% para a variável CRA no tratamento de sequeiro, diferindo estatisticamente das demais combinações. Esse fato confirma as observações empíricas, pois as folhas dessa combinação estavam visualmente mais murchas e enroladas quando comparadas às combinações de lima ácida 'Tahiti' enxertada no Citrumelo Swingle (TAL/SWC) e BRS Matta (TAL/BSM). A turgescência celular foliar diminui quando a umidade do solo decresce, a fim de criar uma diferença de potencial que leva ao movimento de água em direção as células e tecidos mais secos (PIMENTEL, 2004).

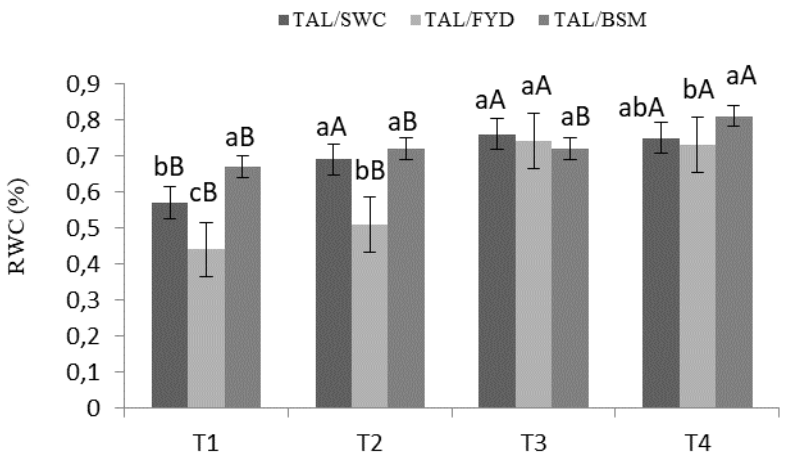

Figura 5- Conteúdo relativo de água (RWC %) das combinações TAL/SWC, TAL/FYD e TAL/BSM nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Letras minúsculas indicam diferença estatística entre os porta-enxertos dentro de cada tratamento. Letras maiúsculas indicam diferença estatística entre os tratamentos dento de cada porta-enxerto. De acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras indicam erro padrão. Cruz das Almas-BA.

Valores de CRA abaixo de 70% observados nos tratamentos T1 e T2 são característicos de respostas a deficiência hídrica no solo. Valores semelhantes foram observados em 'Tahiti' sob 'Limão Cravo' e 'Sunki Maravilha' em condição de seca recorrente no trabalho de Santos et al. (2020). Não houve diferença significativa entre os porta-enxertos Citrumelo Swingle e BRS Matta para a variável CRA nos tratamentos T2, T3 e T4.

Potencial hídrico foliar (Ψ_L) e Potencial osmótico da folha ($\Psi\pi$)

O tratamento de sequeiro (T1) foi o que mais afetou negativamente o potencial hídrico foliar (Ψ_L) das combinações, principalmente a do Flying Dragon que apresentou uma redução significativamente (-2,96 MPa), mais acentuada em relação às outras combinações (Figura 6A), evidenciando a suscetibilidade à seca desse genótipo.

Os porta-enxertos Citrumelo Swingle e BRS Matta não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) em todos os tratamentos, obtendo os maiores valores de Ψ_L nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica e valores abaixo de -1 MPa nos tratamentos T1 e T2. Na citricultura valores de Ψ_L igual ou menores que -2 MPa são considerados severos (MEDINA et al., 2005), este fato ocorreu no porta-enxerto Flying

Dragon no tratamento T1, enquanto que os demais não apresentaram valores igual ou inferior a -2 MPa.

