



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
(EMBRAPA-ALGODÃO)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



**EFICIÊNCIA DO POLÍMERO HIDROABSORVENTE NA PRODUÇÃO
DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO SOB ESTRESSE
HÍDRICO**

VANDERLÉIA FERNANDA DOS SANTOS ARAÚJO

CAMPINA GRANDE - PB
MAIO, 2020

EFICIÊNCIA DO POLÍMERO HIDROABSORVENTE NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO SOB ESTRESSE HÍDRICO

VANDERLÉIA FERNANDA DOS SANTOS ARAÚJO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientador: Prof. Dr. José Félix de Brito Neto

**CAMPINA GRANDE, PB
MAIO, 2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A663e Araújo, Vanderléia Fernanda dos Santos.
Eficiência do polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo sob estresse hídrico [manuscrito] / Vanderléia Fernanda dos Santos Araújo. - 2020.
64 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2020.
"Orientação : Prof. Dr. José Félix de Brito Neto, Departamento de Agrárias e Exatas - CCHA."
1. Passiflora edulis. 2. Estresse abiótico. 3. Cultura do Maracujá. 4. Hidrogel. I. Título

21. ed. CDD 634.425

EFICIÊNCIA DO POLÍMERO HIDROABSORVENTE NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO SOB ESTRESSE HÍDRICO

VANDERLÉIA FERNANDA DOS SANTOS ARAÚJO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

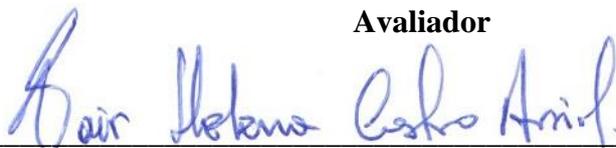
Aprovada em 27 de março de 2020

Banca Examinadora:



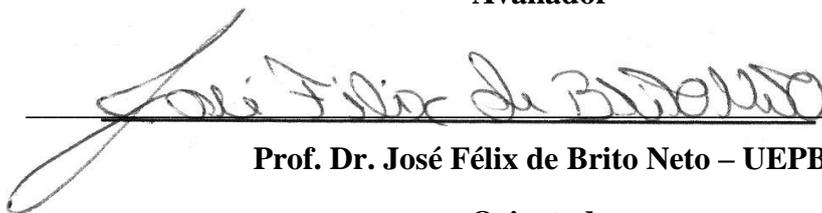
Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira – UFPB

Avaliador



Profa. Dra. Nair Helena Castro Arriel – EMBRAPA

Avaliador



Prof. Dr. José Félix de Brito Neto – UEPB

Orientador

*Ao meu Deus por todo seu amor.
Aos meus pais, por ser minha base de amor e amparo.
A minha irmã, pelo fiel companheirismo.*

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu amado Deus, por ser meu refúgio e minha fortaleza, em todos os momentos de minha vida. Por me conceder sabedoria e força para alcançar todos os meus ideais. Ao Senhor toda honra e toda Glória.

Aos meus pais, Marinalva Alice dos Santos Araújo e Wanderley Fernandes de Araújo, por todo amor a mim concedido. Pelo incentivo e sacrifício para que eu sempre alcance o melhor. A vocês, minha maior gratidão e o meu amor.

À minha irmã, minha metade e fiel amiga, Josefa Vanessa dos Santos Araújo, por sempre acreditar em mim e torcer pela realização dos meus sonhos, por toda dedicação para comigo e minha família.

A minha avó, Josefa Alice de Araújo, por todas as orações, carinho e zelo dedicados a mim.

Ao meu namorado, Victor Júnior Lima Félix, por toda sua contribuição, que foram fundamentais para a realização dessa pesquisa, bem como seu apoio, incentivo, carinho e amor dedicados a mim.

Aos meus familiares, pela constante torcida para que eu alcance sempre o melhor. Em especial, a minha tia Marilene Alice dos Santos, por todas as suas orações e o bem que tens a mim.

Ao meu orientador Dr. Félix de Brito Neto, pela orientação e apoio na realização dessa pesquisa.

À banca examinadora formada pelos professores Dr. Walter Esfrain Pereira e Dra. Nair Helena Castro Arriel, pelas valorosas contribuições.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pois foram fundamentais nesse percurso acadêmico.

Aos grandes amigos da turma de mestrado, Luana Apoena, Larissa, Bruna Laís, Paulina, Bruna Cavalcanti, Sabrina, Rayanne, Marília, Raphael Jovino, Jucelino, Jutahy, Valdeir, Samuel, Djailton e Joan, por todos os momentos compartilhados.

À Victor Felix, Kaline Meira e Joelma, pela participação na realização do experimento.

À Universidade Estadual da Paraíba UEPB e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, PPGCA.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de pesquisa.

Por fim, à todos, que de forma direta ou indiretamente contribuíram com a realização desta pesquisa e torceram para a conclusão de mais uma importante etapa da minha vida.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. HIPÓTESE	13
3. OBJETIVOS	13
3.1 Geral	13
3.2 Específicos	13
5. REVISÃO DE LITERATURA	14
5.1 A Cultura do maracujá	14
5.2. Estresse hídrico	15
5.3 Efeito do estresse hídrico no maracujá	16
5.4 Hidrogel na agricultura	17
5.5. Uso do hidrogel em mudas de maracujá	18
6. MATERIAIS E MÉTODOS	20
6.1 Localização do experimento	20
6.2 Descrição do experimento	20
6.2.1 Caracterização dos solos	21
6.3 Instalação e condução do experimento	21
6.4 Variáveis analisadas	22
6.4.1 Avaliações de crescimento	22
6.4.2 Avaliações fisiológicas	23
6.5 Análises estatísticas	24
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
7.1 Crescimento e produção de fitomassa	25
7.2 Trocas gasosas e eficiência quântica	31
7.3 Análise de Componentes Principais	41
8. CONCLUSÕES	52
9. REFERÊNCIAS	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e físicas dos solos utilizados no experimento.....	21
Tabela 2. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) para as variáveis de altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de maracujá cultivadas em dois solos, com e sem estresse hídrico em função de doses de hidrogel.....	25
Tabela 3. Altura da planta (ALT), Diâmetro do Caule (DC), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Massa Seca da Folha (MSF), Massa seca do Caule (MSC), Massa Seca da Raiz e Massa Seca Total (MST) de mudas de maracujazeiro cultivadas em Neossolo Regolítico e Neossolo Flúvico.....	25
Tabela 4. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) para as variáveis de clorofila foliar (Clorof), fluorescência inicial (F0), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica (Fv/Fm) em mudas de maracujá cultivadas em dois solos, com e sem estresse hídrico em função de doses de hidrogel.	32
Tabela 5. Clorofila foliar (Clorof), fluorescência inicial (F0), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica (Fv/Fm) em mudas de maracujá cultivadas em Neossolo Regolítico (RR) e Neossolo Flúvico (RY).....	32
Tabela 6. Resumo da análise de variância (Quadrado média) da temperatura da folha (T), da condutância estomática (gs), da concentração interna de gás carbônico (Ci), da relação entre a concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), da transpiração (E), da assimilação líquida de carbono (A), da eficiência no uso da água (EUA) e, da eficiências instantânea de carboxilação (EiC) em folhas de mudas de maracujá cultivadas em dois solos, com e sem estresse hídrico em função de doses de hidrogel.	36
Tabela 7. Temperatura da folha (T), condutância estomática (gs), concentração interna de gás carbônico (Ci), relação entre a concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), transpiração (E), assimilação líquida de carbono de mudas de maracujazeiro cultivadas em Neossolo Regolítico e Neossolo Flúvico.....	37
Tabela 8. Autovalores e autovetores dos componentes principais	42
Tabela 9. Autovalores e autovetores dos componentes principais	43
Tabela 10. Autovalores e autovetores dos componentes principais	47
Tabela 11. Autovalores e autovetores dos componentes principais	47

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Localização do município de Lagoa Seca no Estado da Paraíba.....	20
Figura 2. Altura, Diâmetro do caule de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (a, c) e Neossolo Flúvico (b, d), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.....	26
Figura 3. Número de folhas e Área Foliar de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A, C) e Neossolo Flúvico (B, D), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.	27
Figura 4. Massa seca das folhas e Massa seca do caule de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (a, c) e Neossolo Flúvico (b, d), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.	29
Figura 5. Massa seca da raiz e Massa seca total de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A, C) e Neossolo Flúvico (B, D), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.	30
Figura 6. Fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica da clorofila 'a'(Fv/Fm) de mudas de maracujazeiro amarelo, cultivadas em Neossolo Flúvico (a, b, c, d) em resposta a doses de Hidrogel em diferentes condições hídricas (Com e Sem estresse). ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.	33
Figura 7. Índice de clorofila total de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (a) e Neossolo Flúvico (b) em resposta a doses de Hidrogel em diferentes condições hídricas (Com e Sem estresse). ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.	35
Figura 8. Concentração interna de gás carbônico (ci) e Condutância estomática (gs) em mudas de maracujazeiro amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (a, c) e Neossolo Flúvico (b, d), sob duas condições hídricas (Com e Sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.	37
Figura 9. Transpiração em folhas (E) e Assimilação líquida de carbono (A) em mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (a) e Neossolo Flúvico (b, c), sob duas	

condições hídricas (Com e Sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.....38

Figura 10. Relação entre a concentração interna e externa de gás carbônico (ci/ce) e Eficiência no uso da água (EUA) em folhas mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (a, c) e Neossolo Flúvico (b, d), sob duas condições hídricas (Com e Sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.....40

Figura 11. Análise de componentes principais das variáveis de crescimento, produção de fitomassa e fisiológicas de mudas de maracujá cultivadas em Neossolo Regolítico (substrato arenoso) com diferentes doses de hidrogel sem (A) e com (B) estresse hídrico.....45

Figura 12. Análise de componentes principais das variáveis de crescimento, produção de fitomassa e fisiológicas de mudas de maracujá cultivadas em Neossolo Flúvico (substrato argiloso) com diferentes doses de hidrogel, sem (A) e com (B) estresse hídrico.50

RESUMO

ARAÚJO, VANDERLÉIA DOS SANTOS FERNANDES, Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. Maio de 2020. **Eficiência do polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo sob estresse hídrico.** Orientador: Prof. Dr. José Félix de Brito Neto

O maracujazeiro é uma das frutíferas mais produzidas no Brasil. Porém, seu cultivo em condições de estresse hídrico promove efeitos negativos que podem afetar todos os seus estádios vegetativos. A produção de mudas de boa qualidade depende principalmente da disponibilidade de água, o que é um fator limitante em regiões semiáridas. O uso de polímero hidroabsorvente tem se tornado uma estratégia para retenção de água no solo e redução da lixiviação de nutrientes. Com isso, objetivou-se avaliar a influência da aplicação de doses de polímero hidroabsorvente em mudas de maracujazeiro amarelo cultivadas em dois tipos de solos, com e sem estresse hídrico. A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação, no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) UEPB, Campus II, situado no município de Lagoa Seca-PB. O experimento foi constituído por 20 tratamentos, resultantes do fatorial $2 \times 2 \times 5$, referente a dois substratos com solos Neossolo Regolítico e Neossolo Flúvico, duas condições hídricas (com e sem estresse, 40% e 80% da capacidade de campo respectivamente), e cinco doses de polímero hidroabsorvente (0,0, 1,25, 2,5, 3,75 e 5,0 g L⁻¹), com quatro repetições, resultando em 80 parcelas. Foram realizadas avaliações de crescimento e fisiológicas das plantas. Os dados obtidos foram avaliados quanto à normalidade. Em seguida, foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Os fatores qualitativos e quantitativos, foram analisados por meio do teste de Tukey, a 5% e análise de regressão, respectivamente. O software utilizado foi o SISVAR. Os dados também foram submetidos a análises de componentes principais (ACP). A condição de estresse hídrico com a manutenção de 40% da capacidade de campo, não foi atenuada pela aplicação de hidrogel, diminuindo o crescimento das mudas de maracujá cultivadas em ambos os substratos. O hidrogel aplicado na condição sem estresse hídrico aumentou o crescimento das mudas de maracujazeiro cultivadas em ambos os solos. As variáveis fisiológicas de forma geral evidenciaram os efeitos do estresse hídrico nas mudas de maracujazeiro amarelo independente das doses de hidrogel aplicado. A ACP demonstrou que no RR a dose mais correlacionada com o crescimento foi 5 g L⁻¹ de hidrogel. E no RY a melhor dose foi de 3,75 g L⁻¹ nas mesmas variáveis.

Palavras-chave: *Passiflora edulis*, estresse abiótico, morfofisiologia.

ARAÚJO, VANDERLÉIA DOS SANTOS FERNANDES, Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. Maio de 2020. **Efficiency of the hydro-absorbent polymer in the production of yellow passion fruit seedlings under water stress.** Orientador: Prof. Dr. José Félix de Brito Neto

ABSTRACT

Passion fruit is one of the most produced fruits in Brazil. However, its cultivation under water stress conditions promotes negative effects that can affect all vegetative stages. The production of good quality seedlings depends mainly on the availability of water, that is, a limiting factor in semiarid regions. The use of the hydro-absorbent polymer is a strategy to retain water in the soil and reduce nutrient leaching. With this, the objective was to evaluate the influence of the application of doses of absorbent polymers in yellow passion fruit seedlings cultivated in two types of soil, with and without water stress. A research was carried out in a greenhouse, at the Center for Agronomic and Environmental Sciences (CCAA) of UEPB, Campus II, located in the municipality of Lagoa Seca-PB. The experiment consisted of 20 controls, applying the factor 2x2x5, referring to two substrates with Neossolo Regolítico and Neossolo Flúvico soils, two water conditions (with and without stress, 40% and 80% of equal field capacity) and five doses of hydrogen . absorbent polymer (0.0, 1.25, 2.5, 3.75 and 5.0 g L⁻¹), with four replications, resulting in 80 plots. Plant growth and physiological tests were performed. The data obtained were tested as to normality. Then, they were submitted to analysis of variance by the F test, with a 5% probability. Qualitative and quantitative factors were analyzed using the Tukey test, at 5% and regression analysis, respectively. The software used was SISVAR. The data were also used for principal component analysis (ACP). A condition of water stress with maintenance of 40% of the field capacity was not mitigated by the application of hydrogel, reducing the growth of passion fruit seedlings grown on the two substrates. The hydrogel applied in the condition without water stress increased the growth of passion fruit seedlings grown in both soils. As physiological variables in general, they evidenced the effects of water stress on yellow passion fruit seedlings, regardless of the applied hydrogel doses. An ACP that did not demonstrate RR with a dose more correlated with growth was 5 g L⁻¹ of hydrogel. And in RY, the best dose was 3.75 g L⁻¹ in the same variables.

Keywords: *Passiflora edulis*, abiotic stress, morphophysiology.

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) pertence à família Passifloraceae, compreendendo 12 gêneros e cerca de 600 espécies, cultura de clima tropical e que possui ampla distribuição geográfica e variabilidade genética nas Américas e na África (COSTA, 2011; FERNANDES et al., 2015).

No Brasil, essa cultura se constitui como uma das mais importantes frutíferas representantes do sistema de produção de frutas a níveis de pequeno e médio produtor, apresentando interesse comercial devido ao seu alto rendimento em sumo, alta produtividade e à maior resistência a pragas e doenças (ALVES, 2013; FREIRE et al., 2015). Na agroindústria tem grande destaque na área alimentícia, na produção de cosméticos e produtos medicinais (COSTA et al., 2011). Porém, seu cultivo em regiões de escassez hídrica, como o semiárido do Nordeste brasileiro, tem limitado seu sistema produtivo.

No estado da Paraíba, o resultado preliminar do último censo agropecuário, mostra uma produção de 5.334 toneladas de maracujá no ano de 2017 (IBGE, 2018). A produtividade do maracujá na Paraíba é de 9,29 t ha⁻¹, inferior à média nacional, com 14,10 t há⁻¹ (IBGE, 2016). Segundo Freire et al. (2015), esse decréscimo advém possivelmente de um conjunto de fatores como, baixa qualidade do material biológico, manejo cultural inadequado, problemas fitossanitários e do déficit hídrico, o qual obriga muitas vezes, o uso de águas de baixa qualidade no manejo de irrigação.

O déficit hídrico é um dos problemas mais enfrentados em regiões semiáridas, na cultura do maracujá, o estresse hídrico promove efeitos negativos que podem afetar todos os seus estádios vegetativos e a sua fisiologia (GOMES, et al. 2010), comprometendo o desenvolvimento da planta, e pode induzir a queda de botões florais, de frutos, e reduzir o florescimento da cultura (CARVALHO, et al. 2014).

A produção de mudas de qualidade depende, dentre outros fatores, do fornecimento adequado de água, visto que, sua falta ou excesso pode limitar seu desenvolvimento (CARVALHO, et al. 2013). Os pomares de maracujazeiro no Brasil são predominantemente formados por plantas propagadas sexuadamente, dessa forma, o desenvolvimento de técnicas que visem melhorar a qualidade das mudas, pode favorecer a implantação da cultura (WAGNER JÚNIOR et al., 2011).

Nesse sentido, os polímeros hidroabsorventes usados na agricultura, conhecidos como hidrogel, tem potencial para melhorar as propriedades físico-hídricas do solo ou substrato de cultivo, aumentando a disponibilidade de água (OLIVEIRA, et al. 2004; SAAD, et al. 2009), e

vêm sendo amplamente estudados (GUILHERME, et al. 2015). Resultados demonstram que o uso do hidrogel em mudas de maracujá mostrou efeitos significativos no crescimento e desenvolvimento (HAFLE, et al. 2008; CARVALHO, et al. 2013), menor lixiviação de nutrientes e diminuição de frequência de irrigação (CAVALCANTE, et al. 2015; FERNANDES, et al. 2015).

Estudos feitos por Sanches (2013) mostraram que o polímero hidroretentor apresentou grande relação benefício x custo, pois sua aplicação favoreceu 100% de sobrevivência das mudas após 30 dias da semeadura, como também, o intervalo entre as irrigações, passando de 4 para a cada 10 dias, com redução significativa no consumo de água para irrigação.

No entanto, não há muitos trabalhos em que seja investigada além do crescimento de mudas, as respostas fisiológicas do maracujá em detrimento da oferta hídrica nos experimentos. Além disso, mesmo utilizado em diversos ramos da agricultura, estudos que contemplem métodos de aplicação e principalmente as quantidades a serem utilizadas, ainda necessitam de ampliação, para sustentar tomadas de decisões seja no âmbito experimental ou produtivo (MONTEIRO NETO, et al. 2017).

