



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CARLOS YAGO ARAUJO CAMPELO RODRIGUES

**AÇÃO DO BIOESTIMULANTE (FH ATTIVUS) NA MITIGAÇÃO DO
ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DA SOJA.**

FORTALEZA

2020

CARLOS YAGO ARAUJO CAMPELO RODRIGUES

AÇÃO DO BIOESTIMULANTE (FH ATTIVUS) NA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE
HÍDRICO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DA SOJA.

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador(a): Prof.(a) Dr(a). Rosilene Oliveira Mesquita

Coorientador: Ms. Johny de Souza Silva

Fortaleza

2020

CARLOS YAGO ARAUJO CAMPELO RODRIGUES

AÇÃO DO BIOESTIMULANTE (FH ATTIVUS) NA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE
HÍDRICO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DA SOJA

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia do Departamento de
Fitotecnia da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovada em: 15/06/2020.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita
Universidade Federal do Ceará
(Orientadora)

Ms. Johny de Souza Silva
Universidade Federal do Ceará
(Coorientador)

Ms. Rafael Santiago da Costa
Universidade Federal do Ceará
(Membro)

Dr. Flávio Barcellos Cardoso
Pesquisador US Borax Rio Tinto
(Membro)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R612a Rodrigues, Carlos Yago Araujo Campelo.
Ação do bioestimulante (FH Attivus) na mitigação do estresse hídrico em diferentes estádios da soja /
Carlos Yago Araujo Campelo Rodrigues. – 2020.
37 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2020.

Orientação: Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita.

Coorientação: Prof. Me. Johny de Souza Silva.

1. Glycine max (L.). 2. Bioestimulantes. 3. Estresse hídrico . 4. Época de aplicação . I. Título.

CDD 630

A Deus.

Aos meus pais, Cesar e Neide.

Ao meu avô Josipe e minha avó Francisca.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por sempre ter me dado forças e abençoado para seguir em frente, apesar de todas adversidades que enfrentei.

Aos meus pais Cesar e Neide, por nunca terem medido esforços quanto a tudo e principalmente aos meus estudos, pelo apoio incondicional em tudo que sempre fiz, meu muito obrigado e a vocês eu dedico mais uma vez esta vitória.

Aos meus irmãos Ybêre e Yuri por sempre estarem comigo, me apoiando, ajudando a seguir em frente, durante toda minha caminhada.

À minha mãe de criação e irmã, Maria de Fatima (Fatinha) e Jackeline, respectivamente, por terem sempre me ajudado quando pedi e pelo ombro amigo nos momentos mais difíceis.

Ao meu amor Melina, por sempre estar comigo em todos os momentos nestes últimos anos, me ajudando a seguir em frente independente das adversidades, orientando e me mostrando o mais sincero e verdadeiro sentimento, que é o amor.

À toda minha família e amigos, pelo apoio e carinho durante toda a caminhada.

À Prof.^a Dr.^a. Rosilene Oliveira Mesquita, pela oportunidade de trabalhar em seu grupo de estudo, pela incansável orientação, paciência e principalmente por me ensinar muito mais em um ano do que eu já aprendi em todo o curso, o meu muitíssimo obrigado, seus ensinamentos abriram muitos horizontes para mim, principalmente durante o estágio.

Ao Ms. Johny da Souza Silva, pela sua coorientação, pela sua grandiosa paciência, ajuda, humildade, mais uma vez eu digo obrigado, de coração, muito obrigado, você foi imprescindível nesta grande conquista.

Ao Ms. Rafael Santiago da Costa, pela disponibilidade e ajuda sempre que precisei, independente da hora, sempre muito ágil e prestativo. Muito obrigado de coração.

À Analya e Jessimiel, meus amigos que conheci na reta final acadêmica, mas que sempre me ajudaram quando precisei, independente da hora e local, muito obrigado pela orientação e ajuda.

Aos meus irmãos que a UFC me deu, Nicholas, Valeska e William, vocês fizeram estes 5 anos serem únicos na minha vida, me apoiando, ensinando e ajudando sempre que precisei, a vocês eu dedico grande parte desta minha vitória.

Ao Grupo de Estudos em Ecofisiologia da Produção e Nutrição de Plantas (GEEPEN), por terem me acolhido como família, pelos ensinamentos e apoio, principalmente nesta etapa bastante importante em minha vida.

Ao meu avô Josipe, por ter sido minha inspiração de todos os dias e hoje a mais bela estrela que há no céu, meu anjo da guarda, a você eu dedico tudo que conquistei e há de conquistar.

À Maria Helena Diogenes, pelo apoio desde a escolha do curso e pelas palavras certas nas horas que mais precisei, você é uma pessoa abençoada por Deus.

O meu muito obrigado!

“Seja forte e corajoso! Não fique desanimado, nem tenha medo, porque eu, o SENHOR, seu Deus, estarei com você em qualquer lugar para onde você for!”