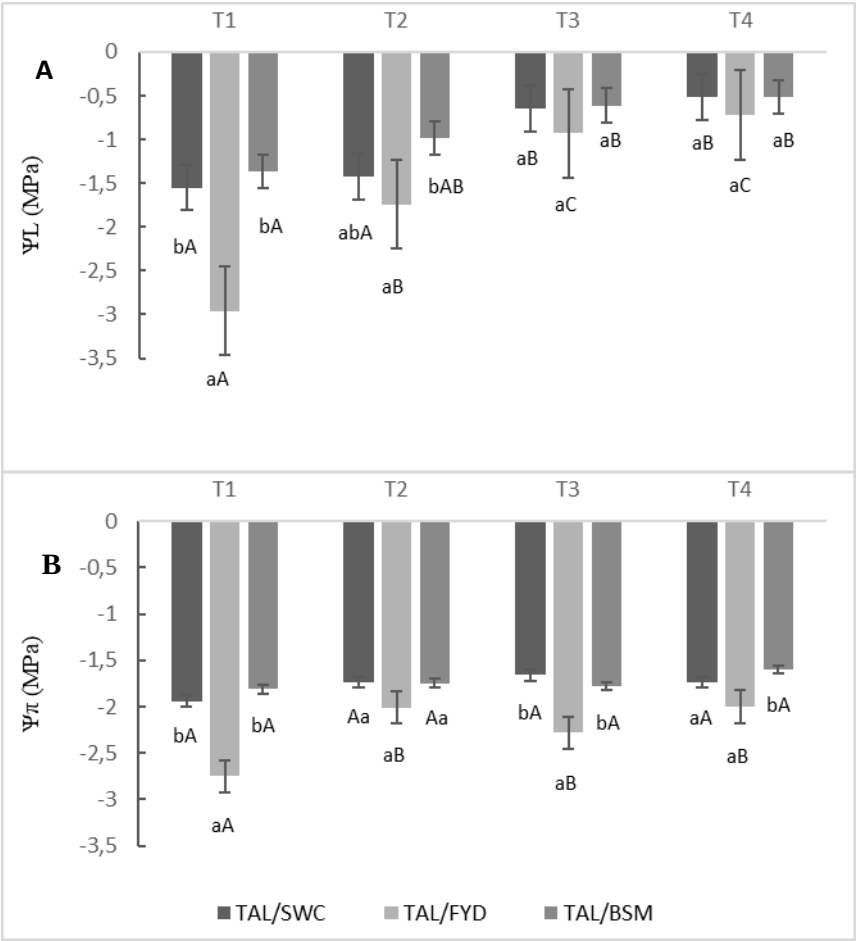

Figura 6- Potencial hídrico foliar (A) e Potencial Osmótico (B) das combinações TAL/SWC, TAL/FYD e TAL/BSM nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Letras minúsculas indicam diferença estatística entre os porta-enxertos dentro de cada tratamento. Letras maiúsculas indicam diferença entre os tratamentos dentro de cada porta-enxerto. De acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras indicam erro padrão. Cruz das Almas-BA.

Os resultados de Ψ_L corroboram com os obtidos por Brito (2018), que em seu trabalho com estratégias de manejo de irrigação em lima ácida 'Tahiti', verificou Ψ_L sempre abaixo de -1 MPa nos tratamentos de menor disponibilidade hídrica no solo no período mais seco de avaliação. Outros autores também verificaram valores semelhantes (ALVES JUNIOR et al., 2005; CERQUEIRA et al., 2004; DONATO et al., 2007), demonstrando que o desenvolvimento de plantas cítricas estão sujeitas a um menor desempenho devido à baixa precipitação pluvial, além da distribuição desuniforme das

chuvas ao longo do ano, principalmente em regiões semiáridas. Pois há necessidade de 900 a 1200 mm de requerimento hídrico bem distribuído por ano para que as plantas cítricas obtenham bom desempenho (DONATO et al. 2007). Portanto, a prática da irrigação faz-se necessária em regiões sujeitas a períodos de seca visando melhorar o desempenho e produtividade da cultura (BRITO et al., 2018).