Diante do exposto, faz-se necessário mais estudos referentes à eficiência do uso de polímeros hidroabsorventes em função da economia na aplicação de água em mudas de maracujazeiro e seu efeito no sistema fisiológico da planta, a fim de proporcionar novas referências para pesquisas futuras.

2. HIPÓTESE

A capacidade de retenção de água do polímero hidroabsorvente mitiga o efeito do estresse hídrico no crescimento, produção e respostas fisiológicas de mudas de maracujazeiro amarelo.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

- Determinar a influência da aplicação de doses de polímero hidroabsorvente em mudas de maracujazeiro amarelo cultivadas em dois tipos de solos, com e sem estresse hídrico.

3.2 Específicos

- Avaliar o crescimento do ramo principal, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar de mudas de maracujazeiro amarelo;

- Quantificar a biomassa seca da parte aérea e das raízes das mudas de maracujazeiro amarelo;

- Determinar o comportamento fisiológico de mudas de maracujazeiro a partir da (regulação osmótica, taxa fotossintética e fluorescência da clorofila);

- Determinar a dose ideal do polímero para ser usado na produção de mudas de maracujazeiro amarelo.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 A Cultura do maracujá

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) é uma planta herbácea, trepadeira que pode atingir de 5-10 metros, caule sublenhoso, sendo lignificado na base e em direção ao ápice vai se tornando menos lignificado, provida de gavinhas, com flores vistosas e grande vigor vegetativo, com ciclo apresentando variação de 12 a 36 meses (ALVES, 2013; ARAÚJO, 2016).

O maracujazeiro é uma planta que floresce e frutifica em vários meses do ano e é influenciado pelo fotoperíodo, temperatura e disponibilidade hídrica (CARVALHO et al., 2014). No Brasil, mais de 90% dos pomares de maracujá são da espécie *Passiflora edulis* Sims (maracujazeiro-azedo de casca amarela ou roxa), a qual apresenta várias cultivares registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (FALEIRAO e JUNQUEIRA, 2016).

O maior produtor e consumidor mundial do maracujá amarelo é o Brasil (DIAS et al., 2012). O maracujá é uma frutífera com vasta adaptação em todo o país, e em 2017 o Brasil produziu 293.699 t de frutos, sendo os Estados da Bahia, Minas Gerais e Santa Catarina responsáveis por aproximadamente 60% da produção brasileira, já a produção na Paraíba foi de 5.334 toneladas (IBGE, 2018). Sua produção é caracterizada como uma atividade agrícola de base familiar, por isso é uma cultura considerada uma das mais importantes por apresentar grande valor socioeconômico e alto potencial produtivo. Segundo Pimentel et al. (2009), embora exista uma grande expansão de área cultivada com o maracujazeiro, a alta demanda no mercado pela fruta in natura e pelo suco processado, não está sendo suficiente para suprir o consumo da população.

Na região semiárida do Nordeste brasileiro, o manejo da cultura do maracujazeiro amarelo depende principalmente da irrigação e de tecnologias mais acentuadas que possam melhorar seu crescimento e desenvolvimento fisiológico, além de contribuir para maiores produtividades (CAVALCANTE et al., 2011; FREIRE et al., 2014). Para alcançar melhores resultados na produção, faz-se necessário um cuidado especial com o estágio inicial da planta, com isso, o manejo adequado na produção de mudas influencia positivamente no crescimento e desenvolvimento da planta, podendo gerar maiores produção e rentabilidade.

De acordo com Costa et al. (2011), para a formação de mudas o uso de técnicas adequadas, como melhoria do microclima de produção, volumes de recipientes, substratos,

irrigação e nutrição, promovem plantas saudáveis e vigorosas para a formação dos pomares. Ribeiro et al. (2005), ressaltam que as mudas de qualidade respondem por 60% do sucesso da produção a campo.

5.2. Estresse hídrico

A água é fundamental para produção agrícola, principalmente para o cultivo de frutíferas. No entanto, as plantas podem ser submetidas ao estresse, seja por excesso ou deficiência de água. O déficit hídrico é considerado, com frequência, o fator mais limitante ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas, ocorrendo em grande extensão de área, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, as quais se caracterizam pela baixa precipitação pluviométrica e pela irregularidade na distribuição das chuvas (MELO et al., 2010; SUASSUNA et al., 2012).

No Brasil, sobretudo na região Nordeste, o regime de chuvas está concentrado num período de 3 a 4 meses por ano, o qual é marcado por forte irregularidade interanual e as temperaturas médias variam de 23° a 27°C e a insolação anual chega a 2.800 horas (SANTOS et al., 2010). Pesquisas atuais apontam para aumento dos eventos extremos de seca, não somente pela diminuição da chuva, mas também pelo aumento da evapotranspiração e mudança na distribuição das chuvas (MARGULIS e DUBEUX, 2010).

O estresse hídrico têm sido um dos maiores problemas enfrentado na agricultura, visto que, as irregularidades pluviométricas comprometem a qualidade do solo e o cultivo de plantas, desde a sua fase inicial até seu desenvolvimento e produtividade.

A deficiência hídrica nas plantas pode afetar negativamente na sua germinação, no desenvolvimento vegetativo, produtividade e, em casos mais extremos causar a morte. Para um bom desempenho inicial da germinação e formação das plântulas é essencial que a semente esteja hidratada para que, posteriormente, ative seus processos metabólicos (TEIXEIRA et al., 2011).

Quando submetidas a estresse, as plantas apresentam sintomas de alterações nos índices fisiológicos, tais como a taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO₂, também são afetados por fatores ambientais, como luz, temperatura, concentração de CO₂, disponibilidade de água e nutrientes (SHIMAZAKI et al., 2007; TAIZ & ZEIGER, 2009).

Alterações estruturais e funcionais do aparato fotossintético de plantas submetidas ao estresse hídrico podem ser estimadas com alto grau de confiabilidade mediante técnicas modernas para a detecção dos sinais da fluorescência da clorofila a (GOMES, 2011). Nos

últimos anos, a análise da fluorescência da clorofila a tem sido bastante usada como uma ferramenta extremamente eficiente em pesquisas com culturas de importância agrônômica, a exemplo do trigo (MEHTA et al., 2010), tangerina (CRUZ et al., 2009) e abacaxi (VIEIRA, 2010). Contudo, os parâmetros utilizados para capacidade das plantas de se ajustar osmoticamente para suportar situação de deficiência hídrica é muito variável tanto entre espécies, como entre cultivares de uma mesma espécie (GRACIANO, 2009).

Além disso, as células vegetais adotam, como sistema de defesa, um aparato metabólico de substâncias e enzimas antioxidantes tais como as dismutases de superóxido (SOD), que metaboliza o superóxido (O_2^-); as catalases (CAT), uma variedade de peroxidases, que removem o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (BREUSEGEM et al., 2001).

5.3 Efeito do estresse hídrico no maracujá

As culturas agrícolas dependem da disponibilidade adequada de água, e a condição de estresse hídrico pode afetar todas as fases vegetativas das espécies, principalmente, em se tratando das frutíferas, como maracujazeiro.

A fruticultura na região Nordeste do Brasil vem se destacando cada vez mais no cenário nacional. Essa região é caracterizada por condições de elevada demanda evapotranspirativa e reduzido índice pluviométrico, porém com um correto manejo de irrigação pode atenuar os efeitos da evaporação e conseqüentemente otimizar a produtividade (BERNARDO et al., 2009).

Em se tratando da necessidade hídrica da cultura, exige uma lacuna na qual retrate a demanda do maracujazeiro amarelo. Porém, segundo Freire (2011), a maior exigência hídrica é no período de emissão do botão floral e formação dos frutos. Portanto é fundamental voltar a atenção para a necessidade da planta para que ocorra uma boa produtividade. No entanto, a ocorrência de déficit hídrico pode comprometer o desenvolvimento do maracujá dentro de todos os estágios vegetativos, desde a germinação da semente até a indução da queda de botões florais, frutos e redução do florescimento (CARVALHO et al., 2014).

Estudos feitos por Nogueira et al. (2014), mostrou que a produtividade do maracujazeiro amarelo, número de frutos e peso médio de frutos são influenciados pela diferenciação de lâminas de irrigação aplicada à cultura.

Nas regiões semiáridas a suplementação de água via irrigação é vital para produção de alimentos, visto que, as precipitações pluviométricas são irregulares e mal distribuídas. Sendo assim, é necessário práticas de manejo de irrigação a fim de garantir a sustentabilidade agrícola (NOGUEIRA et al., 2014).

5.4 Hidrogel na agricultura

O aumento na demanda por alimento devido ao crescimento da população no mundo, bem como, o contexto das mudanças climáticas, têm exigido a utilização de tecnologias mais eficientes no uso de recursos naturais e de baixo custo.

A atividade agrícola, através da irrigação, é a responsável por consumir cerca de 70% da água doce disponível (FOLEGATII et al., 2010), portanto, por menor que seja a economia de água feita neste setor, representaria uma importante contribuição para o aumento de água para uso doméstico e industrial. Neste contexto, a aplicação de aditivos para melhorar retenção de água no solo, tem sido considerada uma maneira simples e eficaz de economizar água, como o uso de polímeros hidrorretentores.

Esses novos polímeros que podem ser usados na agricultura, são chamados de hidrogel, que são substâncias compostas essencialmente por unidades monoméricas de acrilamida que juntas formam o polímero de poliácrlamida (LIMA e SOUZA, 2011). O hidrogel tem a capacidade de absorver um mínimo de 400 vezes o seu peso seco de água pura e, liberá-la gradualmente de acordo com as necessidades da cultura, reduzindo tanto o volume como a frequência de irrigação em até 50% (KALHAPURE, et al. 2016). Devido ao seu pH neutro, eles não afetam disponibilidade de nutrientes, composição química do solo, além de melhorar as propriedades físicas dos solos, por exemplo a porosidade, densidade, capacidade de retenção de água, permeabilidade do solo, taxa de infiltração etc. (BHASKAR et al. 2013; KALHAPURE, et al. 2016; SANTOS e SILVA, 2016).

O hidrogel agrícola pode ser usado para todas as culturas e tipos de solo, sendo sua quantidade dependente principalmente da textura do solo. Existem relatos que a aplicação de hidrogel em solo argiloso aumentou em até 17% a mais a capacidade de armazenamento de água (MENDONÇA et al., 2013). Narjary et al. (2012) cultivando hortaliças, sugerem o uso do hidrogel especialmente em solos arenosos, pois a água disponível para as plantas cultivadas em solos tratados com polímero aumentou 1,5-2 vezes sobre a água disponível para as plantas cultivadas em solos não tratados com gel, sendo suficiente por até 22 dias, enquanto em solos mais argilosos foi suficiente por sete dias.

Hidrogéis funcionam bem em altas temperaturas, sendo viáveis em regiões semiáridas e áridas e ajudam as plantas a suportarem estresse hídrico atrasando o início do ponto de murcha permanente e redução dos requisitos de irrigação de culturas devido à redução da perda de água por evaporação (KALHAPURE, et al. 2016).

Seus benefícios são mais facilmente percebidos em viveiros e leitos de mudas, culturas sensíveis ao estresse hídrico, culturas que requerem grandes quantidades de água e jardins (KALHAPURE, et al. 2016). Dessa forma, diversas pesquisas têm sido realizadas nos últimos anos com uso do hidrogel como atenuante do estresse hídrico em diversas culturas (SAAD et al. 2009; ALVES, et al. 2013; MENDONÇA et al. 2015; LOPES, 2016).

5.5. Uso do hidrogel em mudas de maracujá

O fornecimento de água para satisfazer a necessidade hídrica é extremamente importante na formação de mudas, pois a falta ou excesso de água pode limitar seu desenvolvimento (CARVALHO, et al. 2013). Os estudos realizados na produção de mudas e em testes de sobrevivência pós-plantio, na silvicultura, concentra o maior número de trabalhos acerca da utilização dos hidrogéis nos últimos dez anos na agricultura brasileira, porém, a fruticultura, a olericultura e a cafeicultura também se destacam em número quanto ao uso desse polímero (MONTEIRO NETO, et al. 2017).

A natureza do arranjo das moléculas confere ao hidrogel uma forma granular quando está seco e ao ser hidratado se dilatam o que contribui para manter o suprimento de água para as mudas por mais tempo, proporcionando que as irrigações sejam realizadas com menor frequência (CARVALHO, et al. 2013). O aumento da absorção e retenção da água pelo polímero hidroabsorvente tornará a água mais facilmente disponível para as plantas, possibilitando um melhor desenvolvimento inicial destas (ZONTA et al., 2009).

Os pomares de maracujazeiro no Brasil são predominantemente formados por plantas propagadas sexuadamente, dessa forma, o desenvolvimento de técnicas que visem melhorar a qualidade das mudas, pode favorecer a implantação da cultura, visto que, mudas de boa qualidade são um dos alicerces da fruticultura (WAGNER JÚNIOR, et al., 2011).

O estabelecimento inicial de plântulas de maracujazeiro-amarelo sofre influência da disponibilidade hídrica presente no substrato (ARAÚJO, et al. 2016), o que pode ser responsável por causar irregularidades na formação de mudas e conseqüente insucesso no estabelecimento de pomares, nesse sentido, alguns trabalhos têm sido realizados na produção de mudas com uso de polímeros hidroabsorventes.

No estudo de Hafle et al. (2008), o qual consistiu na produção de mudas via estaquia com aplicação do hidrogel (Ecogel VEG®) no substrato, foi observado efeito positivo das variáveis analisadas (sobrevivência, calosidade, número de folhas, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, número de raízes, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa

seca total de estacas) em doses próximas de 4,5 g L⁻¹, no entanto, doses mais elevadas causaram efeitos negativos para o enraizamento e desenvolvimento das mudas.

Fernandes et al. (2015), avaliaram o crescimento de plântulas de maracujá com e sem a presença de hidrogel e níveis de irrigação em bandejas, tendo concluído que nessas condições e tempo experimental, os melhores resultados obtidos foram quando utilizado o menor teor de umidade (45%), independente da adição do hidrogel, o que foi atribuído possivelmente a qualidade do produto. Neste mesmo sentido, Cavalcante et al. (2015), em experimento com o uso de polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujá-azedo sob diferentes turnos de rega no vale do São Francisco, observaram efeito significativo do hidrogel para número de folhas, altura da planta e comprimento do sistema radicular, o que permitiu a formação de mudas de qualidade com economia de 50% de água.

Em experimento utilizando polímero hidroabsorvente na redução de nutrientes lixiviados durante a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, constatou-se que a incorporação de 2 g L⁻¹ de polímero hidroabsorvente aos substratos reduziu as perdas de nutrientes por lixiviação e a redução das perdas de nutrientes lixiviados favoreceu o crescimento e incremento de nutrientes foliares em mudas de maracujazeiro produzidas com o polímero (FAGUNDES, et al. 2015).

Na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, utilizando o método da mistura do hidrogel Hidroplan®-EB/ HyB-M diretamente ao substrato, Carvalho et al. (2013), observaram que a incorporação de 3 g L⁻¹ de substrato do hidrogel reduz a frequência de irrigação e antecipa a formação das mudas avaliadas, alcançando tamanho adequado para o plantio no campo antes daquelas produzidas sem o polímero. Araújo et al. (2018), observaram a aplicação de hidrogel e cobertura morta do solo no crescimento e desenvolvimento de maracujazeiro amarelo, concluindo que a dose máxima estimada de 1,08 g L⁻¹ de hidrogel estimulou o crescimento em altura das plantas e a cobertura morta não interferiu positivamente no crescimento e desenvolvimento das plantas de maracujazeiro azedo.

Com base nos diversos estudos realizados utilizando o polímero hidroretentor, é visto que, tem se tornado uma ferramenta economicamente viável e de fácil aplicação nas mais variáveis culturas, sendo uma das estratégias mais usadas pelos agricultores para diminuir o custo com irrigação e aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas (MONTEIRO NETO et al., 2017).

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Localização do experimento

A pesquisa foi desenvolvida durante os meses de maio a julho de 2019, em ambiente protegido, no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) UEPB, Campus II, situado no município de Lagoa Seca, no Agreste paraibano, a 7° 10' 8" S de latitude e 35° 51' 20" W de longitude. O clima é classificado como quente e úmido, Tropical chuvoso – classe A, As', segundo Köppen apud Heckendorff & Lima (1985). As temperaturas médias anuais possuem valores mínimos de 19,4 °C, médios de 23,05 °C e máximos de 28,03 °C (ANDRADE, 1995). A variável Evapotranspiração anual é de 1 178,7 mm e o valor do déficit hídrico é de 376,0 mm.

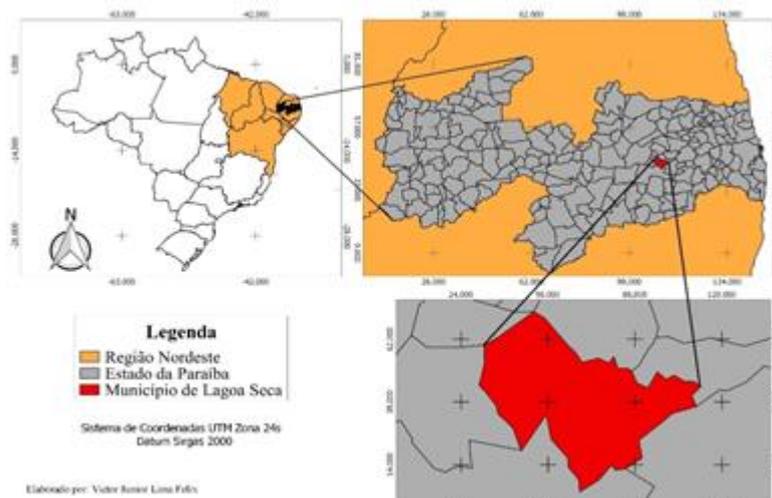


Figura 1. Localização do município de Lagoa Seca no Estado da Paraíba.

6.2 Descrição do experimento

O experimento foi conduzido por um período de 90 dias, nos meses de Maio à Agosto, realizado no delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x2x5, sendo dois solos (Neossolo Regolítico e Neossolo Flúvico), duas condições hídricas (com e sem estresse) 40% e 80% da capacidade de campo respectivamente, e cinco doses do polímero hidroabsorvente de (0; 1,25; 2,5; 3,75; 5,0 g L⁻¹), com quatro repetições, resultando em 80 unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída por dois recipientes de polietileno com volume de 1 L, preenchidos até 80% da sua capacidade com os dois substratos

característicos dos tipos de solos em estudo, contendo uma muda de maracujazeiro da variedade BRS Gigante Amarelo (BRS GA1), totalizando 160 mudas.