Josué 1:9

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do bioestimulante FH Attivus atuando na mitigação dos efeitos negativos gerados pelo déficit hídrico em plantas de soja, buscando compreender quais mecanismos fisiológicos e morfológicos participam do aumento da tolerância da soja sob tais condições. O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro doses e duas épocas de aplicação, com uma testemunha adicional, totalizando nove tratamentos, em casa de vegetação localizada na área experimental do centro de ciências agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza - CE. Foi possível observar um incremento na altura de planta e índice relativo de clorofila (SPAD) quando aplicado 0,100 kg.ha⁻¹ antes da imposição do déficit hídrico. No que se diz respeito as variáveis fisiológicas fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e eficiência de carboxilação, pode-se constatar que, quando aplicado 0,250 kg.ha⁻¹ antes da imposição do déficit hídrico, ocorreu um crescimento das variáveis. Ao avaliar potencial hídrico foi possível observar que, quando aplicado 0,100 kg.ha⁻¹ antes or 0,250 kg.ha⁻¹ após a imposição do déficit hídrico, houve menores valores de potencial, valor inferior até mesmo a testemunha, mostrando que as plantas estavam turgidas. Em relação ao vazamento de eletrólitos, foi necessário a aplicação de 0,500 kg.ha⁻¹ antes da imposição do déficit hídrico para diminuir a ocorrência de radicais livres e conseqüentemente os danos à membrana. De modo geral a avaliação do bioestimulante FH Attivus demonstrou efeito positivo, uma vez que a aplicação desse produto atenuou os efeitos do estresse hídrico para a maioria das variáveis, principalmente quando se aplicou antes da imposição do estresse.

Palavras-chaves: *Glycine max* (L.). Bioestimulantes. Estresse hídrico. Época de aplicação.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of FH Attivus biostimulant on mitigation of negative effects generated by the water deficit in soybean plants, seeking to understand which physiological and morphological mechanisms participate in the increase in soybean tolerance under such conditions. The experiment was developed in a completely randomized design, in a 4x2 factorial scheme, consisting in four dosages and two application seasons, with one extra control sample, amounting nine treatments, in a greenhouse located in the experimental area of the agrarian sciences center of the Federal University of Ceará, Campus do Pici, Fortaleza - CE. It was possible to observe an increase in plant height and relative chlorophyll index (SPAD) when applied 0.100 kg.ha⁻¹ before the imposition of water deficit. Regarding the physiological variables net photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and carboxylation efficiency, it can be seen that when 0.250 kg.ha⁻¹ was applied before the imposition of water deficit, there was an increase in the variables. When evaluating water potential, it was possible to observe that, when applied 0.100 kg.ha⁻¹ before or 0.250 kg.ha⁻¹ after the imposition of the water deficit, there were lower values of potential, lower even than observed in the control sample, showing that the plants were turgid. Regarding the leakage of electrolytes, it was necessary usage of 0.500 kg.ha⁻¹ before imposing the water deficit to reduce the occurrence of free radicals and, consequently, damage to the membrane. In general, the evaluation of the biostimulant FH Attivus demonstrated a positive effect, since the application of this product attenuated the effects of water stress for most variables, especially when applied before the imposition of stress.

Keywords: *Glycine max (L.)*. Biostimulant. Water Stress. Application Seasons.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. A cultura da soja.....	14
2.2. Estresse hídrico	15
2.3. Potencial Hídrico.....	16
2.4. Crescimento e trocas gasosas	17
2.5. Uso de Bioestimulantes.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Localização do experimento.....	20
3.2. Condições de cultivo e tratamentos	20
3.3. Semeadura, desbaste e aplicação do produto	21
3.4. Avaliações morfológicas e fisiológicas.....	22
3.5. Análise estatística e confecção dos gráficos.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
4.1. Crescimento e SPAD	24
4.2. Trocas gasosas.....	25
4.3. Potencial hídrico e vazamento de eletrólitos	31
5. CONCLUSÕES	34
6. REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

A necessidade do uso de irrigação na agricultura tem crescido consideravelmente, entretanto, a ocorrência de períodos de estiagem afeta cerca de 25% das terras agrícolas em todo o mundo. Nas regiões semiaridas do mundo, e particularmente no Nordeste brasileiro, as irregularidades das quadras chuvosas é um dos principais fatores que limitam a produção de alimentos. Nessas regiões, a ocorrência de períodos de estiagem prolongadas associada à altas temperaturas, causam danos significativos aos tecidos vegetais. Esses danos são intensificados de acordo com o tempo de duração, intensidade e frequência com que ocorrem os estresses (SILVA et al., 2011; AZEVEDO et al., 2011).

Diversos estudos relacionados às mudanças climáticas preveem que o aumento do aquecimento global, devido aos danos causados a camada de ozônio e conseqüentemente o aumento significativo dos períodos de estiagem, irá ocasionar prejuízos em inúmeras regiões do globo terrestre, sobretudo nas regiões áridas e semiáridas, afetando assim a produção agrícola das principais culturas de interesse (MATOS et al., 2014). Dentre essas culturas, podemos citar como destaque a soja (*Glycine max* L.)

A soja é considerada a cultura de maior importância econômica do Brasil, título esse adquirido em função da mesma ter apresentado crescimentos constantes nas últimas safras, com uma produção de 114,85 milhões de toneladas na safra 2018/2019. A cultura apresenta uma maior liquidez, resultando em maiores possibilidades de se obter rendimentos melhores em comparação com outras culturas cultivadas no Brasil (CONAB, 2019).

Os aumentos observados na produtividade da soja têm relação direta com os avanços tecnológicos recentemente desenvolvidos como as melhorias do ambiente, o manejo da cultura, o melhoramento genético e a maior eficiência dos produtos utilizados na cultura. Dentre as novas tecnologias utilizadas que buscam incrementar a produtividade da cultura da soja, o uso de bioestimulantes vem obtendo grande destaque. Esses produtos, que podem ser sintéticos ou naturais, são de fácil aplicação, podendo ser ministradas tanto em aplicações no solo como em aplicações foliares e no tratamento de sementes (DOURADO NETO et al., 2014).