Vale ressaltar que além da diminuição do Ψ_L sob disponibilidade hídrica reduzida, pode ocorrer também uma redução desta variável com o aumento da temperatura, estando relacionado com o aumento da taxa de transpiração (Cruz et al., 2007). Conforme os dados climáticos (Figura 3) a temperatura média máxima durante o mês de dezembro, período em que foram realizadas as análises de Ψ_L foi de 32 °C. Ramos et al. (2001), ressaltam que para o melhor desenvolvimento de 'Tahiti' é recomendado temperaturas médias em torno de 25 a 31 °C. O clima quente também pode ter interferido nos Ψ_L em todos os tratamentos.

Quanto ao potencial osmótico da folha ($\Psi\pi$), valores mais baixos foram observados na combinação de lima ácida 'Tahiti' enxertada no porta-enxerto Flying Dragon (-2,75 MPa) no tratamento T1 comparado as demais combinações (Figura 6B). Decréscimos do potencial osmótico ocorrem devido ao acúmulo de solutos solúveis nas células e constituem uma das respostas ao estresse por déficit hídrico (CAVALCANTE et al., 2009), podendo levar ao ajustamento osmótico que permite ao vegetal manter a turgescência mesmo com baixos valores de potencial hídrico (HOPKINS, 2003). Esse fato provavelmente não ocorreu com o porta-enxerto Flying Dragon, pois, como comentado anteriormente, foi nítido o efeito do déficit hídrico sobre a turgescência foliar.

Trocas Gasosas Foliares

Não teve efeito significativo ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey na interação porta-enxertos e tratamentos de irrigação para a variável concentração interna de CO_2 (Ci) na avaliação do dia 28 de dezembro, porém houve efeito na segunda avaliação realizada em 10 de fevereiro (Figura 7, Tabela 4), evidenciando maior concentração de Ci no tratamento de sequeiro (T1) com ênfase para o porta-enxerto Flying Dragon que apresentou a maior média diferindo estatisticamente dos demais. Geralmente sob condição de deficiência hídrica há uma queda de Ci em decorrência do fechamento estomático. Todavia, é possível ocorrer aumento de Ci devido à diminuição na atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de CO_2, diminuição na carboxilação ou

aumento de fotorespiração (MACHADO et al., 1999; MATTOS JUNIOR et al., 2005). Isso pode ter ocorrido com os porta-enxertos no tratamento T1 especialmente o G2, justificando o aumento de Ci. Além disso, o aumento na taxa de assimilação de CO2 pode também está relacionado à maior concentração de CO2 constatada no interior das folhas, o que pode decorrer do fechamento estomático em resposta ao estresse (JADOSKI et al., 2005).