6.2.1 Caracterização dos solos

Os solos utilizados foram um Neossolo Regolítico, coletado na EMEPA (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária), e o Neossolo Flúvico, coletado no Campus da UEPB, ambos no município de Lagoa Seca, PB, na profundidade de 0–20 cm, de onde foram retiradas amostras para caracterização química e física (Tabela 1), conforme o Manual de Métodos e Análise de Solos da Embrapa (Teixeira et al. 2017), antes da aplicação dos tratamentos e instalação do experimento.

Tabela 1. Características químicas e físicas dos solos utilizados no experimento

Solo	pH	P	K	Na	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al
	H ₂ O	---mg dm ⁻³ ---					-----cmol _c dm ⁻³ -----		
RR	5,2	14,49	30,38	0,03	1,63	0,68	0,95	0,15	2,01
RY	5,2	1,70	31,30	0,04	3,0	1,46	1,54	0,15	3,37
	SB	CTC	V%	C	MO	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	-- cmol _c dm ⁻³ --			-----g kg ⁻¹ -----		-----%-----			
RR	1,74	3,75	46,35	6,62	11,41	87,2	7,7	5,1	Areia
RY	3,12	6,49	48,13	14,96	25,78	84,0	8,6	7,4	Areia Franca

RR= Neossolo Regolítico; RY= Neossolo Flúvico

6.3 Instalação e condução do experimento

O polímero hidroabsorvente utilizado foi o Forth, um copolímero Poliacrílico de Potássio Poliacrilamida, CTC 532,26 mmol_c dm⁻³, CRA 1.526,6900 %. Natureza física: Farelado, disponível em loja especializada no comércio. O hidrogel foi hidratado, conforme as doses escolhidas em seguida, incorporado aos solos nos recipientes para proceder a semeadura. Foram utilizadas sementes de maracujá de boa qualidade, da variedade BRS Gigante Amarelo (BRS GA1), sendo semeadas três sementes em cada recipiente. Após a emergência e emissão das duas primeiras folhas, foi feito o desbaste deixando-se apenas uma plântula por saco.

Após 45 dias do plantio, iniciou-se a aplicação do estresse hídrico nas mudas de maracujá. Para a aplicação do estresse hídrico, determinou-se a capacidade de campo para ambos os solos, de acordo com esta metodologia: adicionou-se lentamente 100 mL de água a cada um

dos solos, coletando a água (solução) drenada nas provetas, após a drenagem de toda a água do solo, fez-se a leitura do volume coletado em cada uma das provetas e calculou-se as capacidades de campo de cada solo, utilizando a seguinte fórmula:

$$CC = \frac{\text{Água retida no solo (mL)} \times 100\%}{\text{Volume do solo (mL)}}, \text{ onde:}$$

CC = capacidade de campo do solo, em % de volume de solo utilizado;

Água retida no solo = volume de 100 mL - Volume de água coletado na proveta (mL);

Volume de solo no funil = 100 mL.

Na condição hídrica sem estresse, o solo ficou mantido com 80% da sua capacidade de campo. Na condição com estresse, o solo ficou mantido com 40% da capacidade de campo. O turno de rega foi feito de dois em dois dias, sempre pela manhã.

6.4 Variáveis analisadas

6.4.1 Avaliações de crescimento

A avaliação de crescimento foi realizada 45 dias após o início da aplicação do estresse hídrico.

a) Comprimento do ramo principal (CRP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF)

Para o crescimento das partes vegetativas utilizou-se uma régua milimetrada, para mensurar entre a base do caule (colo) e o final da extremidade do ramo principal (ápice). O diâmetro caulinar foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital, retirando-se a medida na base do caule. O número de folhas foi obtido por meio de contagem.

Após finalizadas as avaliação de crescimento (90 dias pós semeadura), as folhas foram coletadas de forma destrutiva, para obtenção da estimativa de área foliar pelo software ImageJ, disponível gratuitamente via internet (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>). Para tanto, as folhas de todas as plantas foram retiradas e identificadas, colocando-as sobre uma folha de papel com dimensões 21 × 29,7cm (A4), previamente preparada sobre uma impressora com scanner HP Deskjet

Photosmart D110a. Em conjunto com as folhas foi digitalizada uma régua para calibração do software, obtendo-se assim imagens que posteriormente foram submetidas à análise de área foliar.

b) Determinação de massa seca

Aos 45 dias após a aplicação do estresse, todas as plantas foram destruídas e divididas em raiz, caule e folhas acondicionadas em recipientes de papel e secas em estufa de ventilação forçada de ar a 75 °C até atingir a massa constante. Em seguida, foram pesadas em balança semi-analítica para obtenção da massa seca das diferentes partes da planta.

6.4.2 Avaliações fisiológicas

As avaliações fisiológicas foram realizadas aos 45 dias após a aplicação do estresse hídrico.

a) Trocas gasosas foliares

Foram feitas medições pontuais de trocas gasosas entre 8 e 12 h em folhas totalmente expandidas e completamente maduras com um sistema portátil de medição de fotossíntese (IRGA Infrared Gas Analyzer), modelo Li-6400 (Li-Cor, Biosciences Inc., Nebraska, EUA) sob concentração de CO₂ saturante (1200 μmol mol⁻¹), utilizando-se o injetor de CO₂ do IRGA (FARQUHAR e SHARKEY, 1982; JACOB e LAWLOR, 1991).

A taxa fotossintética líquida por unidade de área foliar (A , μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), a condutância estomática ao vapor d'água (g_s , mol H₂O m⁻² s⁻¹), a taxa transpiratória (E , mmol H₂O m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ (C_i) e a razão entre as concentrações interna e atmosférica de CO₂ (C_i/C_e) foram calculadas usando os valores das variações das concentrações de CO₂ e de vapor de H₂O no interior da câmara, medidos pelo analisador de gases por infravermelho do sistema portátil de fotossíntese (EVANS e CAEMMERER, 2013).

A partir dos dados de trocas gasosas foi avaliada a eficiência de uso da água (EUA), calculada pela razão entre a fotossíntese líquida e a condutância estomática (A/g_s).

b) Determinação da fluorescência da clorofila *a*

As medições foram feitas entre 8 e 12 h, com o auxílio de um fluorômetro portátil modulado, modelo MINI-PAM (Walz, Effeltrich, Germany), equipado com uma pinça especial para suporte da folha modelo 2030-B, avaliou-se a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), rendimento quântico potencial (F_v/F_m = fluorescência variável/fluorescência máxima) (CORREIA et al., 2009). As leituras dos índices de clorofila foram realizadas às 08:00h, utilizando um clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG®, modelo CFL 1030 (FALKER, 2008) em uma folha totalmente expandida de cada planta.

6.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram avaliados quanto a normalidade. Em seguida, foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Os fatores qualitativos (condição hídrica e tipos de solos) e quantitativos (doses de hidrogel), foram analisados por meio do teste de Tukey, a 5% e análise de regressão, respectivamente. O software utilizado foi o SISVAR. As variáveis de crescimento e fisiologia das mudas de maracujá também foram submetidos a análises de componentes principais (ACP), a qual se trata de uma técnica multivariada baseada na correlação ou matriz de covariância das variáveis e é utilizada para resumir a relação entre as variáveis (PAREYN, et al. 2020). O critério para participação de uma variável em um determinado componente principal foi a presença de um autovetor $\geq \frac{0,5}{\sqrt{\text{Autovalor}}}$, segundo Raghupathi et al. (2002). A estatística multivariada foi realizada com o software R (R Core Team 2017).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo

As variáveis de crescimento da planta no fator solo, apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) no diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). No fator Estresse, houve efeito significativo para todas as variáveis analisadas. Já para o hidrogel, houve efeito significativo apenas na variável massa seca total (MST) (Tabela 2). Para a interação solo x condição hídrica x hidrogel, não houve efeito significativo para nenhuma das variáveis.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) para as variáveis de altura da planta (ALT), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de maracujá cultivadas em dois solos, com e sem estresse hídrico em função de doses de hidrogel.

FV	GL	Quadrado Médio							
		ALT	DC	NF	AF	MSF	MSC	MSR	MST
Bloco	3	28.45 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1498,6 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,02 [*]	0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Solo (S)	1	0.8611 ^{ns}	1.439 ^{**}	4.753 [*]	282.05 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.933 ^{**}	0.130 ^{**}	0.722 [*]
Estresse (E)	1	267.54 ^{**}	0,67 ^{**}	11,55 ^{**}	55844,6 ^{**}	0,42 ^{**}	0,38 ^{**}	0,52 ^{**}	3,93 ^{**}
Hidrogel (H)	4	11.74 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,70 ^{ns}	6413,7 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,18 [*]
S x E x H	4	15.139 ^{ns}	0.092 ^{ns}	0.668 ^{ns}	4010.04 ^{ns}	0.029 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.092 ^{ns}
Resíduo	27	14.12	0,06	0,74	2921,8	0,02	0,007	0,006	0,06
CV (%)		18,93	9,47	12,66	25,13	23,62	16,53	18,74	14,63

E1 = Sem estresse hídrico; E2 = Com estresse hídrico. ^{ns}, ^{*}, ^{**} não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

O fator solo comparado isoladamente pode ser observado na Tabela 3. Os valores de DC, MSC, MSR e MST foram significativamente maiores no RR, comparado ao RY, enquanto o NF foi maior no RY, não havendo diferença significativa para ALT, AF e MSF. Isso indica que o RR, substrato mais arenoso, promoveu melhor crescimento às plantas.

Tabela 3. Altura da planta (ALT), Diâmetro do Caule (DC), Número de Folhas (NF), Área Foliar (AF), Massa Seca da Folha (MSF), Massa seca do Caule (MSC), Massa Seca da Raiz e Massa Seca Total (MST) de mudas de maracujazeiro cultivadas em Neossolo Regolítico e Neossolo Flúvico.

Solo	ALT (cm)	DC (mm)	NF (uni.)	AF (cm ²)	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)	MST (g)
RR	19.8a	2.57a	6.81b	215a	0.67a	0.54a	0.42a	1.63a
RY	20.0a	2.30b	7.30a	218a	0.66a	0.48b	0.34b	1.44b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para a variável de altura das plantas houve diferença das condições de estresse a partir da dose 2,5 g L⁻¹ de hidrogel na condição sem estresse hídrico, sendo maior comparada a condição com estresse no RR (Figura 2A). Já no RY, os dados se ajustaram ao modelo quadrático na condição sem estresse (Figura 2B), com altura máxima estimada na dose 2,9 g L⁻¹ (24,9 cm), já para a condição com estresse, os dados não se ajustaram a nenhum modelo, obtendo média de 17,6 cm de altura.

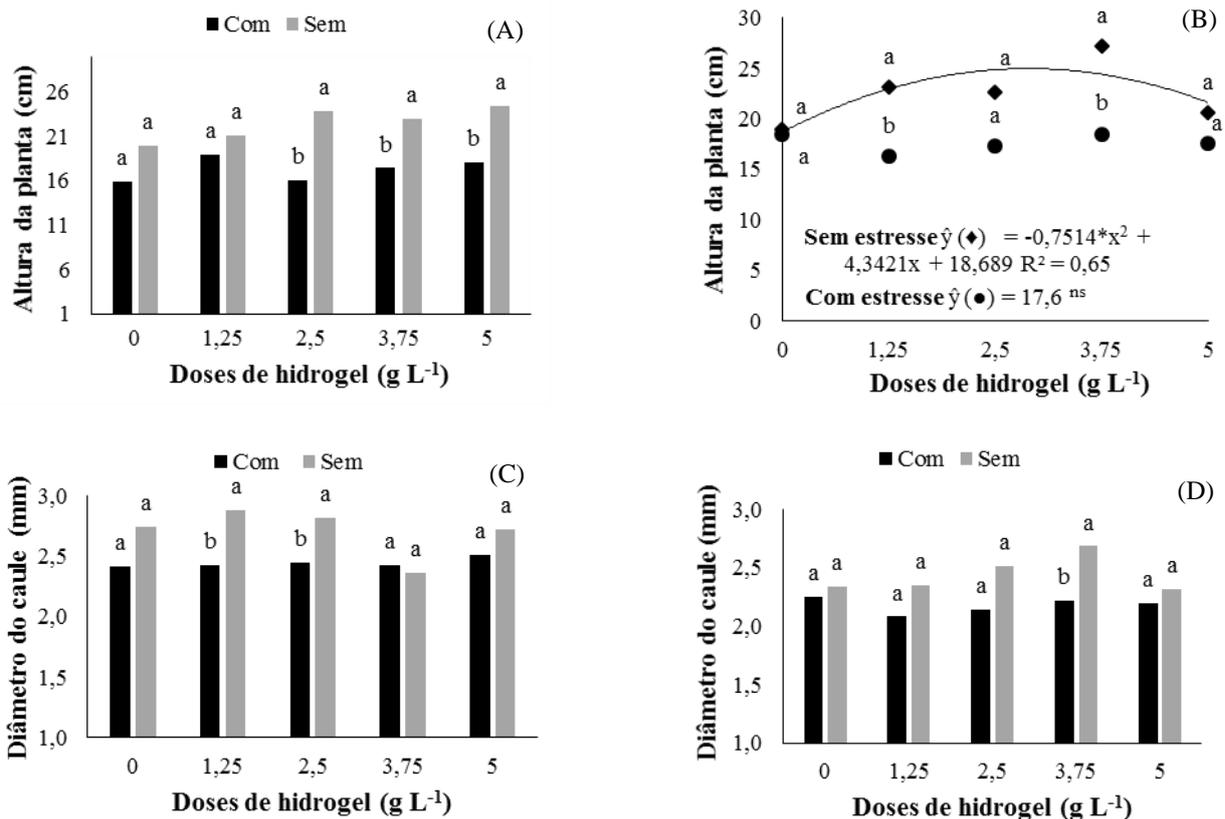


Figura 2. Altura, Diâmetro do caule de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A, C) e Neossolo Flúvico (B, D), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Para o DC, na condição sem estresse houve diferença significativa nas doses de 1,25 e 2,5 g L⁻¹ de hidrogel, com maior diâmetro na condição sem estresse, quando comparada a condição com estresse no RR (Figura 2C). No solo RY (Figura 2D), o diâmetro apresentou diferença significativa apenas na dose 3,75 g L⁻¹, sendo maior na condição sem estresse.

Com relação ao NF, apenas na dose 0 g L⁻¹ de hidrogel apresentou diferença significativa, obtendo um maior valor na condição sem estresse quando estudada no RR (Figura 3A). Já no RY (Figura 3B), os dados dessa variável se ajustaram ao modelo linear, na condição sem estresse, com valor máximo estimado na dose de 5 g L⁻¹ (8 folhas), tendo acréscimo de 0,22 folhas por planta a cada incremento de 1,5 g L⁻¹ do hidrogel aplicado. Já na condição com estresse não houve ajuste para nenhum modelo, com média de 6,5 folhas por planta.

A AF no RR apresentou maiores valores na condição sem estresse em todas as doses de hidrogel, exceto na dose 2,5 g L⁻¹ (Figura 3C). No RY, na condição sem estresse se ajustou ao modelo linear de regressão, obtendo acréscimos de 17,46 cm² a cada incremento de 1,5 g L⁻¹ de hidrogel e valor máximo de 328 cm² na dose 5 g L⁻¹ (Figura 3D), o que representa aumento de 30% comparado à testemunha da mesma condição hídrica.

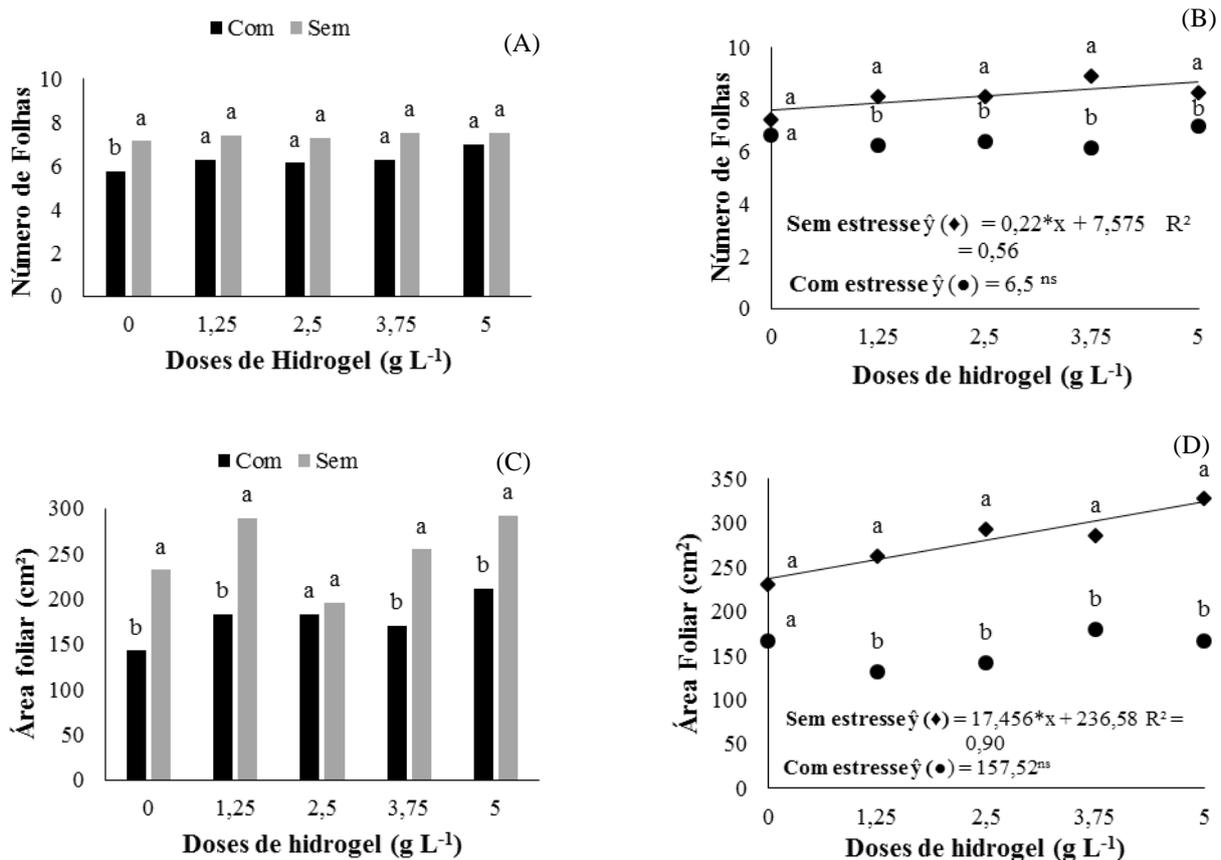


Figura 3. Número de folhas e Área Foliar de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A, C) e Neossolo Flúvico (B, D), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Esses dados demonstram que as doses de hidrogel aplicadas não foram suficientes para atenuar os efeitos do estresse aplicado, uma vez que, a condição sem estresse obteve de modo geral, maiores valores para Alt, DC e AF em ambos os solos, exceto na variável NF, a qual foi maior na condição sem estresse apenas no tratamento sem hidrogel (0 g L⁻¹), e apresentando valores iguais para ambas condições a partir da dose 1,25 g L⁻¹ no RR. É possível observar também ajuste aos modelos quadrático e linear nas variáveis de crescimento sem estresse no RY, devido provavelmente às características desse solo, mesmo com a diferença de apenas 2,3% de argila, o que pode ter resultado numa maior interação com o hidrogel.