Os bioestimulantes favorecem a expressão do potencial genético das plantas através de alterações que ocorrem nos processos vitais e estruturais, promovendo dessa forma um maior equilíbrio hormonal e estimulando o desenvolvimento do sistema radicular. Nas plantas, estes produtos aumentam a absorção de água e de nutrientes, bem como sua

resistência a estresses e aos efeitos residuais de herbicidas no solo, o que justifica que seu uso na agricultura esteja crescendo continuamente.

A resposta causada pela aplicação de bioestimulantes depende de diversos fatores como espécie, genótipo e a composição das substâncias presentes nos produtos usados. O que se observa em muitos, é o não favorecimento e até mesmo a diminuição da absorção de nutrientes pelas plantas quando são aplicados bioestimulantes, o que sugere que se busquem mais informações sobre o verdadeiro efeito desses produtos na fisiologia e desenvolvimento das plantas. (FERREIRA et al., 2007).

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar o bioestimulante FH Attivus atuando na mitigação dos efeitos deletérios gerados pelo déficit hídrico em plantas de soja em duas épocas de aplicação, antes ou após a imposição do déficit hídrico, buscando compreender quais mecanismos fisiológicos e morfológicos participam da tolerância da soja sob tais condições.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da soja

A cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) tem sua origem na China, há aproximadamente 5.000 anos (EMBRAPA, 2019). Inicialmente, a planta de soja foi descrita de maneira diferente da que se conhece hoje, com características de planta rasteira e que se desenvolvia apenas em locais extremamente úmidos, como nas proximidades de rios e lagos. Com o melhoramento genético, foi possível agregar diversas características até chegar às plantas semelhantes as de hoje (APROSOJA, 2014). A cultura foi introduzida de maneira definitiva no Brasil no estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1914, como alternativa para a rotação com a cultura do trigo (CÂMARA; HEIFFIG, 2006).

O Brasil é um grande produtor e exportador desta cultura a qual já está plenamente adaptada às nossas condições devido ao avanço tecnológico das últimas décadas e ao sucesso dos programas de melhoramento. Tendo em vista a rápida expansão das lavouras, sobretudo, no cerrado brasileiro, esta cultura vem ocupando áreas antes inexploradas (ANDRADE, 2010).

De acordo com o 3º levantamento da safra de grãos 2018/2019 (CONAB, 2019), a área de cultivo com a oleaginosa chegou a 35,82 milhões de hectares, correspondendo 0,1% de aumento quando comparado ao ano safra anterior. O estado do Goiás está à frente desse crescimento atingindo na safra 2018/2019 uma área de 3,48 milhões hectares, que corresponde 2,69% de aumento (CONAB, 2019).

Muito do sucesso da soja se deve a ocorrência, nas últimas safras, de condições próximas das ideais, tais como chuvas abundantes e bem distribuídas durante todo o ciclo da cultura, fatores fundamentais para altas produtividades (FREITAS, 2011). Neste cenário de crescimento, a região do cerrado nordestino (MATOPIBA), enclave de cerrado dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia despontam como a última fronteira agrícola com grande potencial a ser explorado e que hoje já é uma realidade na produção de grãos, sobretudo de soja.

As plantas cultivadas, incluindo a soja, realizam fotossíntese para a produção de fotoassimilados, que ocorre através da fotólise da água e de reações bioquímicas envolvendo a fixação de CO₂ e a produção de açúcares que são essenciais para sua sobrevivência (TAIZ et al., 2017).

A necessidade de água na cultura de soja varia de 450 a 800 mm/ciclo, dependendo do cultivar (devido a diferença de ciclo dos materiais), condições de solo e clima, além do

manejo cultural empregado, havendo dois períodos considerados críticos para a falta de água: a germinação/emergência e a floração/enchimento de grãos (DALL'AGNOL, 2013). No primeiro, a semente precisa absorver ao menos 50% do seu peso em água, para uma boa germinação. Já no período da floração até o enchimento de grãos, a planta de soja chega ao ápice de consumo, e a partir deste ponto tende a diminuir a demanda por água ao longo do seu desenvolvimento.

2.2. Estresse hídrico

Um dos principais problemas ambientais enfrentados nas lavouras é o estresse hídrico que causa distúrbios nas plantas e tem um reflexo direto na produção. Segundo Jaleel et al., (2009), o estresse hídrico tende a desorganizar o equilíbrio das plantas, mudando as condições fisiológicas.

O início do déficit hídrico é visualizado quando a planta não consegue mais fazer um ajuste entre os processos de absorção de água e a transpiração, então, nesse momento ocorre uma restrição da transpiração pelo fato de não haver água disponível no solo. Segundo Lopes e Lima (2015), a ocorrência de déficit hídrico começa quando a taxa de transpiração é maior que a taxa de absorção de água, nesse ponto ocorre uma perda de turgescência plena das células e tecidos dos vegetais. É importante ressaltar que o estresse hídrico é uma situação que pode acontecer em dois momentos distintos no solo, quando ele se encontra inundado ou seco.