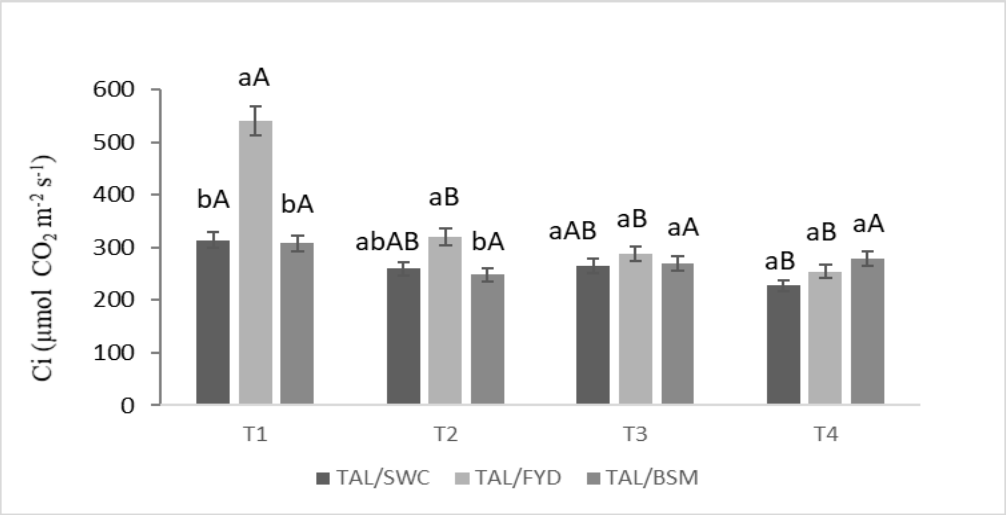

Figura 7- Concentração interna de CO2 (Ci) das combinações TAL/SWC, TAL/FYD e TAL/BSM nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Letras minúsculas indicam diferença estatística entre os porta-enxertos dentro de cada tratamento. Letras maiúsculas indicam diferença entre os tratamentos dentro de cada porta-enxerto. De acordo com teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras indicam erro padrão. Cruz das Almas-BA.

Tabela 4. Análise de variância da concentração interna de CO2 (CI), transpiração (E), condutância estomática (gs), fotossíntese (A) e eficiência do uso da água (EUA) dos porta-enxertos Citrumelo Swingle (G1), Flying Dragon (G2) e BRS Matta (G3) nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Cruz das Almas, BA

28 de dezembro de 2020

FV	CI (mmol m^{-2} s^{-1})	E (mmol H2O m^{-2} s^{-1})	GS (mol H2O $m^{-2}s^{-1}$)	A (µmol CO2 m^{-2} s^{-1})	EUA
PORTA-ENXERTOS					
Citrumelo Swingle	288,9ab	0,83ab	0,2ab	1,66b	1,95a
BRS Matta	255,9b	0,63b	0,15b	2,68a	1,46a
Flay Dragon	332,45a	1,05a	0,29a	1,06b	2,55a
MANEJO DA IRRIGAÇÃO					
T1	322,4a	0,75a	0,17a	1,16b	1,13b
T2	327,33a	0,75a	0,18a	1,53b	1,46ab
T3	280,66a	0,78a	0,2a	1,86ab	2,35ab
T4	238,4a	1,07a	0,29a	2,65a	3,01a
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
Porta-enxertos	$0,05^{ns}$	0,00**	0,00**	0,00**	$0,17^{ns}$
Manejo da irrigação	$0,05^{ns}$	$0,07^{ns}$	$0,1^{ns}$	0,00**	0,02*
Porta-enxertos* Manejo da irrigação	$0,62^{ns}$	$0,97^{ns}$	$0,99^{ns}$	$0,96^{ns}$	$0,82^{ns}$
Média geral	292,2	0,84	0,21	1,8	1,99
CV(%)	33,19	46,57	66,32	59,24	90,9

10 de fevereiro de 2021

FV	CI (mmol m^{-2} s^{-1})	E (mmol H2O m^{-2} s^{-1})	GS (mol H2O $m^{-2}s^{-1}$)	A (µmol CO2 m^{-2} s^{-1})	EUA
PORTA-ENXERTOS					
Citrumelo Swingle	266,31b	1,17ab	0,41a	3,23b	1,95a
BRS Matta	275,75b	1,35a	0,5a	3,35b	1,83ab
Flay Dragon	350,06a	1,01b	0,36a	1,98a	1,09b
MANEJO DA IRRIGAÇÃO					
T1	387,08a	0,68b	0,19b	0,49c	0,56b
T2	275,33b	1,03b	0,33b	2,41b	1,71a
T3	274,16b	1,42a	0,59a	3,95a	1,97a
T4	252,91b	1,55a	0,59a	4,56a	2,27a
ANÁLISE DE VARIÂNCIA					
Porta-enxertos	0,00**	0,02*	0,10ns	0,00**	0,02*
Manejo da irrigação	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
Porta-enxertos* Manejo da irrigação	0,00**	$0,28^{ns}$	$0,47^{ns}$	$0,18^{ns}$	$0,34^{ns}$
Média geral	297,37	1,18	0,42	2,85	1,62
CV(%)	13,3	29,32	40,23	43,62	55,58

^{ns} Não significativo, * significativo ($p \leq 0,05$) e ** significativo ($p \leq 0,01$) por análise de variância (teste de Tukey). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey no nível de probabilidade de 5%.