Fagundes et al. (2015), analisando o crescimento de mudas de maracujá, mantendo a umidade do substrato na capacidade de campo, ou seja, sem restrição hídrica, com cinco níveis de hidrogel (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 g L⁻¹), constatou eficiência do polímero no crescimento em altura, obtendo aumento de 83,47% na dose 1,49 g L⁻¹ em relação a testemunha (0,0 g L⁻¹) e incremento de 129% na área foliar na dose 1,0 g L⁻¹ comparado ao tratamento sem polímero.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Carvalho et al. (2013), ao avaliar altura e diâmetro do caule de mudas de maracujá, com e sem a aplicação de 3,0 g L⁻¹ de polímero hidroabsorvente, em dois tipos de substratos e diferentes frequências de irrigação. Constando que o substrato Bioplant® junto com a aplicação do polímero antecipou e proporcionou o maior crescimento das mudas, em frequência de rega alternada, resultando em economia de tempo e recurso hídrico.

Avaliando o crescimento de mudas de mamão papaya, Nomura et al. (2019) observaram que a dose de 3 g L⁻¹ de hidrogel permite a produção de mudas com maior número de folhas, maior diâmetro e altura da planta quando irrigadas em regime hídrico ótimo, e que doses com concentrações maiores interferem negativamente nos parâmetros avaliados. Os trabalhos relatados na literatura com uso de hidrogéis na produção de mudas, mostram eficiência dos polímeros com incremento no crescimento, quando se mantêm irrigação ou frequência de irrigação razoável.

Para a MSF no RR (Figura 4A) só houve diferença estatística nas doses de 1,25 e 5,0 g L⁻¹ de hidrogel, apresentando maiores valores na condição sem estresse. Quando aplicada as doses de hidrogel no RY (Figura 4B), os dados dessa variável se ajustaram ao modelo quadrático apenas na condição sem estresse, com o maior valor de MSF obtido na dose estimada de 3,31 g L⁻¹. Já para a condição com estresse, os dados não se ajustaram a nenhum modelo, com média de 0,51 g.

A MSC apresentou resposta linear na condição sem estresse hídrico, tendo um acréscimo de 0,0295 g, a cada g L⁻¹ de hidrogel aplicado, com máxima de 0,72 g (5 g L⁻¹), no solo RR (Figura 4C). Já para a condição com estresse, no mesmo solo, os dados não se ajustaram a nenhum modelo, obtendo média de 0,44 g de MSC. Quando observadas no RY, as doses de hidrogel se ajustaram ao modelo quadrático na condição sem estresse, obtendo o maior valor de MSC (0,67 g), na dose de 3,33 g L⁻¹ (Figura 4D). Ainda no mesmo solo, os dados da condição com estresse mais uma vez não se ajustaram a nenhum modelo, obtendo média de 0,37 g.

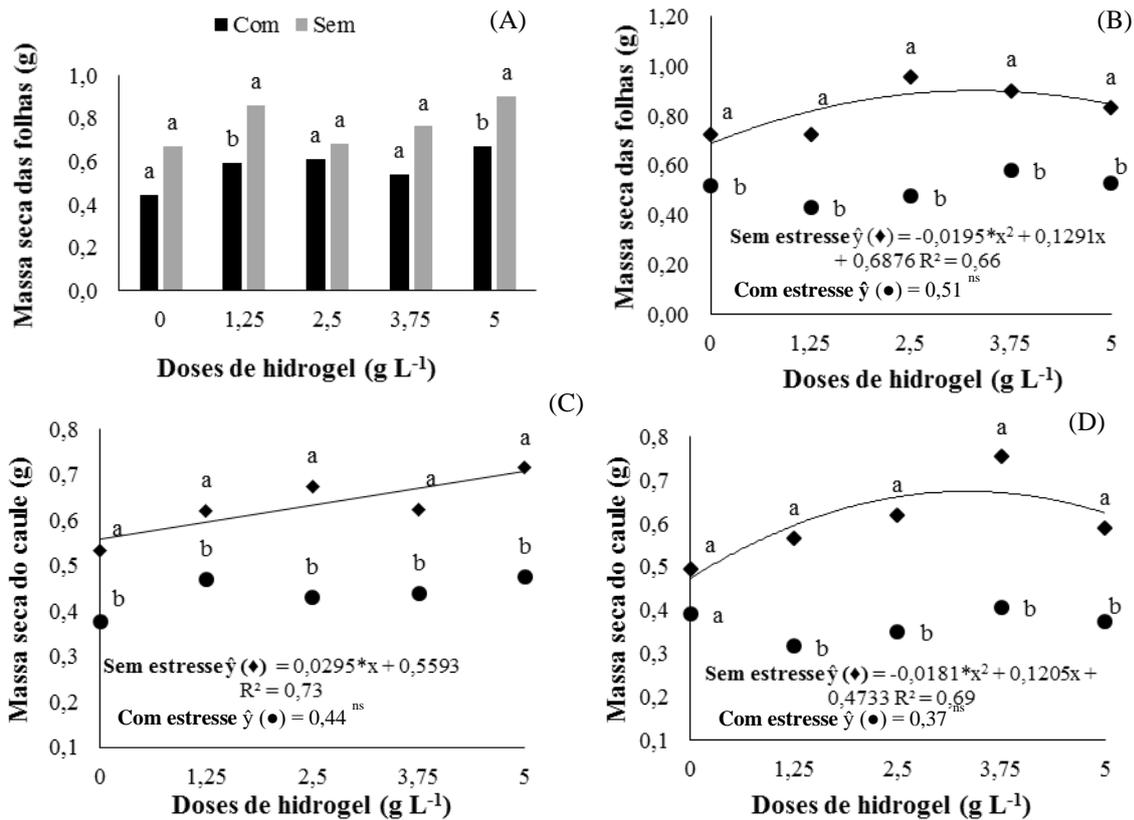


Figura 4. Massa seca das folhas e Massa seca do caule de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A, C) e Neossolo Flúvico (B, D), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

As variáveis de MSR e MST no RR (Figura 5A, C), ajustaram-se linearmente na condição sem estresse, obtendo uma taxa de crescimento estimados em 0,027 g e 0,086 g respectivamente, a cada nível de hidrogel aplicado. Na condição com estresse para as mesmas variáveis e figuras os dados não se ajustaram a nenhum modelo estatístico, obtendo as respectivas médias 0,31 g e 1,3 g para MSR e MST. Para a MSR no RY, na condição com estresse, apresentou resposta quadrática, obtendo o valor mínimo de 0,189 g, na dose estimada de 2,87 g L⁻¹, e o valor máximo foi de 0,30 g, na dose 0 g L⁻¹ (Figura 5B), já a condição sem estresse, os dados não se ajustaram a nenhum modelo estatístico, obtendo um a média de 0,46 g.

A MST no RY, na condição sem estresse (Figura 5D), se ajustou ao modelo linear de regressão obtendo um acréscimo de 0,128 g a cada g L⁻¹ de hidrogel aplicado e valor máximo de 2 g na dose de 5 g L⁻¹. Diferente da condição com estresse, que não se ajustou a nenhuma curva de regressão, alcançando a média de 1,10 g.

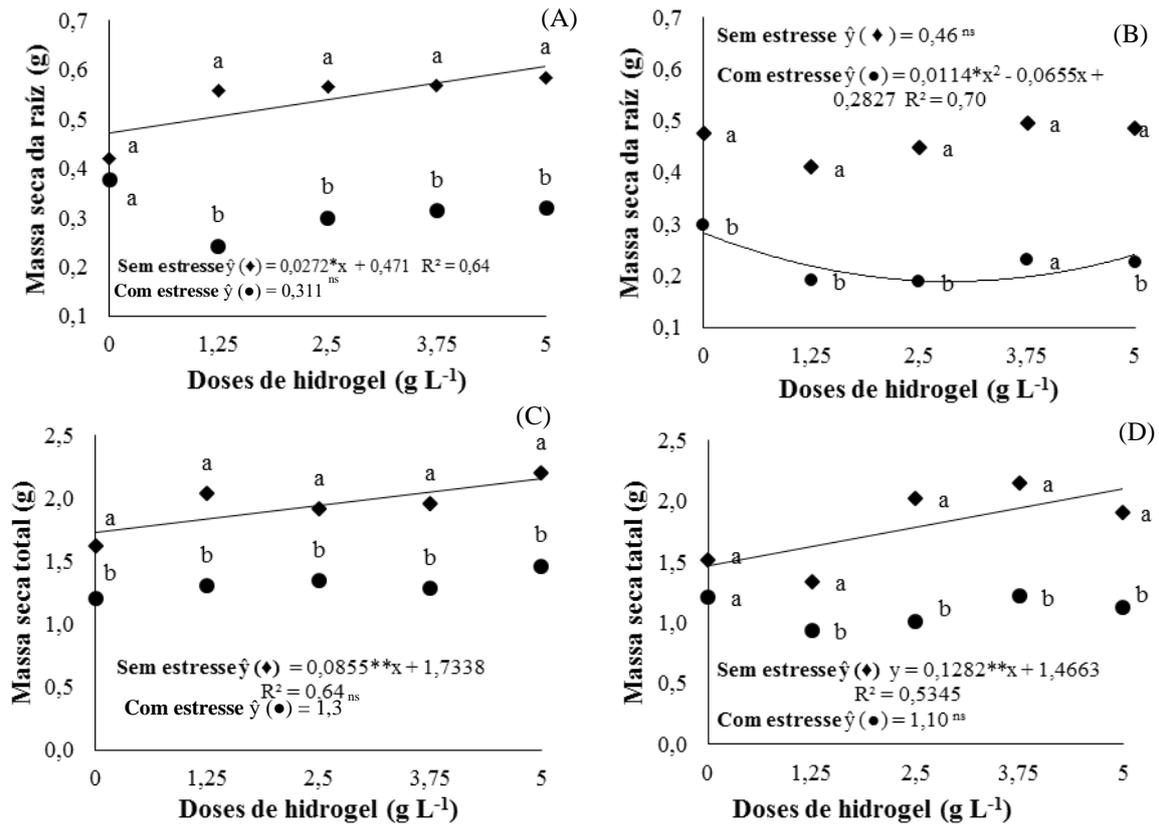


Figura 5. Massa seca da raiz e Massa seca total de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A, C) e Neossolo Flúvico (B, D), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Em geral, a condição sem estresse obteve maiores valores na produção de biomassa seca em comparação a condição com estresse em ambos os solos. No RR, a condição sem estresse foi linear para todas as variáveis, obtendo resultados máximos na maior dose aplicada, exceto na MSF, que não se ajustou. Já no RY, nessa mesma condição, houve resposta quadrática para MSF e MSC, demonstrando que essas variáveis alcançaram valor máximo entre as doses 2,5 e 3,75 g L⁻¹, com depleção em doses superiores. Em contrapartida na MSR não houve ajuste e, na MST o crescimento foi linear no RY e condição sem estresse. Os resultados da produção de biomassa seca comprovam que o estresse imposto às plantas não foi atenuado com a aplicação das doses de hidrogel, e quando atendida a necessidade hídrica da cultura, o hidrogel aumentou a produção de biomassa.

Em pesquisa realizada por Chirino et al. (2011) com mudas de *Quercus suber* L., foi observado que a mistura de substrato comercial com alta dose de hidrogel foi mais eficiente contra os efeitos do déficit hídrico comparado ao mesmo substrato mais argila v/v e sem hidrogel. Ao estudar o crescimento de mudas de cafeeiro, Conte et al. (2014) puderam constatar

que houve aumento na densidade radicular bem como, permitiu aumentar o intervalo entre as irrigações sem comprometer o desenvolvimento das mudas.

De acordo com Hafle et al. (2008), ao avaliar o crescimento de mudas de maracujá doce pelo método de estaquia sob diferentes concentrações de hidrogel (0; 1,5; 3; 4,5 e 6 g L⁻¹ de Ecogel VEG®) e mantendo o substrato próximo a sua capacidade de campo, foi observado que as variáveis de massa seca da parte aérea, da raiz e do total mostraram comportamento quadrático com aumentos de 105,2, 84,26 e 152,86% nas doses de 5,34, 5,24 e 5,23 g L⁻¹ do polímero, respectivamente, e doses mais elevadas promoveram efeito negativo.

Orikiriza et al. (2013) avaliando o desenvolvimento de mudas de espécies arbóreas em substratos com solos de textura arenosa, média e argilosa, constatou que o uso do hidrogel aumentou a biomassa das espécies na condição sem estresse independente da textura, e quando submetidas ao estresse houve aumento na produção de biomassa e maior sobrevivência das espécies em solo de textura arenosa, porém notou-se que, em geral, as texturas dos solos na condição com estresse apresentou redução na produção de biomassa quando comparado com a condição sem estresse.

Avaliando a Alfalfa (*Medicago sativa* L.) em solos com diferentes características Pandey e Nirmal (2017), concluíram que o uso de hidrogel aumentou a retenção de água em ambos os solos e pôde atenuar os efeitos do estresse sobre essa cultura. Abdallah (2019) estudando diferentes granulometrias de hidrogel em solo arenoso, observou que os de partículas mais finas têm maior capacidade de retenção, e que mudas de goiaba obtiveram maior crescimento e resistência ao estresse hídrico no substrato com 0,3% de hidrogel. No entanto o mesmo autor recomenda o aumento de estudos relacionados a resposta de diferentes plantas aos diferentes tipos de hidrogeis.

7.2 Trocas gasosas foliares e Fluorescência da clorofila *a*

Para as variáveis fisiológicas no fator solo, houve efeito significativo na Clorofila Foliar (Clorof) ($p < 0,01$) e na Fluorescência Variável (FV) ($p < 0,05$) (Tabela 4). Para o fator Estresse e para o fator Hidrogel, houve efeito significativo ($p < 0,01$) somente para Clorof. Não houve efeito para a interação Solo x Estresse x Hidrogel em nenhuma variável da fluorescência da clorofila *a*, nem na Clorof.

Tabela 4. Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) para as variáveis de clorofila foliar (Clorof), fluorescência inicial (F0), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica (Fv/Fm) em mudas de maracujá cultivadas em dois solos, com e sem estresse hídrico em função de doses de hidrogel.

FV	GL	Quadrado Médio				
		Clorof	F0	Fm	Fv	Fw
Bloco	3	18,25 ^{ns}	3457,2**	3330,1 ^{ns}	0,004**	1,95 ^{ns}
Solo (S)	1	801,37**	793,80 ^{ns}	72.200 ^{ns}	0,0012*	0,000 ^{ns}
Estresse (E)	1	316,9**	497,0 ^{ns}	2160,9 ^{ns}	0,003 ^{ns}	4,68 ^{ns}
Hidrogel (H)	4	103,5**	463,2 ^{ns}	3983,8 ^{ns}	0,003 ^{ns}	2,94 ^{ns}
S x E x H	4	10,792 ^{ns}	357,55 ^{ns}	3508,64 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Resíduo	27	9,77	317,6	3301,8	0,001	3,13
CV (%)		6,52	8,20	6,06	1,46	6,87

E1 = Sem estresse hídrico; E2 = Com estresse hídrico. ^{ns}, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

No fator solo, isoladamente, pode-se observar que houve diferença significativa (($p < 0,05$) somente na Clorof e Fv (Tabela 5), com maiores valores obtidos no RY. O que indica que, as plantas estavam com maiores sintomas de estresse no RY em comparação ao RR.

Tabela 5. Clorofila foliar (Clorof), fluorescência inicial (F0), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica (Fv/Fm) em mudas de maracujá cultivadas em Neossolo Regolítico (RR) e Neossolo Flúvico (RY)

Solo	Clorof	F0	Fm	Fv	Fw
RR	47.93b	217.25a	948.85a	0.771b	0.000a
RY	54.25a	210.95a	950.75a	0.779a	0.000a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No desdobramento do fator Estresse x Hidrogel dentro do RR as variáveis F0, Fm, Fv e Fv/Fm não tiveram respostas significativas quando observadas em ambas condições hídricas.

Já no RY a F0 (Figura 6A) apresentou resposta quadrática na condição sem estresse, obtendo o valor mínimo de 202,6 na dose de 3,09 g L⁻¹, e o valor máximo de 235 na dose 0 g L⁻¹ de hidrogel. Já na condição com estresse os dados não se ajustaram a nenhum modelo, com média de 209,2. O aumento de F0 representa diminuição na capacidade de transferência de energia da antena para o fotossistema II, ou destruição do centro de reação do fotossistema II (P680) (BAKER e ROSENQVST, 2004; MELO et al., 2010).