Quando o solo está seco, o estresse hídrico é sinônimo de déficit hídrico (LOPES; LIMA, 2015). O processo da transpiração acontece por conta da demanda evapotranspirativa da atmosfera, pois ela apresenta potenciais hídricos muito negativos, o que influencia na quantidade de água perdida pelas folhas, o que implica na maior ou menor absorção radicular de água (BERGAMASCHI et al., 2000).

A intensidade com que as plantas sentem o déficit hídrico depende prioritariamente da taxa de transpiração, da intensidade e duração da condição de estresse, da espécie e do estágio fenológico da cultura (BRAY, 1993; CHAVES et al., 2002), sendo este modificado de acordo com o ambiente e os fatores fisiológicos das plantas. Em contrapartida, uma das estratégias desenvolvidas pelas plantas para reduzir o efeito do déficit é o aumento na síntese de solutos orgânicos no decorrer do período de diminuição no potencial hídrico foliar, isso ocorre devido ao ajuste osmótico em decorrência à síntese e à translocação de sacarose nas estruturas da planta (SOUZA et al., 2013).

A disponibilidade hídrica é bastante importante para todo o desenvolvimento da soja, desse modo, à medida que a planta se desenvolve, a necessidade de água aumenta, chegando ao seu ápice durante o estágio reprodutivo, período que abrange floração, frutificação e enchimento dos grãos. O estresse hídrico faz com que ocorra uma diminuição no potencial hídrico nas folhas e fechamento dos estômatos, que conseqüentemente diminui a regulação dos genes relacionados à fotossíntese e à disponibilidade de CO₂ na planta (OSAKABE et al., 2014).

2.3. Potencial Hídrico

O teor de água no solo, ou mais especificamente, o potencial em que a água se encontra no solo, exerce diretamente um controle sobre as condições físicas para o crescimento das plantas. No solo não saturado, a água está submetida a ação dos potenciais: matricial, gravitacional e osmótico (REICHARDT, 1987).

Na planta, os componentes mais atuantes do potencial hídrico são o turgor (pressão) e o osmótico (solutos). O potencial de turgor representa a pressão hidrostática da solução. Quando positiva, no interior das células pode ser referida como pressão de turgescência. O valor do potencial de turgor pode ser negativo, no xilema ou entre as paredes das células onde se pode desenvolver pressão hidrostática negativa (TAIZ et al., 2017). Por sua vez, o potencial osmótico, refere-se presença de sais dissolvidos na solução, os quais reduzem o potencial hídrico da solução, diminuindo a disponibilidade da água para a planta (JONES, 1992). A redução do potencial osmótico, em resposta ao déficit hídrico pode resultar de uma concentração passiva de solutos devido a desidratação da célula ou a acumulação ativa de solutos, sendo esta última considerada como ajuste osmótico (PATAKAS et al., 2002).

Na folha, o potencial hídrico caracteriza o seu estado energético, cujos gradientes determinam os fluxos de água no sistema solo-planta-atmosfera. Esse valor indica a diferença entre o estado energético de água no sistema considerado e um estado de referência (BERGONCI et al., 2000). No estado padrão de referência, o potencial da água, por convenção, é igual a zero. O estado hídrico vegetal é dinâmico, alterando-se com a disponibilidade de água no solo, com a demanda evaporativa da atmosfera e, também, com os mecanismos de controle da planta (RODRIGUES et al., 2003).

A determinação do potencial hídrico da planta é frequentemente realizada em folhas. Dentre as diferentes metodologias utilizadas para determinação do potencial hídrico em plantas, destaca-se a câmara de Scholander (SCHOLANDER al. 1965). Segundo Rodrigues et

al. (2003) esse método se baseia no princípio de que a pressão hidrostática da seiva xilemática de plantas pode ser avaliada em uma câmara de pressão daí, correlacionada com o potencial hídrico foliar.

2.4. Crescimento e trocas gasosas

Condições de estresse em plantas interferem diretamente em diversos parâmetros, por exemplo, metabolismo, fisiologia e morfologia. Segundo Arkin et al. (1983), o déficit hídrico pode afetar o desenvolvimento vegetal por promover alterações no número total de folhas, na taxa de emergência foliar, na expansão e na senescência foliar. Estes aspectos, em conjunto, contribuem para reduzir a taxa fotossintética da planta e seu crescimento vegetativo (TAIZ et al., 2017). Há diversas respostas ao estresse, em especial o hídrico, que podem ser identificados através de uma análise de troca de gases na interface planta-atmosfera, uma vez que o estresse hídrico leva ao fechamento estomático, reduzindo a captação de CO₂ (TAIZ et al., 2017).

Assim, sistemas de análise de crescimento e trocas gasosas foram projetados para quantificar os efeitos do ambiente na produção instantânea de uma planta. Na folha, estes equipamentos analisam a fotossíntese pela troca de vapor de água e CO₂ entre a planta e a atmosfera, além disso, há o controle de diversos fatores nesta interface, como por exemplo, fluxo de gases, temperatura da folha e nível incidente de luz (LONG; FARAGE; GARCIA, 1996).

Dentre os fatores analisados, a taxa fotossintética é estimada com uma taxa de assimilação de CO₂ em um fluxo no sistema, dada pela diferença na concentração do gás no início e fim do sistema, relacionada com a área foliar. A taxa de transpiração é medida pela diferença de concentração de vapor d'água também no início e fim do sistema, multiplicada pelo fluxo do sistema, com o produto dividido pela área foliar. Já a condutância pode ser considerada como o inverso da resistência a difusão na folha, podendo ser correlacionada com a abertura estomática. Obtendo esses dados, pode-se então calcular diversos índices como a taxa de assimilação de CO₂, eficiência de carboxilação, eficiência do uso da água, que auxiliam na avaliação do estado da planta (LONG; FARAGE; GARCIA, 1996).