Com relação às variáveis condutância estomática (Gs) e transpiração (E), a análise estatística detectou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para o fator porta-enxertos na avaliação em dezembro e fatores porta-enxertos e tratamentos na avaliação em fevereiro (Tabela 4), não sendo observada interação entre porta-enxertos e tratamentos de irrigação. Em ambos os períodos de avaliação o porta-enxerto Flying Dragon apresentou significativamente ($p<0,05$) as menores médias para transpiração foliar (*E* = 0,63 e 1,01 mmol H_2O m² s^{-1}), enquanto o BRS Matta correspondeu aos maiores valores para essa variável (1,05 e 1,4 mmol H_2O m² s^{-1} respectivamente). O fechamento estomático é uma das primeiras linhas de defesa contra a desidratação em plantas cítricas, uma vez que é um processo rápido e flexível, principalmente em curto prazo, diminuindo a transpiração e consequentemente a perda de água (CHAVES, 1991). Conforme Chaves et al. 2009, os estômatos se fecham em respostas ao declínio do turgor foliar, essa afirmação corrobora com nossos resultados pois o porta-enxerto Flying Dragon como mencionado anteriormente destacou-se com menores taxas de CRA e menores médias para Ψ_L nos tratamentos T1 e T2, essas alterações influenciaram nos valores de Gs e E.

Quanto à taxa de fotossíntese (A) também não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação entre porta-enxertos e tratamentos de irrigação em ambos os períodos de avaliação. Todavia, constatou-se efeito dos porta-enxertos e dos tratamentos quando analisados separadamente (Tabela 4). A fotossíntese (A) foi maior no tratamento T4 em ambos os períodos devido maior umidade no solo neste tratamento, não diferindo estatisticamente do T3. A disponibilidade hídrica reduzida no solo pode causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração, reduzindo, consequentemente, a taxa de fotossíntese (SILVA et al., 2010; PEDROSO et al., 2014), que ocorreu nos tratamentos T1 e T2 nos dois períodos de avaliação, com ênfase para o período de fevereiro de 2021 em que nota-se maior redução no tratamento de sequeiro diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) dos demais.

Com relação à diferença da fotossíntese (A) entre os porta-enxertos, observou-se que o porta-enxerto BRS Matta obteve a maior média, sendo diferente estatisticamente dos demais na primeira avaliação e não diferiu do Citrumelo Swingle na segunda avaliação. Esse resultado demonstra uma correlação positiva da fotossíntese tanto com a condutância estomática quanto com a transpiração, mostrando que as respostas dessas variáveis estão relacionadas quando plantas cítricas estão submetidas à condição de seca. Valor médio mais baixo verificado no Flying Dragon na fotossíntese revela que

este genótipo é o mais sensível dentre os três. Pois apesar de não ter tido interação significativa entre porta-enxertos e tratamentos, o tratamento de sequeiro contribuiu para diminuição da fotossíntese.

Sobre a eficiência do uso da água (EUA), houve efeito isolado do fator tratamentos (Tabela 4) para ambos os períodos, demonstrando que os menores valores de EUA ocorreram nos tratamentos estressados, enquanto as plantas foram mais eficientes no T4 (3,01 e 2,27 μmol /mmol respectivamente), não diferindo estatisticamente do T3. Os tratamentos com menores disponibilidades hídricas apresentaram menores EUA porque a restrição hídrica diminuiu a taxa de fotossíntese alterando assim a relação A/E das combinações. Esse foi evidenciado principalmente na segunda avaliação em que se nota menor valor de EUA exclusivamente no T1, diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) dos demais. Resultados semelhantes também foram vistos em outros estudos, em que foi verificado um decréscimo desta variável em combinações de copas/porta-enxertos de citros sob disponibilidade hídrica reduzida (BRITO et al., 2012; MEDINA et al., 1998).