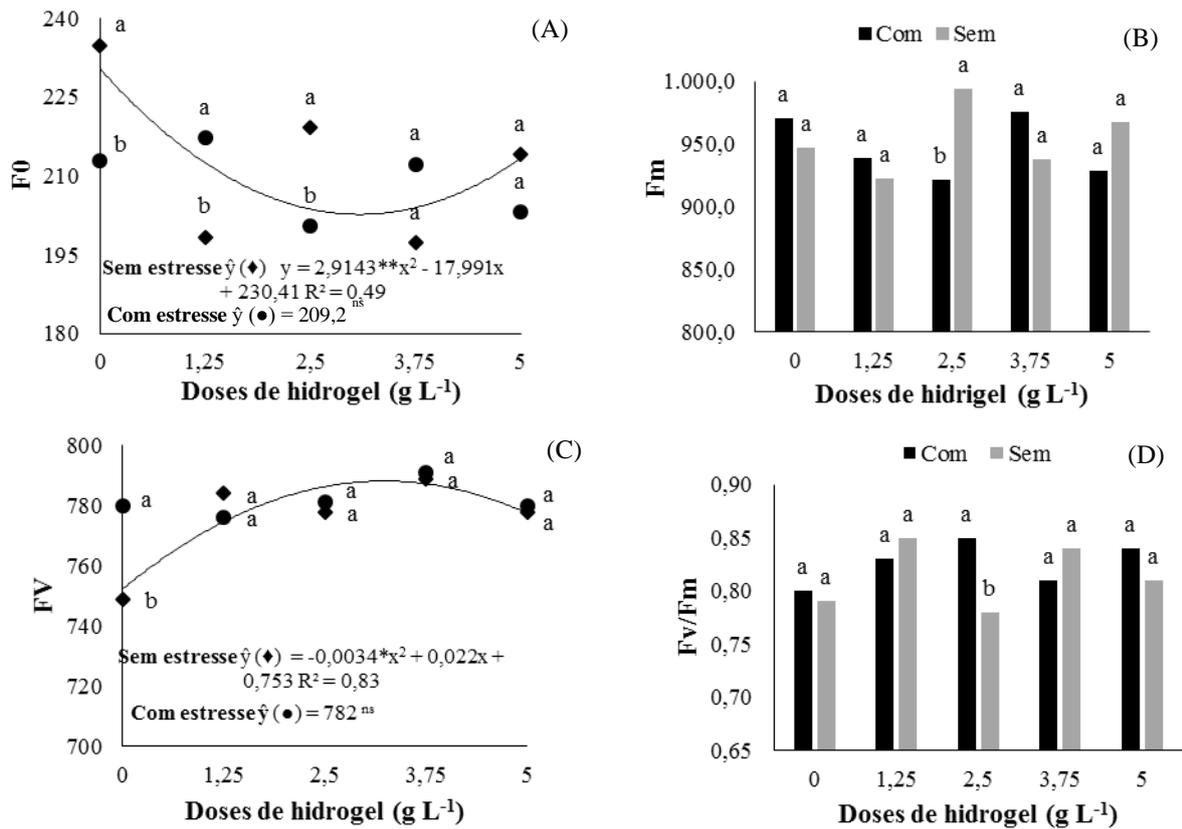


Figura 6. Fluorescência inicial (F₀), máxima (F_m), variável (F_v) e eficiência quântica da clorofila 'a' (F_v/F_m) de mudas de maracujazeiro amarelo, cultivadas em Neossolo Flúvico (A, B, C, D) em resposta a doses de Hidrogel em diferentes condições hídricas (com e sem estresse). ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Neste trabalho, sem a presença de hidrogel (dose 0 g L⁻¹) ambas as condições hídricas obtiveram valores altos, e inesperadamente o sem estresse foi maior comparada ao com estresse, havendo uma alternância de maiores médias com o aumento das doses. De acordo com Gomes et al. (2018), o maracujá amarelo demonstra resistência do seu aparelho fotoquímico ao estresse hídrico, uma vez que o F₀ não variou quando submetido a tratamentos com restrição hídrica.

Os sintomas do estresse hídrico elevado pode ser causado por fatores não estomáticos, como redução da atividade e concentração da enzima ribulose 1,5-bifosfato carboxilase / oxigenase (RuBisCO), fotoinibição, taxa de transferência de elétrons e redução da eficiência fotoquímica do PSII, que pode diminuir ou inibir a fotossíntese (FLEXAS E MENDRANO, 2002; LAWLOR, 2002; LAWLOR e CORNIC, 2002; GRASSI e MAGNANI, 2005).

Segundo Ramos et al. (2019), ao avaliar duas cultivares de bananeira (Fhia-18 e Pacovan-Ken) e três regimes de hídricos (0%, 67% e 100%) observaram que as plantas da cultivar Fhia-18 que não foram irrigadas apresentaram aumento de 70% de F₀ ao longo do tempo, indicando maior estresse hídrico quando comparadas às irrigadas com 67% ou 100% FC.

Na Fm houve efeito significativo apenas na dose de 2,5 g L⁻¹ de hidrogel, obtendo maior valor na condição sem estresse (Figura 6B) e foram significativamente iguais nas demais doses aplicadas para ambas as condições hídricas. Freire et al. (2014) analisando a fisiologia de mudas de maracujá amarelo sob estresse salino, observaram aos 92 dias após o transplântio valores de Fm com depleção de 2.256,7 para 2.048,1 elétrons quantum⁻¹ entre plantas tratadas com água de 0,5 e 4,5 dS m⁻¹, respectivamente, com queda de 9,2% na fluorescência máxima. Observa-se, portanto, que os valores do trabalho supracitado em ambas as condições são maiores que o valor máximo encontrado neste trabalho, que foi de 994,3 elétrons quantum⁻¹ na dose 2,5 g L⁻¹ na condição sem estresse hídrico. Plantas submetidas a estresse abióticos apresentam redução na Fm, indicando problemas do PSII, causando redução do controle de qualidade (STRASSER et al., 2004).

Já a Fv apresentou resposta quadrática na condição sem estresse, onde obteve o maior valor de 789 na dose de 3,24 g L⁻¹ (Figura 6C). Ainda na mesma variável, para a condição com estresse, os dados não se ajustaram a nenhum modelo estatístico, alcançando uma média de 782 elétrons quantum⁻¹. Com relação a Fv/Fm, apenas a dose 2,5 g L⁻¹ apresentou efeito significativo, sendo maior na condição com estresse (Figura 6D). Aos 92 dias avaliando mudas de maracujá amarelo sob estresse salino, foi observado que as plantas irrigadas com água de baixa salinidade apresentaram valores de Fv de 2.347,4 elétrons quantum⁻¹, com superioridade de 9,6% aos 2.212,9 quantum⁻¹ observados nas plantas sob estresse salino (FREIRE et al. 2014).

Os valores obtidos por Freire et al. (2014) mostraram-se superiores na condição de baixa e alta salinidade, quando comparado aos valores encontrados neste trabalho, onde a maior média foi 789 elétrons quantum⁻¹ na condição sem estresse. Gomes et al. (2012) relataram que as variáveis fisiológicas como a fluorescência da clorofila α são excelentes ferramentas para avaliação de mudas de maracujá submetidas déficit hídrico.

De acordo com Ramos et al. (2019), a Fv/Fm foi maior quando aplicado os regimes hídricos de 67% e 100% FC, obtendo valores de 0,77 a 0,80, já para as plantas nos regimes hídricos de 0% FC, apresentaram Fv/Fm abaixo de 0,75, indicando danos em seus aparelhos fotossintéticos devido ao estresse causado pela baixa disponibilidade de água. Resultados semelhantes foram encontrados por Freire et al. (2014), constatando que o rendimento quântico potencial do fotossistema II foi influenciado significativamente pela salinidade da água, quando o incremento no teor salino da água até o início da floração reduziu a Fv /Fm de 0,82 para 0,77, com depleção de 6,1%.

Estes resultados citados, assemelham-se com os valores encontrados neste trabalho, onde foi observado que a Fv/Fm em ambas as condições (com e sem estresse hídrico) variou de 0,78 a 0,85, sendo estatisticamente iguais nas doses de hidrogel estudadas, com exceção da dose de 2,5 g

L⁻¹. Apresentou diferença com maior valor na condição com estresse. De acordo com Silva et al. (2007), a capacidade de uma planta em manter um alto Fv/Fm sob condições de estresse hídrico indica que ela mantém alta eficiência no uso de radiação solar e assimilação de carbono, e uma melhor eficiência no uso da água.

Bolh ar-Nordenkampf et al. (1989) e Melo et al. (2010) destacam que a relação Fv/Fm é de 0,75 a 0,85, portanto, quando ocorre uma diminuição nesse intervalo significa danos por foto inibição nos centros de reação do PSII. Tendo em vista os resultados obtidos nesta pesquisa, o sistema fotossintético está intacto e não se observa inibição da atividade fotoquímica nos centros de reação do FSII das plantas.

Conforme Taiz e Zeiger (2009), as clorofilas desempenham papel importante na fotossíntese, sendo responsáveis pela captação de energia luminosa, destacando-se a clorofila a como o principal pigmento dos complexos coletores de luz (LHC) para as reações fotoquímicas. Portanto, é esperado que cultivares que mantenham maiores conteúdo desses pigmentos sob deficiência hídrica, têm melhor capacidade de tolerar essa condição, devido à estreita relação entre clorofilas, potencial fotossintético e produtividade (O'NEILL et al., 2006).

No entanto, nesta pesquisa os valores do Clorofila total (Clorof) mostram que, no RR (Figura 7A), ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, nas duas condições hídricas, e observa-se que na condição com estresse, o maior valor obtido foi de 53,14, na dose de 4,24 g L⁻¹ de hidrogel. Já na condição sem estresse, o maior valor alcançado foi de 48,30, na dose de 4,22 g L⁻¹. No RY, para a mesma variável, apenas na dose de 1,25 g L⁻¹, a condição com estresse hídrico maior (Figura 7B).

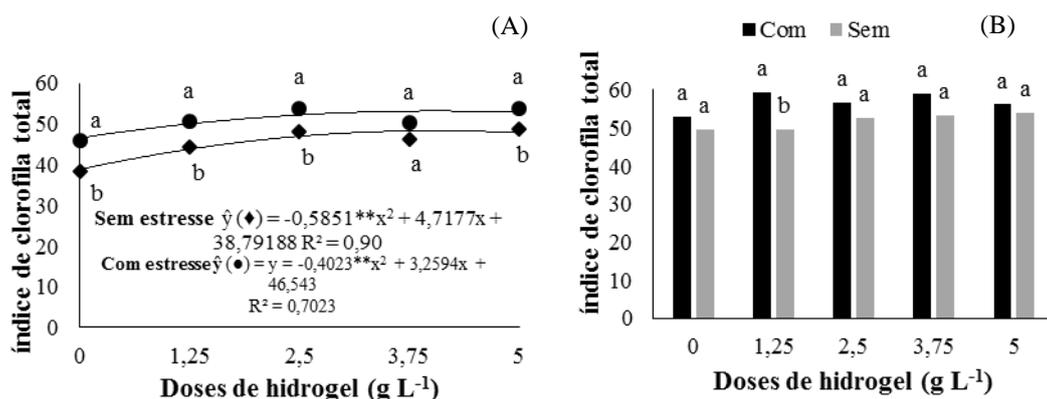


Figura 7.  ndice de clorofila total de mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A) e Neossolo Flúvico (B) em resposta a doses de Hidrogel em diferentes condições hídricas (com e sem estresse). ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Esses resultados podem estar relacionados com a diminuição da AF nas plantas sob estresse, o que provavelmente resultou numa maior concentração de clorofila total nas plantas

nesta condição. Para compensar parcialmente os efeitos de um estresse, as plantas geralmente produzem folhas mais espessas e com maior número de células por unidade de área, como foi observado por Shah et al. (2017) plantas de *Triticum aestivum* L. sob estresse salino diminuíram a área foliar e biomassa, e aumentaram a clorofila total. O aumento do pigmento por área foliar foi também atribuído à diminuição no crescimento da folha em resposta ao estresse salino por García-Sánchez et al. (2002) em espécies de citrus.

Ao avaliar o comportamento de mudas de seringueira submetidas a deficiência hídrica e posterior reidratação, Nascimento et al (2019) relatou que o índice de clorofila total não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e períodos estudados. Para Galle et al. (2009), este comportamento pode ser indicativo de que mesmo sob estresse hídrico severo, a deficiência hídrica não foi o suficiente para oxidar estes pigmentos ou inibir a síntese do mesmo, e que as proteínas associadas ao fotossistema I e II, que protegem esses pigmentos não foram desnaturadas.

Na Tabela 6, observa-se que houve efeito significativo para o fator Solo somente nas variáveis concentração interna de gás carbônico (ci) e Eficiência no uso da água (EUA). Já, para o fator estresse, houve efeito na Condutância estomática (gs), concentração interna de gás carbônico (ci), relação entre a concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), Transpiração (E), Assimilação Líquida de Carbono (A), Eficiência no uso da água (EUA). Não havendo para o fator Hidrogel, assim como não houve para a interação solo x condição hídrica x hidrogel em nenhuma variável analisada (Tabela 6)

Tabela 6. Resumo da análise de variância (Quadrado média) da temperatura da folha (T), da condutância estomática (gs), da concentração interna de gás carbônico (Ci), da relação entre a concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), da transpiração (E), da assimilação líquida de carbono (A), da eficiência no uso da água (EUA) e, da eficiências instantânea de carboxilação (EiC) em folhas de mudas de maracujá cultivadas em dois solos, com e sem estresse hídrico em função de doses de hidrogel.

FV	GL	Quadrado Médio							
		T	gs	Ci	Ci/Ce	E	A	EUA	EiC
Bloco	3	6,61**	0,001*	3955,0**	0,02**	0,37**	5,91**	1,38**	0,009**
Solo (S)	1	2.000 ^{ns}	0.001 ^{ns}	2952.45*	0.019 ^{ns}	0.518*	0.108 ^{ns}	2.700*	0.000 ^{ns}
Estresse (E)	1	0,001 ^{ns}	0,014**	15622**	0,10**	4,77**	6,54**	6,37**	0,001 ^{ns}
Hidrogel (H)	4	1,77 ^{ns}	0,001 ^{ns}	94,66 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,005 ^{ns}
S x E x H	4	0.109 ^{ns}	0.000 ^{ns}	104.03 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.026 ^{ns}	0.210 ^{ns}	0.647 ^{ns}	0.000 ^{ns}
Resíduo	27	0,93	0,002	592,1	0,003	0,08	0,64	0,24	0,001
CV (%)		2,96	35,85	8,53	8,40	24,37	29,56	20,40	33,10

^{ns}, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

O fator Solo comparado isoladamente, pode ser observado na Tabela 7. Observa-se que o ci e E foram maiores no RR em comparação ao RY. Em contrapartida o EUA obteve valores maiores no RY em detrimento ao RR. O que demonstra que, no RY, as plantas estavam com maiores sintomas do efeito do estresse hídrico.

Tabela 7. Temperatura da folha (T), condutância estomática (gs), concentração interna de gás carbônico (Ci), relação entre a concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), transpiração (E), assimilação líquida de carbono de mudas de maracujazeiro cultivadas em Neossolo Regolítico e Neossolo Flúvico.

Solo	T	gs	ci	Ci/Ce	E	A	EUA	EiC
RR	32.7a	0.04a	285.3a	0.71a	1.16a	2.71a	2.43b	0.009a
RY	32.4a	0.04a	273.2b	0.68a	1.00b	2.79a	2.82a	0.010a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No RR, para a variável de ci (Figura 8A), as doses de 1,25, 2,5 e 3,75 g L⁻¹ de hidrogel foram significativas, sendo observados os maiores valores na condição sem estresse. Já no RY essa variável apresentou resposta quadrática na condição com estresse, obtendo o valor mínimo de 246,7 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de ci, na dose de 2,25 g L⁻¹, e o valor máximo de 297 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de ci, na dose de 5,0 g L⁻¹ (Figura 8B). Para o mesmo solo, a condição sem estresse não se ajustou a nenhum modelo estatístico, apresentando valor médio de 286,1 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de ci.

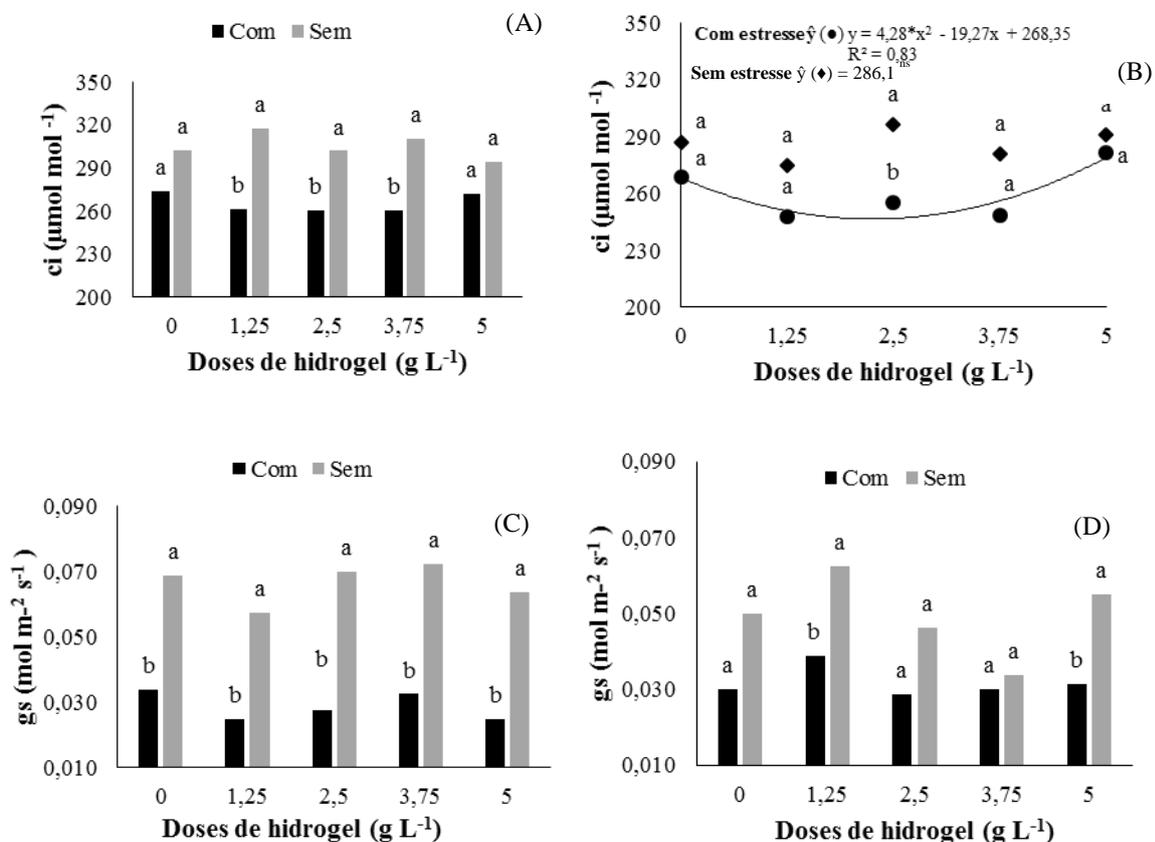


Figura 8. Concentração interna de gás carbônico (ci) e Condutância estomática (gs) em mudas de maracujazeiro amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A, C) e Neossolo Flúvico (B, D), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Em relação a g_s , foi observado efeito significativo para todas as doses estudadas, sendo alcançado os maiores valores na condição sem estresse, quando analisadas no RR (Figuras 8C). Já no RY, para variável de g_s (Figura 8D), apenas as doses de 1,25 e 5,0 g L⁻¹ de hidrogel foram significativas, sobressaindo a condição sem estresse.