2.5. Uso de Bioestimulantes

Muitas vezes as condições ambientais não podem ser controladas, e dessa forma, técnicas de manejo agrícolas têm sido utilizadas para minimizar os danos causados pelos

estresses ambientais, podendo ser citado como exemplo, o uso de bioestimulantes, que atuam nas respostas das plantas às condições estressantes (MARIANI et al., 2017)

Os bioestimulantes são definidos como mistura de reguladores vegetais ou biorreguladores com substâncias como sais minerais, extratos de algas, microrganismos e aminoácidos (DABADIA, 2015). Estes compostos quando aplicados à planta podem provocar alterações estruturais, melhorias na produtividade e na qualidade do produto. Essas substâncias podem ser aplicadas via tratamento de sementes, sulco e durante pulverizações foliares. As aplicações são eficientes quando aplicados em doses baixas, atuando em diversos processos metabólicos da planta, favorecendo a expressão do potencial genético da cultura, promovendo o equilíbrio hormonal e estimulando o crescimento radicular (RAMOS et al., 2015).

De acordo com Rodrigues et al. (2015), essas substâncias auxiliam em uma maior absorção de água e nutrientes, proporcionando menor impacto quando há ocorrência de períodos de estiagem hídrica no decorrer do ciclo da cultura. Assim, o estabelecimento mais rápido e uniforme das plantas acarreta bom desempenho na absorção de nutrientes e, conseqüentemente, na sua máxima expressão do seu potencial produtivo.

Entretanto, os resultados sobre o uso de bioestimulantes ainda são contraditórios, Bontempo et al. (2016) avaliaram a influência dos bioestimulantes constituídos de microrganismos, hormônios vegetais, micronutrientes e extratos de algas na cultura do feijão-comum (cultivar Pérola), soja (cultivar CD 2737) e milho (cultivar P3646H), e concluíram que os produtos não promoveram efeitos sobre a emergência e crescimento das plântulas. Foi sugerido pelos autores que a detecção de dados não significativos foi reflexo do bom suprimento de nutrientes via solo e semente. Além disso, o experimento foi conduzido em localidades com condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura, desse modo, não permitindo que os potenciais efeitos dos bioestimulantes pudessem ser percebidos. Assim, os produtos (bioestimulantes) apresentam, aparentemente, maior efeito em plantas quando cultivadas em condições de estresse, seja ele climático ou nutricional (LANA et al., 2009).

Adicionalmente, outros fatores podem influenciar o processo de absorção do produto pela planta, como estado fisiológico, tipo de equipamento utilizado, métodos de aplicação e condições do ambiente (VASCONCELOS, 2016). Almeida et al. (2014) avaliaram o desempenho agrônomo do feijão-comum, cv. Pérola, com a aplicação de Stimulate®, em diferentes estádios fenológicos da planta, sendo eles tratamento de semente

(TS), V4 e R5. Sendo assim, os autores concluíram que a aplicação do bioestimulante, via foliar, na fase vegetativa ou no início da fase reprodutiva, proporcionou incrementos na nodulação, crescimento radicular e nos conteúdos de açúcares solúveis e de aminoácidos totais. Entretanto, o bioestimulante não interferiu no crescimento da parte aérea e na produtividade do feijoeiro. Tais resultados indicaram que a aplicação do bioestimulante depende não só da dose, época, forma de aplicação, mas também de outros fatores como condição de cultivo e estresses, os quais as plantas estão submetidas durante a aplicação do produto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

A pesquisa foi conduzida nos meses de setembro a novembro de 2019 com duração de 65 dias, sendo realizada no município de Fortaleza/Ceará, Brasil, situada na zona litorânea a 15,49 m de altitude, 3°43'02" de latitude sul e 38°32'35" de longitude oeste, em casa de vegetação localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias (CCA), no Campus do Pici, na Universidade Federal do Ceará (UFC).

3.2. Condições de cultivo e tratamentos

O cultivo iniciou-se com o enchimento dos vasos com solo de textura média, exatamente com 6 kg cada. A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada, conforme descrito por Souza et al. (2000), sendo considerada a diferença entre o peso do solo úmido após a saturação e drenagem livre, e o peso do solo seco ao ar (Figura 1). Após a obtenção da CRA os vasos foram etiquetados e distribuídos de acordo com o sorteio na distribuição (croqui). A manutenção da CRA foi feita diariamente em todos os vasos, pesando-os e repondo o volume de água perdido pela evapotranspiração, utilizando uma balança digital com capacidade para 20 kg até a imposição do déficit nos tratamentos com estresse.



Figura 1. Determinação da capacidade de retenção de água.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x2 (4 doses x 2 épocas de aplicação) mais uma testemunha adicional, dispondo de 4 repetições, sendo totalizada 36 unidades experimentais. O produto FH Attivus foi aplicado nas seguintes doses: 0 kg.ha⁻¹ (T1); 0,100 kg.ha⁻¹ (T2); 0,250 kg.ha⁻¹ (T3); 0,500 kg.ha⁻¹ (T4) no dia da imposição do estresse hídrico e 0 kg.ha⁻¹ (T5); 0,100 kg.ha⁻¹ (T6); 0,250

kg.ha⁻¹ (T7); 0,500 kg.ha⁻¹ (T8) após a imposição do estresse hídrico, além da testemunha adicional (T9), que não passou por imposição de estresse hídrico e nem aplicação de produto.