Fluorescência da clorofila

A fluorescência da clorofila é um parâmetro amplamente utilizado em estudos de estresses abióticos, pois a cinética da fluorescência muda em resposta ao estresse (BAKER, 2008). Nesse estudo não foram encontradas diferenças significativas na interação entre porta-enxertos e tratamentos ($p \leq 0,05$) para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência fotossintética máxima (Fv/Fm). Entretanto, houve efeito do genótipo para a variável Fv na avaliação de dezembro de 2020 e efeito do tratamento para esta mesma variável na avaliação em fevereiro de 2021 (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância da fluorescência mínima (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência fotossintética máxima (Fv/Fm)dos porta-enxertos Citrumelo Swingle (G1), Flying Dragon (G2) e BRS Matta (G3) nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4). Cruz das Almas, BA.

28 de dezembro de 2020

FV	Fo	Fm	FV	Fv/Fm
PORTA-ENXERTOS				
Citrumelo Swingle	624,16a	2715,16a	2091ab	0,76a
BRS Matta	606,75a	2914,33a	1922,83b	0,74b
Flay Dragon	670,50a	2593,33a	2307,58a	0,79a
MANEJO DA IRRIGAÇÃO				
T1	668,77a	2671a	2003,22a	0,74b
T2	661,33a	2838,33a	2177a	0,76ab
T3	615,55a	2743,44a	2127,88a	0,77ab
T4	589,55a	2710a	2120,44a	0,78a
ANÁLISE DE VARIÂNCIA				
Porta-enxertos	0,28^{ns}	0,04*	0,00**	0,00**
Manejo da irrigação	0,29^{ns}	0,66^{ns}	0,47^{ns}	0,04*
Porta-enxertos* Manejo da irrigação	0,18^{ns}	0,66^{ns}	0,85^{ns}	0,24^{ns}
Média geral	633,8	2740,94	2107,13	0,76
CV(%)	15,58	10,75	11,28	3,12

10 de fevereiro de 2021

FV	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
PORTA-ENXERTOS				
Citrumelo Swingle	409,08a	1871,08a	1462ab	0,78a
BRS Matta	408,84a	1982,54a	1577,09a	0,75b
Flay Dragon	405,45a	1699,84a	1291b	0,79a
MANEJO DA IRRIGAÇÃO				
T1	424,66a	1799,66a	1375a	0,76b
T2	401,11a	1782,77a	1381,66a	0,77ab
T3	408,66a	1879,88a	1471,22a	0,78ab
T4	397,11a	1910,88a	1513,77a	0,79a
ANÁLISE DE VARIÂNCIA				
Porta-enxertos	0,98^{ns}	0,06^{ns}	0,01**	0,00**
Manejo da irrigação	0,78^{ns}	0,72^{ns}	0,51^{ns}	0,02*
Porta-enxertos* Manejo da irrigação	0,97^{ns}	0,96^{ns}	0,96^{ns}	0,95^{ns}
Média geral	407,88	1843,3	1435,41	0,77
CV(%)	14,91	15,19	16,11	2,27

^{ns} Não significativo, * significativo ($p \leq 0,05$) e ** significativo ($p \leq 0,01$) por análise de variância (teste de Tukey). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey no nível de probabilidade de 5%.

O resultado de fluorescência variável (Fv) que é obtido pela diferença entre Fm e Fo evidenciou uma maior queda desta variável no porta-enxerto Flying Dragon comparado com o BRS Matta, ambos não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) do Citrumelo Swingle e o tratamento de sequeiro resultou nos menores valores de Fv na avaliação feita em fevereiro de 2021. A fluorescência variável demonstra a capacidade do PSII para executar reações fotoquímicas (Baker, 2008). Cruz et al. (2009) também encontram diferenças entre os porta-enxertos avaliados e relaram queda acentuada dessa variável em tangerineiras 'Pokan' e Lima ácida 'Tahiti' após a suspensão da irrigação.