A transpiração (E) no RR, semelhante ao comportamento do g_s , obteve efeito significativo para todas as doses estudadas, sendo alcançado os maiores valores na condição sem estresse (Figura 9A). No RY, analisando a E (Figura 9B), observa-se que as doses de 2,5 e 5,0 g L⁻¹ foram as que obtiveram respostas estatísticas diferentes, no qual a condição sem estresse, mais uma vez, sobressai com maiores valores obtidos. Já a A no RY (Figura 9C) mostrou tendência de ser maior na condição sem estresse, porém só apresentou diferença significativa para a dose de 5,0 g L⁻¹.

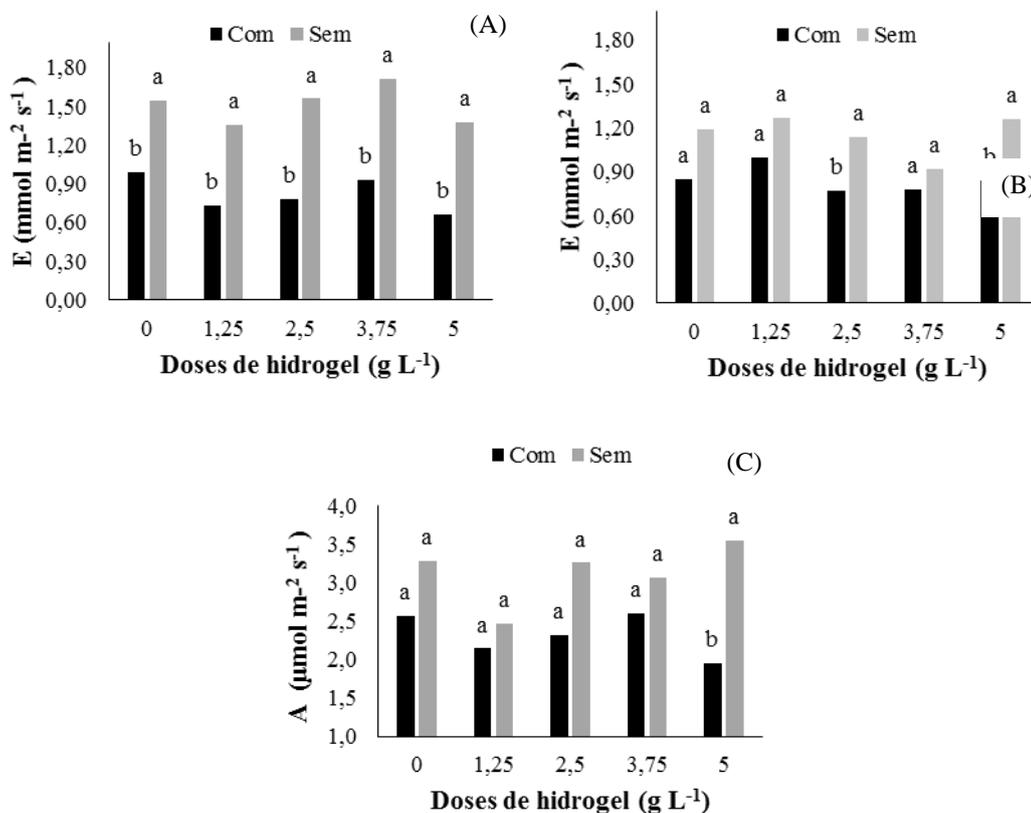


Figura 9. Transpiração em folhas (E) e Assimilação líquida de carbono (A) em mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (a) e Neossolo Flúvico (b, c), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

No geral, os parâmetros fisiológicos avaliados de mudas de maracujá (g_s , E e A) apresentaram maiores valores na condição sem estresse, em ambos os solos, indicando que as doses aplicadas do hidrogel quando bem hidratadas contribuíram para esse aumento, com exceção do g_s no RY, no qual mostrou que a condição com estresse teve respostas pronunciadas,

tendo obtido o maior valor na dose de 5 g L⁻¹ de hidrogel. As doses de hidrogel aplicadas nos solos não atenuou o estresse provocado nas plantas obtendo menores valores nos aspectos fisiológicos estudados.

Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida (2017), ao avaliar o crescimento de mudas de romãzeira sob diferentes níveis de hidrogel (0,0; 1,0 e 2,0 g kg⁻¹), onde observaram que a A, gs e E foram superiores na presença do hidrogel nas doses 1,0 e 2,0 g kg⁻¹, obtendo valores de 8,58 e 8,11 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (A), 57,32 e 75,61% (gs) e 43,79 e 63,50% (E) respectivamente, em comparação a testemunha, dose 0 g kg⁻¹ de polímero, já o parâmetro de ci, não houve diferença significativa entre as doses do hidrogel.

Em pesquisa feita por Scalon et al. (2011) também notaram que a redução no conteúdo de água no solo pode ter acarretado o fechamento parcial dos estômatos das mudas de mutamba, contribuindo para a diminuição da condutância estomática, o que implica, por sua vez, em queda da transpiração e da assimilação de CO₂.

O déficit hídrico nas plantas pode ocasionar efeitos negativos desde a fase de crescimento inicial como em todas as etapas de seu desenvolvimento, alterando seus efeitos fisiológicos, o que acarreta diretamente na diminuição do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático que reduz a condutância estomática, provocando a redução da concentração interna de CO₂ e taxa fotossintética (HONG-BO et al., 2008), interferindo diretamente a fase final, que é a produção das culturas.

Para a relação entre a concentração interna e externa de gás carbônico (ci/ce), no RR (Figura 10A), nota-se que, as doses 1,25, 2,5 e 3,75 g L⁻¹ de hidrogel foram as que obtiveram diferença estatística, sendo maior na condição sem estresse. Já no RY, apenas a dose de 2,5 g L⁻¹ teve resposta significativa, sendo mais uma vez maior na condição sem estresse (Figura 10B).

De acordo com Guerra et al. (2017) através da relação Ci/Ce pode-se constatar a eficiência ou ineficiência das reações metabólicas de fixação de carbono, sendo que quanto mais se aproximar de 1,0, menos eficiente é esse processo, ou seja, o CO₂ que está chegando às células do mesófilo não está sendo fixado na fase de carboxilação da ribulose 1,5 bifosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco), possivelmente por danos em sua estrutura, reduzindo a taxa fotossintética. Por tanto, a tendência de menores valores de Ci/Ce obtida na condição com estresse em ambos os solos, demonstra que o aparato fotossintético não foi comprometido, e que a baixa taxa de assimilação de CO₂, nesta condição, é causada pelo fator estomático.

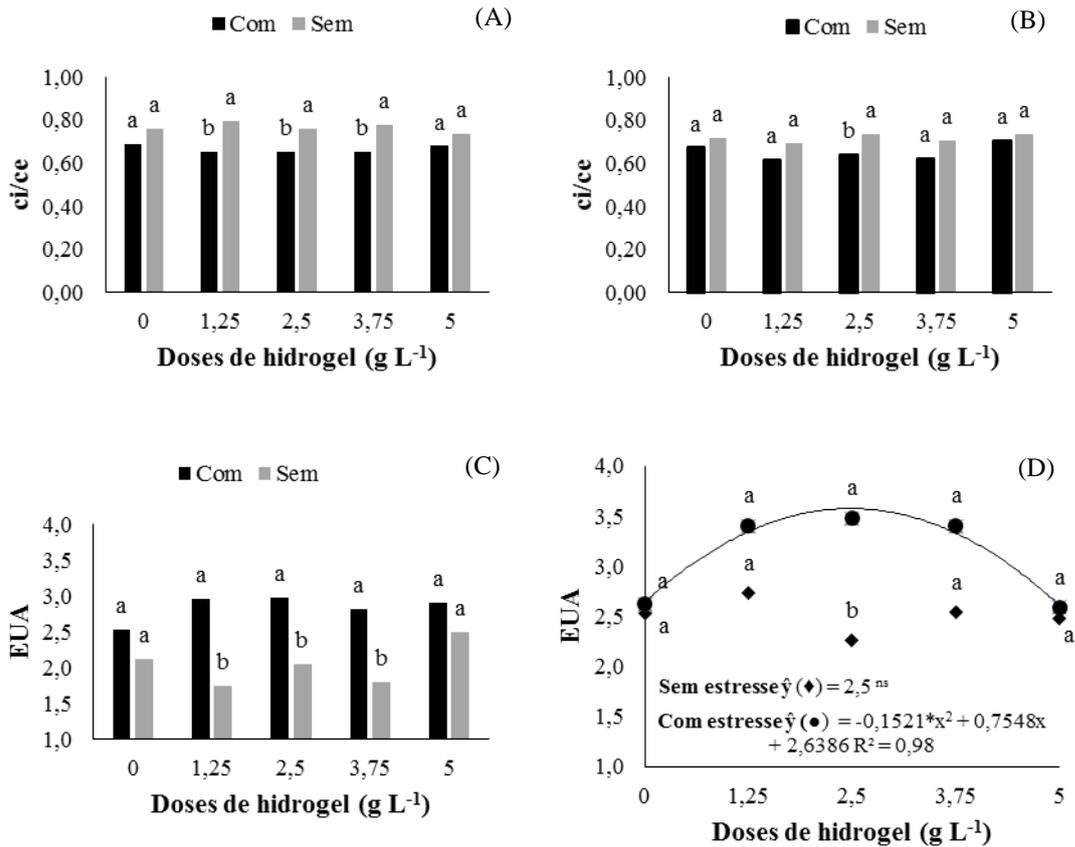


Figura 10. Relação entre a concentração interna e externa de gás carbônico (ci/ce) e Eficiência no uso da água (EUA) em folhas mudas de maracujá amarelo, cultivadas em Neossolo Regolítico (A, C) e Neossolo Flúvico (B, D), sob duas condições hídricas (com e sem estresse) e níveis de hidrogel. ns, *, ** não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2014), avaliando mudas de citrus sob estresse hídrico e aplicação de hidrogel, constatando redução de 25% no parâmetro de Ci/Ce para as cultivares ‘Navelina’ e ‘Navelate’ quando as plantas estavam sob déficit hídrico em relação às plantas sem estresse. Da mesma forma Jacinto Junior et al. (2019), submetendo genótipos de feva a estresse hídrico severo, observou diminuição dos valores de Ci/Ce comparado aos mesmos genótipos irrigados. Em contrapartida, ao estudar níveis de salinidade em plantas de tomateiro, Tatagiba et al (2014), observaram que conforme aumentou a salinidade, maior os valores da relação Ci/Ce, indicando que esse aumento provavelmente está relacionado com limitações no aparato fotossintético.

Em relação a Eficiência no uso da água (EUA) quando analisada no RR (Figura 10C), as doses de 1,25, 2,5 e 3,75 g L⁻¹ apresentaram respostas significativas, obtendo os maiores valores quando estudadas na condição com estresse hídrico. Já no RY, os dados dessa variável ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão na condição com estresse hídrico, onde obteve o maior valor de 3,58 na dose de 2,48 g L⁻¹ de hidrogel (Figura 10D). Para a condição sem estresse,

no mesmo solo, os dados não se ajustaram a nenhum modelo estatístico, obtendo uma média de 2,5 para o EUA. De forma geral, observa-se efeito significativo principalmente na dose de 2,5 g L⁻¹ de hidrogel em ambas variáveis e solos, com ressalva na condição hídrica, onde a ci/ce mostrou-se superior na condição Sem Estresse, diferentemente da EUA que foi maior na condição com estresse.

De acordo com Pradela (2016), quando as plantas estão se ajustando inicialmente as condições de seca, a EUA pode aumentar porque o fecho parcial dos estômatos vai afetar mais a transpiração que a absorção de CO₂. Portanto, à medida que o estresse se torna mais severo, a EUA vai diminuindo e, conseqüentemente, o metabolismo vai se tornando mais impossibilitado (TAIZ; ZEIGER, 1998).

7.3 Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais (ACP), aplicada na matriz de correlações das características de crescimento e fisiológicas das mudas de maracujazeiro amarelo cultivadas em RR (substrato arenoso), na condição sem estresse e com aplicação de doses de hidrogel, mostrou que dois Componentes Principais (CPs) explicaram 69,10% da variância total, sendo 41,38% na CP₁ e 27,72% na CP₂ (Tabela 8). No CP₁ as variáveis selecionadas com base no critério de Raghupathi et al. (2002) foram, Alt, DC, NF, Clorof, F0, Fv, Fv/Fm, T, Ci, A, gs, Ci/Ce, EUA, EiC, MSF, MSC, MSR e MST, já no CP₂, todo o grupo de variáveis também se mostraram importantes, com exceção do DC e F0.

Tabela 8. Autovalores e autovetores dos componentes principais

Componente principal		
	Componente 1	Componente 2
Autovalor (λ)	8,69	5,82
Variância explicada (%)	41,38	27,72
Variância acumulada (%)	41,38	69,10
Variáveis	Componente 1	Componente 2
Alt	0,84*	0,36*
DC	-0,20*	0,18
NF	0,46*	0,68*
Clorof	0,66*	0,62*
F0	-0,94*	0,05
Fm	-0,51*	0,43*
Fv	0,59*	0,21*
Fv/Fm	0,79*	-0,39*
T	-0,59*	0,28*
Ci	-0,85*	0,44*
E	-0,09	-0,51*
gs	0,22*	-0,66*
A	0,82*	-0,56*
Ci/Ce	-0,85*	0,43*
EUA	0,83*	-0,28*
EiC	0,87*	-0,47*
AF	0,09	0,60*
MSF	0,31*	0,78*
MSC	0,77*	0,59*
MSR	0,46*	0,81*
MST	0,55*	0,83*

Obs.: em (*) as variáveis significativas de cada componente

Altura (Alt), Diâmetro do caule (DC), Número de folhas (NF), Índice de clorofila (Clorof), Fluorescência inicial (F0), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável (Fv), Eficiência quântica (Fv/Fm), Temperatura foliar (T), Concentração interna de gás carbônico (Ci), Transpiração (E), Condutância estomática (gs), Assimilação líquida de carbono (A), Concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), eficiência no uso da água (EUA), Eficiências instantânea de carboxilação (EiC), Área foliar (AF), Massa seca das folhas (MSF), Massa seca do caule (MSC), Massa seca da raiz (MSR) e Massa seca total (MST).

E, aplicando a ACP no mesmo substrato arenoso (RR) na condição com estresse hídrico e uso de doses de hidrogel, mostrou que os dois Componentes Principais (CPs) foram suficientes para explicar 86,44% da variância total, sendo 66,69% na CP₁ e 19,75% na CP₂ (Tabela 9). No CP₁ todas variáveis, sendo elas, Alt, DC, NF, Clorf, F0, Fv, Fv/Fm, T, Ci, E, A, gs, Ci/Ce, EUA, EiC, AF, MSF, MSC, MSR, MST foram selecionadas, e no CP₂, as variáveis que se mostraram importantes foram a Alt, DC, F0, Fm, Fv/Fm, T, Ci, A, Ci/Ce, EUA, EiC, MSC, MSR e MST.

Tabela 9. Autovalores e autovetores dos componentes principais

Componente principal		
	Componente 1	Componente 2
Autovalor (λ)	14,00	4,15
Variância explicada (%)	66,69	19,75
Variância acumulada (%)	66,69	86,44
Variáveis	Componente 1	Componente 2
Alt	0,66*	-0,41*
DC	0,80*	0,53*
NF	0,88*	0,21
Clorof	0,90*	-0,01
F0	-0,64*	-0,57*
Fm	0,79*	-0,42*
Fv	0,97*	0,00
Fv/Fm	-0,71*	0,48*
T	-0,83*	-0,54*
Ci	-0,17*	0,89*
E	-0,97*	-0,09
gs	-0,93*	0,02
A	-0,91*	-0,27*
Ci/Ce	-0,26*	0,92*
EUA	0,85*	-0,40*
EiC	-0,79*	0,39*
AF	0,98*	0,08
MSF	0,98*	0,01
MSC	0,94*	-0,27*
MSR	-0,63*	0,69*
MST	0,93*	0,24*

Obs.: em (*) as variáveis significativas de cada componente

Altura (Alt), Diâmetro do caule (DC), Número de folhas (NF), Índice de clorofila (Clorof), Fluorescência inicial (F0), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável (Fv), Eficiência quântica (Fv/Fm), Temperatura foliar (T), Concentração interna de gás carbônico (Ci), Transpiração (E), Condutância estomática (gs), Assimilação líquida de carbono (A), Concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), eficiência no uso da água (EUA), Eficiências instantânea de carboxilação (EiC), Área foliar (AF), Massa seca das folhas (MSF), Massa seca do caule (MSC), Massa seca da raiz (MSR) e Massa seca total (MST).

A Figura 7A, foi obtida a partir da ACP no RR na condição sem estresse, formando um gráfico de dispersão que representa os componentes principais 1 e 2, sendo composta pela nuvem de variáveis (indicadores), sobreposta pela distribuição dos tratamentos (5 doses de hidrogel). Observa-se que as variáveis fisiológicas Ci/Ce, Ci, Fm, T e de maneira mais fraca a F0, estão correlacionadas positivamente e na região do gráfico onde está o tratamento 2 (dose 1,25 g L⁻¹), no lado oposto do gráfico, ou seja, em uma relação antagônica às variáveis A, EiC, Fv/Fm, e EUA (Figura 6A). A AF, MSF, MSR, MST e NF, posicionaram-se correlacionadas positivamente entre si e negativamente à E, formando ângulo próximo a 180°. A E tem maior

valor no tratamento 1 (0 g L^{-1} de hidrogel), evidenciando que sem a presença do hidrogel, houve maior transpiração das plantas e que isso afetou o crescimento e produção de massa seca.