3.3. Semeadura, desbaste e aplicação do produto

Foram utilizadas sementes de soja, híbrido Monsoy 8349 IPRO, doadas pela empresa Faedo localizada em Limoeiro do Norte/Ceará, sendo as sementes sanitizadas no dia da semeadura, com uma solução de hipoclorito de sódio a 2%. Elas foram imersas por 3 minutos na solução de hipoclorito de sódio 2% e, em seguida, lavadas com água destilada até retirada total do produto. Foram semeadas 5 sementes por vaso (Figura 2), com desbaste realizado 10 dias após a semeadura (DAS), sendo mantida uma planta por vaso.



Figura 2. Semeadura das sementes após sanitização.

A aplicação do produto FH Attivus (Figura 3) ocorreu da seguinte maneira, para os tratamentos T1 ao T4 foi aplicado quando a planta se encontrava no estágio fenológico de pré-floração (25 DAS), no dia da imposição do déficit hídrico. Por outro lado, para os tratamentos T5 a T8 a aplicação ocorreu quando a planta estava em R1, início do florescimento (35 DAS). Ao longo do experimento, os vasos foram pesados diariamente tendo sua umidade mantida a 40% da CRA, entretanto, a testemunha desde o início foi mantida a 80% da CRA. Para fazer a aplicação do bioestimulante, foi feita uma solução estoque na dosagem de 1 kg.ha⁻¹ e a partir daí as diluições nas respectivas doses.



Figura 3. FH Attivus aplicado em plantas de soja.

3.4. Avaliações morfológicas e fisiológicas

Durante a condução do experimento, avaliações morfológicas e fisiológicas foram realizadas. Após imposição do estresse 25 DAS foram avaliados o índice relativo de clorofila com um SPAD (Soil Plant Analysis Development), diâmetro de caule, número de folhas e altura de parte aérea, e, no final do experimento 65 DAS, foram realizadas as avaliações de trocas gasosas, potencial hídrico e vazamento de eletrólitos.

A altura da parte aérea foi medida com auxílio de uma régua de 60 cm, onde começava-se da superfície do solo até o ápice da planta, e o número de folhas foi obtido contando-se as folhas totalmente expandidas. O diâmetro de caule foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital, sendo colocado acima dos cotilédones, cerca de 5 cm. O índice relativo de clorofila foi medido pela utilização do SPAD, onde se tirava uma média de três folíolos de uma folha totalmente expandida.

O potencial hídrico (Ψ_w) da folha foi medido no pré-amanhecer (05:00 as 06:00 a.m.), momento em que a planta se encontra em equilíbrio com o solo, usando uma bomba de pressão do tipo Scholander (SCHOLANDER et al., 1965). O nível de dano provocado pelo estresse hídrico sobre as membranas das folhas e raízes foi determinado através do vazamento de eletrólitos. Para isso, foi seguida a metodologia descrita por Singh et al. (2007), onde foram retirados discos foliares (cerca de 100 mg) e colocados em tubos de ensaio contendo 10

mL de água deionizada e mantidos em repouso em temperatura ambiente por 2 horas. Decorrido esse tempo, foi determinada a condutividade elétrica inicial (CE_1), através de um condutivímetro de bancada. Em seguida, os tubos contendo as amostras foram aquecidos a 95° C, por 30 minutos em banho maria, para obtenção das medidas da condutividade elétrica final (CE_2). O vazamento de eletrólitos (VE) foi estimado através da razão $(CE_1/CE_2) \times 100$.

A leitura das trocas gasosas ocorreu aos 55 DAS, entre 08:00 e 10:00 a.m., onde foram avaliadas a assimilação líquida de CO_2 (A), transpiração foliar (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO_2 (C_i), além disso foi calculada a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). As leituras foram realizadas sob luz saturante ($1200 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), com concentração de CO_2 e temperatura ambiente. Para tal, foi utilizado um analisador de gases por infravermelho (IRGA) modelo LCpro-SD.

3.5. Análise estatística e confecção dos gráficos

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de Shapiro-Wilke quando significativo pelo teste F, e foram submetidos a análise de comparação de médias pelo teste de Tukey, por meio do programa computacional RStudio. Os gráficos foram confeccionados por meio do programa SigmaPlot versão 11.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Morfológicas e SPAD

Na análise de variância apresentada na tabela 1, pode-se observar que as variáveis índice relativo de clorofila (SPAD) e altura (ALT) apresentaram significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F para interação entre os fatores Época x Doses, entretanto as variáveis diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF), não apresentaram significância, o que demonstra boa ação do bioestimulante nestas variáveis mesmo sob déficit hídrico.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis altura (ALT), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e índice relativo de clorofila (SPAD) em plantas de soja, submetidas ao estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante, Fortaleza – CE, 2019.