O estresse causado pela deficiência hídrica contribuiu para queda nos valores da relação Fv/Fm no tratamento T1 que diferiu estatisticamente ($p \leq 0,05$) do T4 nos dois períodos avaliados (Tabela 5). A relação Fv/Fm é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do fotossistema II, quando todos os centros de reação estão abertos. A diminuição dessa relação indica a inibição da atividade fotoquímica (BAKER; ROSENQVST, 2004). Além disso, em plantas sob condição de estresse há uma limitação na capacidade de conversão de energia solar em energia química, a absorção excessiva da luz leva a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) ou fotoinibição do fotossistema II (MIYAKE, 2010).

Além dos tratamentos foi constatado efeito significativo ($p \leq 0,05$) do fator porta-enxertos na avaliação realizada em fevereiro de 2021 (Tabela 5), em que foi possível observar que o porta-enxerto Flying Dragon obteve a menor média para esta variável, evidenciando uma maior sensibilidade desse genótipo. O decréscimo da relação Fv/Fm tem evidenciado a respostas das plantas de citros ao estresse hídrico, tornando-se uma maneira importante de monitorar as respostas das plantas ao estresse (CRUZ et al., 2009; GONÇALVES et al., 2016; LOURKISTI et al., 2021). Vale ressaltar que em condições de campo o estresse causado por deficiência hídrica pode ser severo, pois este estresse encontra-se associado a outras condições adversas do ambiente, como temperatura e altas radiações, que podem causar danos mais evidentes à eficiência quântica do fotossistema II (CHAVES, 1991).

6. CONCLUSÕES

Alterações no estado da água foram observadas principalmente na combinação com o porta-enxerto Flying Dragon. Esta combinação mostrou-se sensível à restrição hídrica no solo com reduções significativas do CRA, ΨL, $\Psi \pi$ e trocas gasosas,

indicando sua susceptibilidade à seca do porta-enxerto Flying Dragon sendo necessário manejo adequado de irrigação para manter o equilíbrio da maquinaria fotossintética.

Os porta-enxertos Citrumelo Swingle e BRS Matta apresentaram as melhores respostas, mesmo sobre tratamento de sequeiro mantiveram a turgescência da folha e maiores taxas de fotossíntese. Sob o tratamento de irrigação com 50% de esgotamento de água no solo (T3) ambos os porta-enxertos mantiveram seus aparatos fotossintéticos intactos semelhantes ao do tratamento com maior disponibilidade hídrica (T4), este tratamento pode ser explorado como estratégia de manejo de irrigação.

7. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Rome: FAO**, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

ALVES JUNIOR, J.; SILVA, C. R.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, T. J. A.; FOLEGATTI, M. V. Crescimento de plantas jovens de limeira ácida 'tahiti' sob lâminas de irrigação. **Eng. Agríc**. Jaboticabal, v.25, n.1, p.170-178, jan./abr. 2005.

AZEVEDO, C. L. L. Sistema de Produção de Citros para o Nordeste. **Embrapa Mandioca e Fruticultura. Versão eletrônica**, 2003. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/importancia.htm>. Acesso em: 04 de Dezembro de 2020.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Oxford, v. 59, p. 89-113, 2008.

BAKER N. R.; ROSENQVIST E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of experimental botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian journal of biological sciences**, v. 15, n. 3, p. 413-428, 1962.

BRITO, K. S. Eficiência produtiva e respostas fisiológicas da limeira ácida 'tahiti'em função de diferentes estratégias de manejo de irrigação em clima semiárido. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola)- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA, 2018.

BRITO, M. E.; LAURIANE, A. D. A.; FERNANDES, P. D.; DE LIMA, G. S.; SÁ, F. V. D. S.; DE MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-

enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 857-865, 2012.

CAVALCANTE, A. C. R. C., CAVALLINI, M. C., & LIMA, N. R. C. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Embrapa Caprinos e Ovinos, 2009.

CERQUEIRA, E.C.; CASTRO NETO, M.T. de; PEIXOTO, C.P.; SOARES FILHO, W. dos S.; LEDO, C.A. da S.; OLIVEIRA, J.G. de. Resposta de porta-enxertos de citros ao deficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.515-519, 2004.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**. v. 42, 1–16, 1991.