O tratamento 5 (dose 5 g L^{-1}) se localizou no gráfico mais correlacionado às variáveis Alt, e de maneira mais fraca com MSC, Clorof e Fv (Figura 7A). Os tratamentos 3 e 4 não mostraram alta correlação para nenhuma variável analisada. Isso demonstra que no RR, na condição sem estresse, o tratamento mais correlacionado com o crescimento e produção de massa seca foi a dose 5 g L^{-1} . Ou seja, quando não há restrição hídrica a maior dose promoveu a produção de melhores mudas.

Já no gráfico de dispersão da condição com estresse no RR (Figura 7B), observa-se que as variáveis EUA, MSC, Fm e Alt estão fortemente correlacionadas de forma positiva entre si e ao tratamento 2 (dose $1,25 \text{ g L}^{-1}$), e estas, por sua vez, estão posicionadas no lado oposto às variáveis Fv/Fm e MSR, as quais estão mais correlacionadas ao tratamento 1 (dose 0 g L^{-1}) (Figura 7B). É possível constatar que, a MSR na condição sem estresse está em correlação positiva às variáveis MST, MSC e MSF, enquanto na condição com estresse está em correlação negativa. Além disso, a MSR na condição com estresse está em sinergismo com a taxa de assimilação líquida de carbono (A) ($-0,63$ e $-0,91$, respectivamente), ou seja, a diminuição de A levou redução de MSR, e por conseguinte, quando houve aumento em A levou ao aumento em MSR em detrimento do crescimento das outras partes da planta (Alt, MSC, MSF, MST).

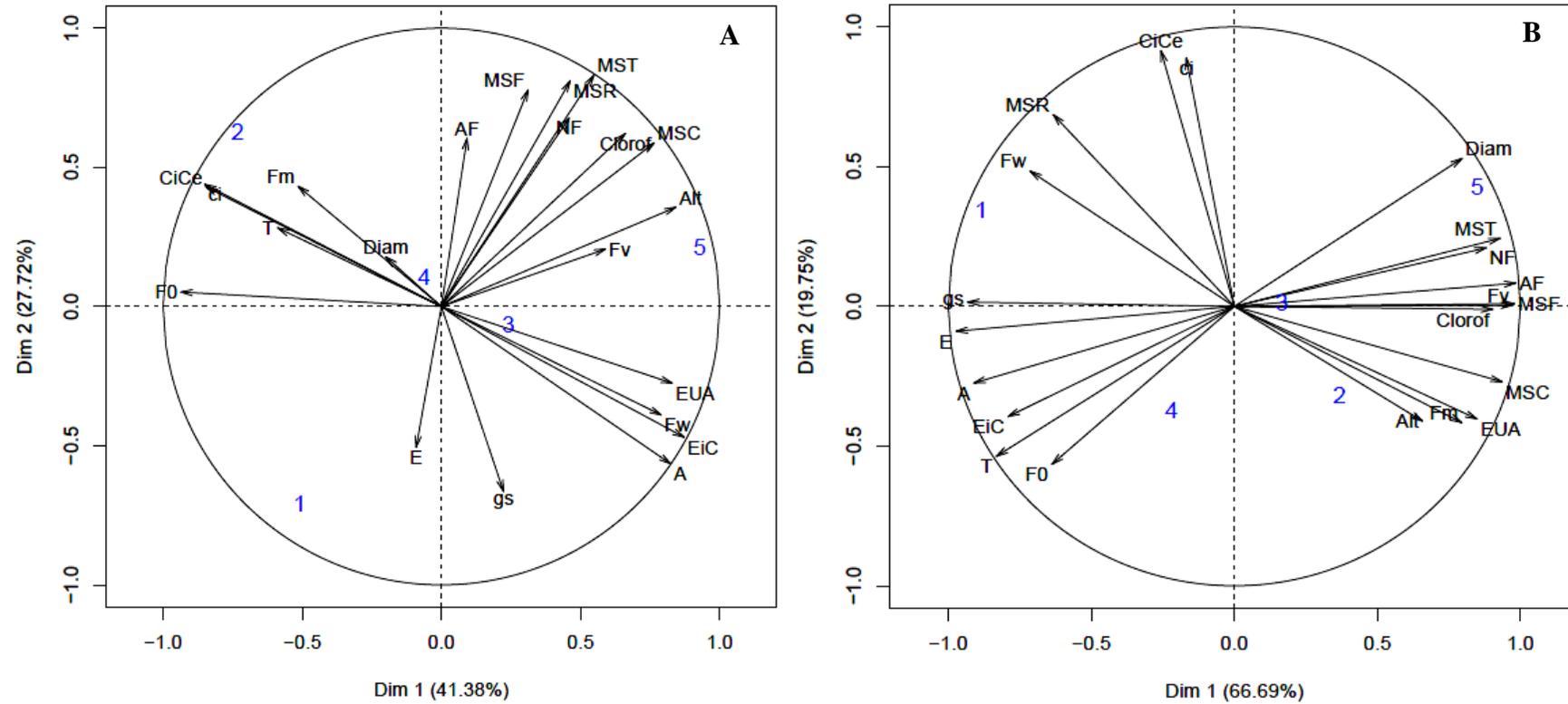


Figura 11. Análise de componentes principais das variáveis de crescimento e fisiológicas de mudas de maracujá cultivadas em Neossolo Regolítico (substrato arenoso) com diferentes doses de hidrogel sem (A) e com (B) estresse hídrico.

Isto demonstra que, no tratamento 1 (0 g L^{-1}), ou seja, sem a presença do hidrogel, na condição com estresse, a fotossíntese que foi realizada se converteu em biomassa alocada preferencialmente na raiz. Liu e Stutzel (2004), constataram em plantas de *Amaranthus* spp. que o estresse hídrico diminuiu a área foliar enquanto aumentou a massa da raiz, ou seja, as plantas tendem a conservar órgãos que obtêm água, àqueles que perdem.

O tratamento 5 (dose 5 g L^{-1}) ficou fortemente correlacionado com as variáveis DC, MST e NF, as quais ficaram posicionadas no lado oposto às variáveis T, EiC, A e F0 que estão associadas à dose 4 ($3,75 \text{ g L}^{-1}$), demonstrando um antagonismo (correlação negativa) entre esses dois grupos de variáveis. O tratamento 3 não se mostrou fortemente correlacionados com nenhuma variável. Analisando as correlações obtidas nas diferentes condições através das análises de componentes principais, observa-se que o tratamento 5 (dose de 5 g L^{-1}) esteve correlacionado com os maiores valores de crescimento e produção de massa seca, principalmente na condição com estresse hídrico (Figura 7B).

No RY (substrato argiloso) a Análise de Componentes Principais (ACP) também foi aplicada para as duas condições hídricas. Na condição sem estresse hídrico a ACP mostrou que dois CPs explicaram 79,98% da variância total dos dados, sendo 48,14% na CP₁ e 31,83% na CP₂ (Tabela 10). No CP₁ todas variáveis foram selecionadas, sendo elas, Alt, DC, NF, Clorof, F0, Fv, Fv/Fm, T, Ci, E, A, gs, Ci/Ce, EUA, EiC, AF, MSF, MSC, MSR e MST, e na CP₂, as variáveis que se mostraram importantes foram a Alt, DC, NF, F0, Fm, Fv, Fv/Fm, Ci, E, Ci/Ce, EUA, EiC, MSC e MSR.

Tabela 10. Autovalores e autovetores dos componentes principais

Componente principal		
	Componente 1	Componente 2
Autovalor (λ)	10,11	6,69
Variância explicada (%)	48,14	31,83
Variância acumulada (%)	48,14	79,98
Variáveis	Componente 1	Componente 2
Alt	0,59*	0,78*
DC	0,79*	0,43*
NF	0,70*	0,65*
Clorof	0,85*	-0,08
F0	-0,23*	-0,91*
Fm	0,54*	-0,76*
Fv	0,50*	0,68*
Fv/Fm	-0,16*	0,98*
T	0,66*	0,00
Ci	0,47*	-0,86*
E	-0,73*	-0,37*
gs	-0,80*	-0,10
A	-0,92*	0,16
Ci/Ce	0,45*	-0,85*
EUA	-0,66*	0,70*
EiC	-0,85*	0,34*
AF	0,62*	-0,05
MSF	0,95*	-0,10
MSC	0,82*	0,56*
MSR	0,56*	-0,21*
MST	0,99*	-0,06

Obs.: em (*) as variáveis significativas de cada componente

Altura (Alt), Diâmetro do caule (DC), Número de folhas (NF), Índice de clorofila (Clorof), Fluorescência inicial (F0), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável (Fv), Eficiência quântica (Fv/Fm), Temperatura foliar (T), Concentração interna de gás carbônico (Ci), Transpiração (E), Condutância estomática (gs), Assimilação líquida de carbono (A), Concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), eficiência no uso da água (EUA), Eficiências instantânea de carboxilação (EiC), Área foliar (AF), Massa seca das folhas (MSF), Massa seca do caule (MSC), Massa seca da raiz (MSR) e Massa seca total (MST).

A ACP aplicada no RY (substrato argiloso) na condição com estresse mostrou que dois CPs explicaram 78,42% da variância total, sendo 53,92% na CP₁ e 24,50% na CP₂. No CP₁ todas variáveis, sendo elas, Alt, DC, NF, Clorof, F0, Fv, Fv/Fm, T, Ci, E, A, gs, Ci/Ce, EUA, EiC, AF, MSF, MSC, MSR, MST foram selecionadas, e na CP₂, as variáveis que foram selecionada são, a Alt, NF, Clorof, F0, Fm, Fv, Fv/Fm, T, Ci, A, Ci/Ce, EUA, EiC, AF, MSF, MSC e MST (Tabela 11).

Tabela 11. Autovalores e autovetores dos componentes principais

Componente principal		
	Componente 1	Componente 2
Autovalor (λ)	11,32	5,15
Variância explicada (%)	53,92	24,50
Variância acumulada (%)	53,92	78,42
Variáveis	Componente 1	Componente 2
Alt	0,91*	0,40*
DC	0,98*	0,19
NF	0,49*	-0,84*
Clorof	-0,70*	0,46*
F0	-0,23*	0,52*
Fm	0,50*	0,74*
Fv	0,48*	0,73*
Fv/Fm	-0,40*	-0,62*
T	0,60*	-0,27*
Ci	0,63*	-0,74*
E	-0,59*	-0,17
gs	-0,74*	-0,04
A	-0,93*	0,32*
Ci/Ce	0,65*	-0,73*
EUA	-0,71*	0,56*
EiC	-0,91*	0,39*
AF	0,88*	0,35*
MSF	0,82*	0,42*
MSC	0,91*	0,38*
MSR	0,82*	0,06
MST	0,94*	0,33*

Obs.: em (*) as variáveis significativas de cada componente

Altura (Alt), Diâmetro do caule (DC), Número de folhas (NF), Índice de clorofila (Clorof), Fluorescência inicial (F0), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável (Fv), Eficiência quântica (Fv/Fm), Temperatura foliar (T), Concentração interna de gás carbônico (Ci), Transpiração (E), Condutância estomática (gs), Assimilação líquida de carbono (A), Concentração interna pela concentração externa de gás carbônico (Ci/Ce), eficiência no uso da água (EUA), Eficiências instantânea de carboxilação (EiC), Área foliar (AF), Massa seca das folhas (MSF), Massa seca do caule (MSC), Massa seca da raiz (MSR) e Massa seca total (MST).

Observa-se no gráfico de dispersão para condição sem estresse no RY (Figura 8A) que o Ci/Ce, Ci e Fm estão correlacionados positivamente e posicionados próximos ao tratamento 3 (dose 2,5 g L⁻¹), em uma correlação antagônica a variável EUA, a qual está fortemente correlacionada ao tratamento 2 (dose 1,25 g L⁻¹). O tratamento 4 (dose 3,75 g L⁻¹), posicionou-se fortemente correlacionado às variáveis MSC, NF, DC, Alt e Fv, e estão em sentido antagônico a E, a qual está mais correlacionada ao tratamento 1 (dose 0 g L⁻¹). Essa relação antagônica de variáveis de crescimento com a E é observada também no RR em ambas as condições (Figura 7A, B). O tratamento 5 (dose 5 g L⁻¹) não se apresentou correlacionada de maneira forte a

nenhuma variável. O fato das variáveis de crescimento e produção (NF, Alt, DC e MSC) estarem correlacionadas ao tratamento 4, demonstra que no substrato argiloso os melhores resultados na produção das mudas não estão correlacionados à maior dose testada.

No gráfico de dispersão da condição com estresse no RY (Figura 8B) observa-se que as variáveis NF, C_i/C_e e c_i , estão correlacionadas positivamente entre si e ao tratamento 5 (dose 5 g L⁻¹), e em correlação antagônica à F0. O tratamento 4 posicionou-se em correlação às variáveis Fv e Fm, antagonicamente ao Fv/Fm. Já os tratamentos 2 e 3 correlacionaram-se mais fortemente às variáveis fisiológicas como g_s e E, bem como A e E_iC . E o tratamento 1 se posicionou no quadrante onde a variável T é a mais correlacionada (Figura 8B). Evidenciando que quando não foi usado o hidrogel (dose 0 g L⁻¹) houve aumento de temperatura foliar das mudas sob a com estresse.

Comparando o comportamento das variáveis e tratamentos nas duas condições hídricas nota-se que, a Clorof na condição sem estresse está em correlação positiva com variáveis de crescimento. Já na condição com estresse Clorof se posiciona no lado oposto do gráfico, ou seja, seu aumento significou a diminuição de fitomassa. Em concordância com os maiores valores de Clorof obtidos na condição com estresse (Figura 4 E, F), provavelmente devido a diminuição da área foliar das plantas. Gomes (2011), submetendo duas cultivares de maracujá ao estresse hídrico obteve aumento nos valores de índice de clorofila, alegando aumento na densidade das células causado pelo estresse.

Na condição com estresse as variáveis de crescimento agruparam-se de maneira mais forte, comparada a condição sem estresse. Observa-se também que o tratamento 4 (3,75 g L⁻¹) na condição com estresse está mais associada às variáveis de crescimento e produção por estar no mesmo quadrante, mas essa correlação foi mais forte na condição sem estresse.

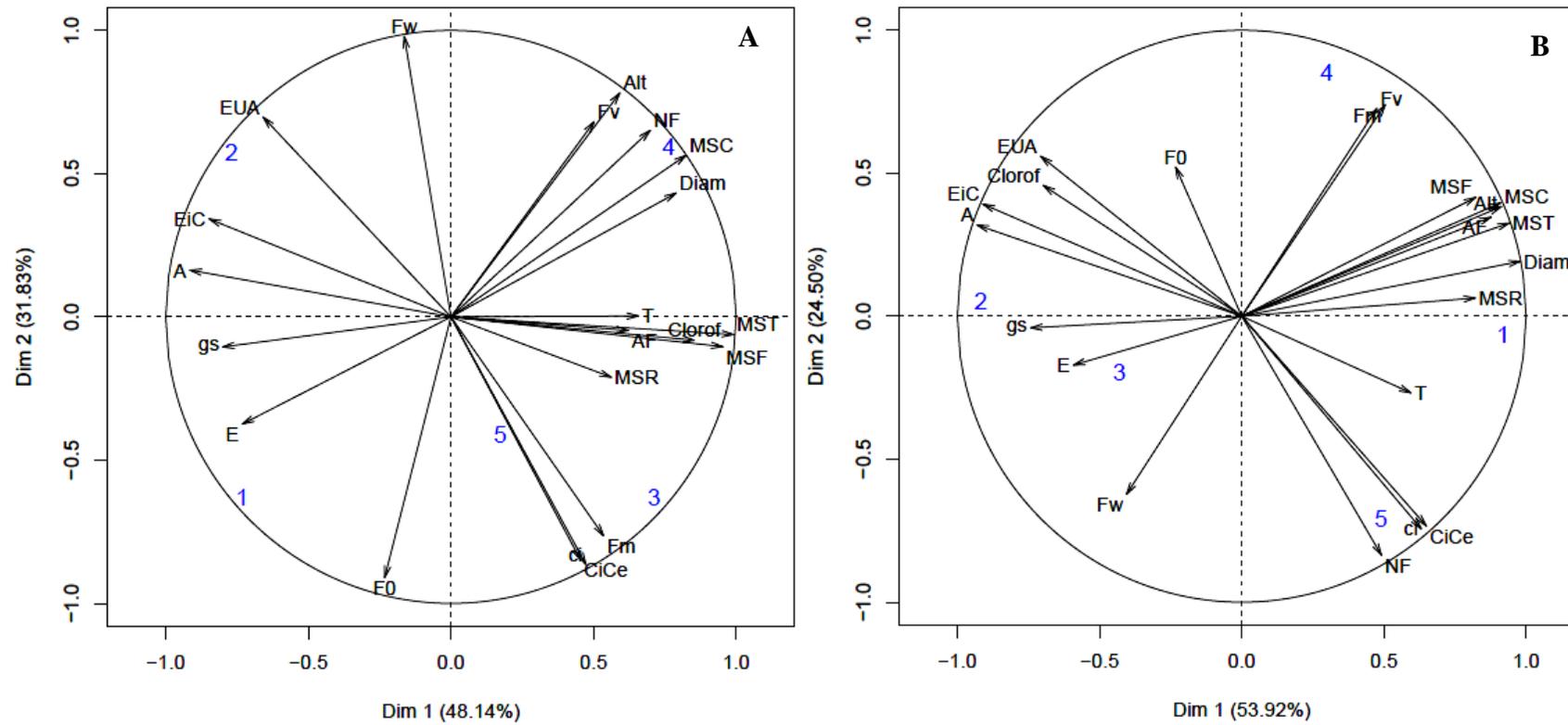


Figura 12. Análise de componentes principais das variáveis de crescimento e fisiológicas de mudas de maracujá cultivadas em Neossolo Flúvico (substrato argiloso) com diferentes doses de hidrogel, sem (A) e com (B) estresse hídrico.

Em geral, a ACP mostrou que no RR em ambas as condições hídricas, o tratamento 5 (5 g L⁻¹) foi a melhor dose por estar mais correlacionada com às variáveis de crescimento (Figura 7 A, B). Apesar disto, quando foi comparada as duas condições, observou-se que a depleção no crescimento das plantas na condição com estresse é significante quando comparada à condição sem estresse.