FV	GL	Quadrado Médio			
		ALT	DC	NF	SPAD
Época (E)	1	80,2011 ^{ns}	0,1815 ^{ns}	3,4453 ^{ns}	14,4453*
Doses (D)	3	25,6903 ^{ns}	0,3608 ^{ns}	1,9661 ^{ns}	2,8011 ^{ns}
Int. E x D	3	104,9178*	0,2269 ^{ns}	4,9453 ^{ns}	9,8144*
Ad x Fat.	1	1,4878 ^{ns}	0,2793 ^{ns}	12,7092 ^{ns}	3 e-05 ^{ns}
Resíduo	27	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-
CV (%)		3,84	46,74	20,37	5,02

*, ** = Significativo a 5% e a 1 % pelo teste F, respectivamente e ns = não significativo.

Ao avaliar os valores médios de altura (Tabela 2), podemos constatar que, em termos absolutos, as médias gerais das épocas de aplicação antes e após a imposição do déficit hídrico foram superiores a testemunha adicional, porém não houve diferenças estatística. Quando avaliamos o fator época, a aplicação do produto antes da imposição do déficit hídrico ocasionou um incremento maior na ALT das plantas, por exemplo, quando aplicamos 0,100 kg.ha⁻¹ obteve uma média de 57,83 cm, em comparação a mesma dosagem após a imposição do déficit obteve média de 46 cm. Fazendo uma comparação entre as médias 57,83 e 46 cm, observa-se um incremento de 25,71% para aplicação antes do estresse em detrimento para aplicação depois do estresse. É importante ressaltar que nenhuma das médias diferenciaram da testemunha adicional.

Tabela 2. Valores médios da altura (ALT) em plantas de soja submetidas a duas épocas de imposição de estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante.

Aplicação do produto	Doses kg.ha ⁻¹				Média
	0	0,100	0,250	0,500	
	ALT				

Antes do estresse	46,62 a	57,83 a	54,83 a	55,12 a	53,60 a
Depois do estresse	52,50 a	46,00 b	51,00 a	52,25 a	50,43 a
Testemunha adicional	48,25				
CV %	3,84				

Médias seguidas por uma mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias contendo * diferem do tratamento adicional (testemunha) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.

É possível observar que a aplicação do bioestimulante nas duas épocas, independente da dose, não apresentou diferença significativa em relação à testemunha adicional (Tabela 2), provavelmente, a utilização do FH Attivus ocasionou em um incremento do desenvolvimento da ALT, mesmo sob ação do estresse hídrico. Nesse sentido, estudos realizados por Bertolin et al. (2010), comprovaram que a utilização de bioestimulante na cultivar de uva Vitória ocasionaram maiores alturas de plantas, chegando a obter 86,78 cm. Então, a ação do estimulante deve ter provocado alguma alteração no metabolismo da planta que promoveu o crescimento, mesmo sob déficit hídrico.

No que diz respeito aos valores médios do índice relativo de clorofila (Tabela 3), constatou-se que, em termos absolutos, o valor médio da aplicação antes da imposição do déficit hídrico foi superior a testemunha, enquanto que o valor médio da aplicação depois da imposição do déficit hídrico foi inferior. Em relação a melhor dose podemos inferir que quando aplicado 0,100 kg.ha⁻¹ antes da imposição do déficit hídrico, obteve-se uma média superior as demais em termos absolutos, evidenciando um incremento de SPAD.

Tabela 3. Valores médios de índice relativo de clorofila (SPAD) em plantas de soja submetidas a duas épocas de imposição de estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante, Fortaleza – CE, 2019.

Aplicação do produto	Doses kg.ha ⁻¹				Média
	0	0,100	0,250	0,500	
	SPAD				
Antes do estresse	40,95 a	41,80 a	39,90 a	39,35 a	40,50 a
Depois do estresse	37,42 b	38,85 b	40,77 a	39,57a	39,15 a
Testemunha adicional	39,82				
CV %	5,02				

Médias seguidas por uma mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias contendo * diferem do tratamento adicional (testemunha) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.

A avaliação do SPAD não apresentou diferença entre as épocas de aplicação e suas diferentes doses em relação à testemunha adicional (Tabela 3). Alguns estudos demonstram que sua relação ao estresse hídrico ainda é bastante controversa, até mesmo com utilização de adubação. Nesse sentido, Magalhães et al., (2009) avaliando o índice relativo de clorofila em

linhagens de milho contrastantes quanto a tolerância à seca, não detectaram diferenças significativas entre as linhas com e sem restrição hídrica, no entanto a média dos ambientes revelou superioridade do ambiente sem deficiência hídrica. Esses resultados corroboram com o presente estudo, onde a aplicação do bioestimulante antes da imposição do déficit hídrico ocasionou, em termos absolutos, uma maior média do SPAD.

4.2. Trocas gasosas

Na análise de variância apresentada na tabela 4, pode ser observado que apenas as variáveis fotossíntese (*A*) e condutância estomática (*gs*) apresentaram significância de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, para todos os fatores avaliados bem como pela interação entre os fatores. Para a transpiração (*E*) foi observado efeito significativo para o fator doses e para interação F x D enquanto que para eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*) foi observado significância apenas para o fator doses.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para fotossíntese (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*) e eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*) em plantas de soja, submetidas ao estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante, Fortaleza – CE, 2019.

FV	GL	Quadrado Médio			
		<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>A/Ci</i>
Época (E)	1	71,8805**	0,5832 ^{ns}	0,1770**	0,0002 ^{ns}
Doses (D)	3	79,7488**	3,4781**	0,2603**	0,0016**
Int. E x D	3	9,8869*	0,5571 ^{ns}	0,1195**	1e-05 ^{ns}
Ad x Fat.	1	262,5868**	13,4853**	2,0740**	0,0028 ^{ns}
Resíduo	27	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-
CV (%)		6,77	22,14	6,77	15,41

*, ** = Significativo a 5% e a 1 % pelo teste F, respectivamente e ns = não significativo.