CHAVES, M. M '; FLEXAS, J .; PINHEIRO, C. Fotossíntese sob seca e estresse salino: mecanismos de regulação da pla nta inteira à célula. **Annals of botany** , v. 103, n. 4, pág. 551-560, 2009.

CRUZ, M. D. C. M. D.; ROCHA, R. H. C.; SIQUEIRA, D. L. D.; SALOMÃO, L. C. C. Avaliação do potencial hídrico foliar, umidade do solo e temperatura do ar no período pré-florescimento dos citros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1291-1296, 2007.

CRUZ, M. D. C. M. D.; SIQUEIRA, D. L. D.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R. Fluorescência da clorofila a em folhas de tangerineira'Ponkan'e limeira ácida'Tahiti'submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 896-901, 2009.

DONATO, S. L. R.; PEREIRA, C. S.; BARROS, Z. J.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. **Pesq. Agropec. Bras**., Brasília, v.42, n.10, p.1507-1510, out. 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

GONÇALVES, L. P.; ALVES, T. F.; MARTINS, C. P.; DE SOUSA, A. O.; DOS SANTOS, I. C.; PIROVANI, C. P., COSTA, M. G. Rootstock-induced physiological and biochemical mechanisms of drought tolerance in sweet orange. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, n. 7, p. 1-12, 2016.

GUIMARÃES, M. J. M.; LOPES, I.; SILVA, W. P.; SILVA, A. S. Estudo das precipitações máximas para o município de Cruz das Almas/BA. **Magistra**, v. 27, p. 326-332, 2016.

HOPKINS, WILLIAM G. **Physiologie végétale**. De Boeck Supérieur, 2003.

MACHADO E. C.; MEDINA C. L.; GOMES M. M. A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira ‘Valência’. **Bragantia**, v. 58, n. 2, p. 217-226, 1999.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.

LOURKISTI, R.; FROELICHER, Y.; HERBETTE, S.; MORILLON, R.; GIANNETTINI, J.; BERTI, L.; SANTINI, J. Triploidy in citrus genotypes improves

leaf gas exchange and antioxidant recovery from water deficit. Frontiers in Plant Science, v. 11, p. 615335, 2021.

MATTOS JUNIOR D.; NEGRI J. D.; PIO R. S.; POMPEU JUNIOR J. **Citros, Campinas, Instituto Agronômico e Fundag**, p. 929, 2005.

MEDINA, CAMILO LÁZARO; MACHADO, EDUARDO CARUSO. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeira'Valência'enxertada sobre limoeiro'Cravo'e trifoliata e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, v. 57, n. 1, 1998.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; RENA, A.B.; SIQUEIRA, D.L. de. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros** Campinas: IAC, p.147-195, 2005.

MIYAKE, C. Alternative electron flows (water–water cycle and cyclic electron flow around PSI) in photosynthesis: molecular mechanisms and physiological functions. **Plant and Cell Physiology**, v. 51, n. 12, p. 1951-1963, 2010.

PEDROSO, F. K., PRUDENTE, D. A., BUENO, A. C. R., MACHADO, E. C., & RIBEIRO, R. V. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock-dependent changes in root growth and carbohydrate availability. **Environmental and Experimental Botany**, v. 101, p. 26-35, 2014.

PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. **Seropédica: Edur**, 2004.

RAMOS, E.; PIO, R.; RUFINI, J. C. M.; DO VALE, M. R. Recomendações Básicas Para o Cultivo de Lima Ácida “Tahiti”. **Brasil. Edit. UFLA**, 2001.

SAMPAIO, A. H. R.; SILVA, R. O.; BRITO, R. B. F.; dos Santos Soares Filho, W.; da Silva Gesteira, A., Souza, L. D.; Coelho Filho, M. A. Sweet orange acclimatisation to water stress: A rootstock dependency. **Scientia Horticulturae**, v. 276, p. 109727, 2021.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, p.7-13, 2010.