Já no RY, a dose mais correlacionada com os maiores valores de crescimento e fitomassa da planta foi 3,75 g L⁻¹ de hidrogel em ambas as condições hídricas. Isso demonstra que diferente do RR, as melhores mudas não foram associadas a maior dose de hidrogel. Provavelmente devido a textura mais argilosa, o que possibilita a retenção da umidade para o estabelecimento de condições ótimas de crescimento das plantas com menor quantidade de água. Todavia, em comparação das duas condições hídricas, o decréscimo das variáveis de crescimento na condição com estresse também se mostrou expressivo em relação à condição sem estresse.

Dessa forma, fica evidente que a utilização do hidrogel nas doses testadas tanto no RR (substrato arenoso) quanto no RY (substrato argiloso), não foi suficiente para amenizar o estresse hídrico ao qual as plantas foram submetidas. Na condição com estresse, a manutenção da umidade em 40% da capacidade do recipiente no regime de rega realizado, não foi suficiente para que o hidrogel amenizasse o estresse e promovesse aumento significativos nas mudas. Em contrapartida, na condição sem estresse com 80% de umidade da capacidade do recipiente, as plantas obtiveram respostas positivas às doses, tanto no RR quanto no RY. É provável que os substratos sem restrições hídricas, consigam hidratar o hidrogel adequadamente e que isso possibilite a diminuição na frequência de irrigação.

8. CONCLUSÕES

A condição de estresse hídrico não foi atenuada pela aplicação de hidrogel, diminuindo o crescimento de mudas de maracujazeiro cultivadas no Neossolo Regolítico e Neossolo Flúvico.

O hidrogel aplicado sob a condição sem estresse hídrico (80% da capacidade de campo) promoveu aumento no crescimento das mudas de maracujazeiro amarelo cultivadas no Neossolo Regolítico e Neossolo Flúvico;

Os parâmetros fisiológicos: eficiência quântica, assimilação líquida de carbono, transpiração, clorofila total, dentre outros, evidenciaram os efeitos do estresse hídrico nas mudas de maracujazeiro amarelo independente das doses de hidrogel aplicado;

A ACP demonstrou que no RR a dose mais correlacionada com o crescimento foi 5 g L^{-1} de hidrogel em ambas as condições hídricas. E no RY a melhor dose foi de $3,75 \text{ g L}^{-1}$ nas mesmas variáveis para ambas condições hídricas.

9. REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, Ahmad M. The effect of hydrogel particle size on water retention properties and availability under water stress. **International soil and water conservation research**, v. 7, n. 3, p. 275-285, 2019.
- ALMEIDA, J.; P.; Nobre. Tecnologias na produção de mudas de romãzeiras (*Punica granatum* L.). 2017.
- ANDRADE, L. A. Classificação ecológica do Estado da Paraíba. Dissertação Mestrado, Viçosa: UFV, p.157. 1995.
- ARAÚJO, D. L.; CAVALCANTE, A. G.; SOUTO, A. G. L.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, A. C. P. Hidrogel e cobertura morta do solo no crescimento e desenvolvimento de maracujazeiro amarelo. III Simprovs, Campina Grande, PB, 2018.
- ARAÚJO, M. M. V; FERNANDES, D. A.; CAMILI, E. C. Emergência e Vigor de Sementes de Maracujá Amarelo em Função de Diferentes Disponibilidades Hídricas. **Uniciências**, v.20, n.2, p.82-87, 2016.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, 625p. 2009.
- BHASKAR, N.; AGGARWAL, P.; KUMAR, S.; MEENA, M. D. Significance of hydrogel and its application in agriculture. **Indian Farming**, 62(10), 15–17, 2013.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. Fluorescência de clorofila como sonda da competência fotossintética de folhas no campo: uma revisão do instrumento atual. **Ecologia Funcional**, vol. 3, n. 4, p. 497-514. 1989.

CARVALHO, J. A.; CALDAS, A. L. D.; REZENDE, F. C.; NAKAZONE, M. V.; FARIA, L. A. Produção e qualidade de frutos de maracujá-amarelo em função da tensão de Água no solo. **Revista Engenharia na agricultura-reveng**, Viçosa – MG, v. 22, n. 3, p. 231-238, 2014.

CARVALHO, R. P. D; CRUZ, M. D. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 35, n.2, p. 518-526, 2013.

CAVALCANTE, E. C. S; DAAMEN, M. N.; SILVA, V. D.; SOUZA, M. A.; MARINHO, L. B.; ARAGÃO, C. A. Uso de polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujá-azedo sob diferentes turnos de rega no vale do São Francisco. III Inovagri International Meeting, Fortaleza – Brasil, 2015.

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, supl. 1, p. 699-705, 2011.

CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; NASCIMENTO, R.; FREIRE, L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, E. 699-705, 2011.

CHIRINO, E.; VILAGROSA, A.; VALLEJO, V. R. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. **Plant and Soil**, v. 344, n. 1-2, p. 99-110, 2011.

CONTE, A. M., MAIA, G. M., DE SOUZA, J. A., MANFIO, F. L. A. Initial growth of coffee tree with use of hidro retentor polymer and different intervals of watering. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 465-471, 2014.

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; SANTOS, T.S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.04, p. 514-521, 2009.

COSTA, E.; SANTOS, L. C. R.; CARVALHO, C.; LEAL, P. A. M.; GOMES, V. A. Volumes de substratos comerciais, solo e composto orgânico afetando a formação de mudas de

maracujazeiro-amarelo em diferentes ambientes de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 216-222, 2011.

CRUZ, M. M.; SIQUEIRA, L. D.; SALOMÃO, C. L.; CECEN, R. P. Fluorescência da clorofila a em folhas de tangerineira ‘Ponkan’ e limeira ácida ‘Tahiti’ submetidas a stresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, p. 896 – 901. 2009.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; NUNES, J. C.; FREIRE, J. L.O.; NASCIMENTO, J. A. M. Qualidade física e produção do maracujá amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2905-2918, 2012.

EVANS, J.R.; VON CAEMMERER, S. Temperature response of carbon isotope discrimination and mesophyll conductance in tobacco. **Plant, Cell and Environment**, v.36, p.745–756, 2013.

FAGUNDES, M. C. P.; CRUZ, M. D. C. M.; CARVALHO, R. P.; DE OLIVEIRA, J.; SOARES, B. C. Polímero hidroabsorvente na redução de nutrientes lixiviados durante a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, 28(1), 121-129, 2015.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 341 p. 2016.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. Equipamento eletrônico portátil para medição do teor de clorofila em plantas. BUAES, A.G.; DELVAN, F.H.; SILVA, M.A.M. Patente Brasileira, Int. Cl. G01N 21/25, BR PI0705579-0 A2, 2008.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review Plant Physiology**, v.33, p. 317–345. 1982.

FERNANDES, D. A.; ARAUJO, M.; CAMILI, E. C. Crescimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel. **Revista de Agricultura**, 90(3), 229-236, 2015.

FERREIRA, E. A.; SILVA, V. A.; SILVA, E. A.; SILVEIRA, H. R. O. Eficiência do hidrogel e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 158-165, 2014.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Inibição à seca da fotossíntese em plantas C3: revisadas limitações estomáticas e não estomáticas. **Annals of Botany**, vol. 89, n. 2, p. 183-189. 2002.

FOLEGATTI, M.V.; ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; BEZERRA, M. O. **Agricultura Irrigada no Brasil**. Informe Agropecuário – Epamig v.31, 116p. 2010.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F. DIAS, T. J.; DANTAS, M. M. M.; MACEDO, L. P. M.; AZEVEDO, T. A. O. Teores de micronutrientes no solo e no tecido foliar do maracujazeiro amarelo sob uso de atenuantes do estresse salino. **Revista AGROTEC** – v. 36, n. 1, p. 65-81, 2015.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; SOUTO, A. G. L. Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 82 – 91, 2011.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

GALLE, A. et al. The role of mesophyll conductance during water stress and recovery in tobacco (*Nicotiana sylvestris*): acclimation or limitation?. **Journal of Experimental Botany**, [s.l], v. 60, n. 8, p. 2379-2390. 2009.

GARCÍA-SÁNCHEZ, F., JIFON, J. L., CARVAJAL, M., & SYVERTSEN, J. P. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in “Sunburst” mandarin grafted on different rootstocks. **Plant Science**, 162(5), 705–712. 2002. doi:10.1016/s0168-9452(02)00010-9

GOMES, M. M. A.; RAMOS, M. J. M.; NETTO, A. T. N.; ROSA, R. C. C.; CAMPOSTRINI, E. Water relations, photosynthetic capacity, and growth in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.): seedlings and grafted plants. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 65, n.2, p. 135-143, 2018.

GOMES, M. T. G. Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims) ao déficit hídrico. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

GOMES, M. T. G.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M.; ROSSI, M. S.; LUZ, C. A.; BATITUCCI, M. D. FB100 and FB200 passion fruit cultivars (*Passiflora edulis* Sims.) differ in physiological responses to water stress. In: XXVIII reunión argentina de fisiología vegetal, La Plata, 2010.

GOMES, M. T. G.; LUZ, A. C.; SANTOS, M. R.; BATITUCCI, M. D. C. P.; SILVA, D. M.; FALQUETO, A. R. Drought tolerance of passion fruit plants assessed by the OJIP chlorophyll a fluorescence transient. **Scientia horticultrae**, v. 142, p. 49-56, 2012.

GRACIANO, E. S. A. Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência hídrica. **Dissertação** (mestrado em botânica). Universidade Federal do Pernambuco – UFRPE, 68 p. Recife-PE, 2009.

GRASSI, G.; MAGNANI, F. Condutância estomática, mesofílica e limitações bioquímicas à fotossíntese afetadas pela seca e ontogenia foliar em freixos e carvalhos. **Plant, Cell and Environment**, vol. 28, n. 7, p. 834-849. 2005.

GUERRA, A.M.N. de M.; COSTA, A.C.M.; TAVARES, P.R. de F. Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 125-132, 2017.

GUILHERME, M. R.; AOUADA, F. A.; FAJARDO, A. R.; MARTINS, A. F.; PAULINO, A. T.; DAVI, M. F.; RUBIRA, A. F.; MUNIZ, E. C. Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. **European Polymer Journal**, 72, 365-385, 2015.

HAFLE, O. M., M CRUZ, M. D. C., RAMOS, J. D., RAMOS, P. S., SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 232 -236, 2008.

HONG-BO, S. B.; LI-YE, C.; JALEEL, C. A.; CHANG-XING, Z. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção. 2016 Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pesquisa/24/27745>>. Acesso em: 01 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção. 2018. Disponível em:

<http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B.; SILVA, B. N.; SOUSA, G. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; MESQUITA, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, 413-422, 2019.

JACOB, J.; LAWLOR, D.W. Stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in phosphate-deficient sunflower, maize and wheat plants. **Journal of Experimental Botany**, v.42 p.1003-1011, 1991.

KALHAPURE, A.; KUMAR, R.; SINGH, V. P.; PANDEY, D. S. Hydrogels: a boon for increasing agricultural productivity in water-stressed environment. *Current Science*, 111(11), 1773. 2016.

LAWLOR, D. W. Limitação à fotossíntese em folhas estressadas pela água: estômatos versus metabolismo e o papel do ATP. **Annals of Botany**, vol. 89, n. 7, p. 871-885. 2002.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Assimilação de carbono fotossintético e metabolismo associado em relação aos déficits hídricos em plantas superiores. **Plant, Cell and Environment**, vol. 25, n. 2, p. 275-294. 2002.

LIMA, R. M. F.; SOUZA, V. V. Polímeros Biodegradáveis: Aplicação na Agricultura e sua Utilização como Alternativa para a Proteção Ambiental. **Revista Agrogeoambiental**, 3(1), 2011.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia horticultrae**, v. 102, n. 1, p. 15-27, 2004.

LONG, S. P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P. G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 45, p. 633-662, 1994.

LOPES, M. B. S. Hidrogéis como alternativa no aumento da capacidade de retenção de água no solo para cultura da soja e do feijão caupi. 66f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi, 2016.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. Economia da Mudança do Clima no Brasil: Custos e Oportunidades. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010.

MEHTA, P.; JAJOO, A.; MATHUR, S.; BHARTI, S. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 48, p. 16-20, 2010.

MELO, A. S. et al. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MENDONÇA, T. G.; QUERIDO, D. C. M.; SOUZA, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, 9(4), 239-245, 2015.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. *Water Resources and Irrigation Management*, 2(2), 87-92. 2013.

MONTEIRO NETO, J. L. P.; ARAÚJO, W. F.; CHAGAS, E. A.; SIQUEIRA, R. H. S.; OLIVEIRA, G. A.; ABANTO-RODRIGUEZ, C. Hydrogels in Brazilian Agriculture. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 4, p. 347-360, 2017.

NARJARY, B.; AGGARWAL, P.; SINGH, A.; CHAKRABORTY, D.; SINGH, R. Water availability in different soils in relation to hydrogel application. **Geoderma**. v. 187-188, p. 94-101, 2012.

NASCIMENTO, N. F.; NASCIMENTO, L. B. B.; GONÇALVES, J. F. C. RESPOSTAS funcionais foliares de plantas jovens de *Hevea brasiliensis* submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Ci. Fl.**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1019-1032, 2019.

NOGUEIRA, E; GOMES, E. R.; SOUSA, V. F.; SILVA, L. R. A.; F. BROETTO, F. Coeficiente de cultivo e lâminas de irrigação do maracujazeiro amarelo nas condições semiáridas. II INOVAGRI International Meeting, 2014.

NOMURA, M.; PEREIRA FILHO, J. M.; COSTA, E. M.; PEREIRA, L. S.; VENTURA, M. V. A. Avaliação de diferentes quantidades de hidrogel na produção de mudas de mamão papaya. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 19-25, 2019.

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

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MAR-TINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.160-163, 2004.

ORIKIRIZA, L. J.; AGABA, H.; EILU, G.; KABASA, J. D.; WORBES, M.; HÜTTERMANN, A. Effects of hydrogels on tree seedling performance in temperate soils before and after water stress. **Journal of Environmental Protection**, v. 4, n. 07, p. 713-721, 2013.

PANDEY, P.; NIRMAL. Effect of Chitosan Based Superabsorbent on Water Retention Behaviour of Soil and Seedling Growth of Alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Indian Journal of Ecology**, v. 44, n. 5, p. 456-460, 2017.

PAREYN, F. G.; PEREIRA, W. E.; SALCEDO, I. H.; RIEGELHAUPT, E. M.; GOMES, E. C.; MENECHLI, H. T.; SKUTSCH, M. What controls post-harvest growth rates in the caatinga forest?. *Agricultural and Forest Meteorology*, 284, 107906, 2020.

PIMENTEL, L. D.; SANTOS, C. E. M.; FERREIRA, A. C. C.; MARTINS, A. A.; WAGNER JÚNIOR, A.; BRUCKNER, C. H. Custo de produção e rentabilidade do maracujazeiro no mercado agroindustrial da Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 397-407, 2009.

PRADELA, V. A. Polímeros como condicionadores de substratos em mudas associadas a três lâminas de irrigação. Dissertação de mestrado (Universidade do Oeste Paulista) Presidente Prudente-SP, 2016.

RAGHUPATHI, H.B.; REDDY, B.M.C.; SRINIVAS, K. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in banana. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33 (13&14), 2131–2143, 2002.

RAMOS, L. M.; MENESES, P. I.; REIS, F. O.; SILVA, B. V.; REIS, I. S. Ecofisiologia de mudas de bananeira cultivadas em diferentes regimes hídricos. **Revista de Ciências Agrárias**, vol.42 no.2 Lisboa jun. 2019.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria URL. <https://www.R-project.org/>. 2017.

RIBEIRO M. C. C.; MORAIS M. J. A.; SOUSA A. H.; LINHARES P. C. F.; BARROS JUNIOR, A. P. Produção de mudas de maracujá-amarelo com diferentes substratos e recipientes. **Caatinga**, 18:155-158, 2005.

SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T.A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.404-411, 2009.

SANCHES, L. V. C. APLICAÇÃO DE POLÍMERO HIDRORETENTOR NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus grandis*. 97f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013.

SANTOS, C. F.; LIMA, G. P. P.; MORGADO, L. B. Tolerância e caracterização bioquímica em feijão-caupi submetido a estresse hídrico na pré-floração. **Naturalia**, Rio Claro, v. 33, p. 34-44, 2010.

SANTOS, M. R. P.; SILVA, M. J. M. Growth and development of *Jatropha curcas* seedlings using Terracotem soil conditioners under different irrigation levels. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 326-331, 2016.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SHAH, S. H.; HOUBORG, R.; MCCABE, M. F. Response of Chlorophyll, Carotenoid and SPAD-502 Measurement to Salinity and Nutrient Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.). **Agronomy**, 7, 61; 2017. doi:10.3390/agronomy7030061

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. *Annual Review of Plant Biology*, v.58, p.219-247, 2007.

SILVA, M. A.; JIFON, J. L.; SILVA, J.A.G.; SHARMA, V. Uso de parâmetros fisiológicos como ferramentas rápidas para a triagem da tolerância à seca na cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, vol. 19, n. 3, p. 193-201. 2007.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL M. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: Papageorgiou G, Govindjee (eds) Chlorophyll fluorescence a signature of photosynthesis. *Advances in photosynthesis and respiration*. **Springer**, Dordrecht, pp 321–362. 2004.

SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; NASCIMENTO, R.; OLIVEIRA, A.C. M.; BRITO, K. S. A.; MELO, A. S. Produção de fitomassa em genótipos de citros submetidos a estresse hídrico

na formação do porta-enxerto. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.12, p.1305–1313, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4a ed. Artmed, Porto Alegre, 820p. 2009.

TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. **Engenharia na agricultura**, viçosa - mg, V.22 N.2, 138–149p. 2014.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. *Manual de métodos de análise de solo* 3ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TEIXEIRA, R. N.; TOLEDO, M. Z.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C.; JASPER, S. P. Germinação e vigor de sementes de crambe sob estresse hídrico. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n.1, p. 42-51, 2011.

VIEIRA, D. A. P.; PORTES, T. A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. TEIXEIRA, J. B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, jun. 2010.

WAGNER JÚNIOR A.; SANTOS C. E. M.; SILVA, J. O. C.; PIMENTEL, L. D.; BRUCKNER, C. H.; MAZARO, S. M. Densidade de sementes de três espécies de maracujazeiro na emergência e desenvolvimento inicial das plântulas. **Revista Brasileira de Agrociência** 17(3-4):359-364, 2011.

ZONTA, J. H.; BRAUN, H.; REIS, E. F.; PAULUCIO, D.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora pierre*). **Idesia (Arica)**, v. 27, n. 3, p. 29-34, 2009.