Ao avaliar os resultados para a fotossíntese (Tabela 5), podemos constatar que, independente da época de aplicação do produto e da dose, os valores médios foram inferiores à testemunha adicional, entretanto, quando compara-se as médias gerais para o fator época, podemos verificar que a aplicação do bioestimulante, antes do déficit hídrico, gerou uma média superior (21,42 mmol.m⁻²s⁻¹) a média dos tratamentos após o estresse (18,43 mmol.m⁻²s⁻¹).

$^2s^{-1}$). Ao fazer uma comparação entre essas médias, observa-se um aumento de 16,22% para aplicação antes do estresse em detrimento da aplicação depois do estresse.

Tabela 5. Valores médios de fotossíntese líquida (A) em plantas de soja submetidas a duas épocas de imposição de estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante.

Aplicação do produto	Doses kg.ha ⁻¹				Média
	0	0,100	0,250	0,500	
<i>A</i> (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)					
Antes do estresse	16,82 a*	23,72 a*	26,13 a	19,04 a*	21,42 a
Depois do estresse	16,11 a*	19,14 b*	20,93 b*	17,54 a*	18,43 b
Testemunha adicional	28,52				
CV %	6,77				

Médias seguidas por uma mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias contendo * diferem do tratamento adicional (testemunha) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.

Ao avaliar a melhor dose do bioestimulante, podemos constatar que a aplicação de 0,250 kg.ha⁻¹ nas duas épocas de aplicação obteve médias superiores às demais. Ao comparar as médias da dose de 0,250 kg.ha⁻¹ com a dose de 0,500 kg.ha⁻¹ verifica-se uma redução de 37,23% e 19,32% para aplicação antes do estresse e após o estresse, respectivamente. Vale destacar que apenas o tratamento antes do estresse na dose de 0,250 kg.ha⁻¹ não diferiu estatisticamente da testemunha.

No que diz respeito a condutância estomática (Tabela 6), verificou-se que, independente da época de aplicação, as médias foram inferiores a testemunha adicional em termos absolutos. Já em comparação a melhor dose e época de aplicação do produto, observou-se que ao ser aplicado a dose 0,250 kg.ha⁻¹ antes da imposição do estresse, a *gs* apresentou média superior às demais doses, demonstrando que a aplicação antes do estresse ocasionou aumento na *gs*, o que está de acordo com os aumentos observados para *A*. É importante ressaltar, que apenas o tratamento aplicando o produto antes do estresse com dosagem de 0,250 kg.ha⁻¹ não apresentou diferença entre a testemunha adicional, demonstrando ser a dose de maior eficiência para os efeitos do estresse hídrico avaliado.

Tabela 6. Valores médios de condutância estomática (*gs*) em plantas de soja submetidas a duas épocas de imposição de estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante.

Aplicação do produto	Doses kg.ha ⁻¹				Média
	0	0,100	0,250	0,500	
<i>gs</i> (mol.m ⁻² .s ⁻¹)					
Antes do estresse	0,35 a*	0,44 a*	1,00 a	0,45 a*	0,56 a
Depois do estresse	0,32 a*	0,40 a*	0,49 b*	0,44 a*	0,41 b
Testemunha controle	1,25				

CV %	6,77
------	------

Médias seguidas por uma mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias contendo * diferem do tratamento adicional (testemunha) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.

Ao avaliar a transpiração (Tabela 7), observa-se que as médias, independente da época de aplicação ou dose do bioestimulante, foram inferiores à testemunha adicional, com exceção da dose 0,250 kg.ha⁻¹ antes da imposição do estresse, que obteve médias superiores às demais, porém, não diferiu da testemunha adicional. Ao comparar as doses 0,250 kg.ha⁻¹ e 0,500 kg.ha⁻¹ antes da imposição do déficit hídrico, verifica-se uma superioridade de 18,60% da primeira em detrimento da segunda.

Tabela 7. Valores médios de transpiração (E) em plantas de soja submetidas a duas épocas de imposição de estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante.

Aplicação do produto	Doses kg.ha ⁻¹				Média
	0	0,100	0,250	0,500	
	E (mmol.m ⁻² s ⁻¹)				
Antes do estresse	5,28 aA*	6,19 aA*	7,46 aA	6,29 aA*	6,30 a
Depois do estresse	5,66 aA*	6,69 aA*	6,61 aA*	6,18 aA*	6,28 a
Testemunha adicional	8,12				
CV %	22,14				

Médias seguidas por uma mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias contendo * diferem do tratamento adicional (testemunha) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.

No gráfico abaixo (Figura 4), verificou-se que os valores de *E* em função das doses apresentaram maiores médias quando utilizou-se 0,250 kg.ha⁻¹ e 0,500 kg.ha⁻¹, em relação as doses de 0 kg.ha⁻¹ e 0,100 kg.ha⁻¹. Quando comparamos a aplicação na dose de 0,250 kg.ha⁻¹ e 0,100 kg.ha⁻¹ temos que obteve-se as médias de 7,46 mmol.m⁻²s⁻¹ e 6,19 mmol.m⁻²s⁻¹, respectivamente, verificando uma superioridade de 20,51% para a dose de 0,250 kg.ha⁻¹.

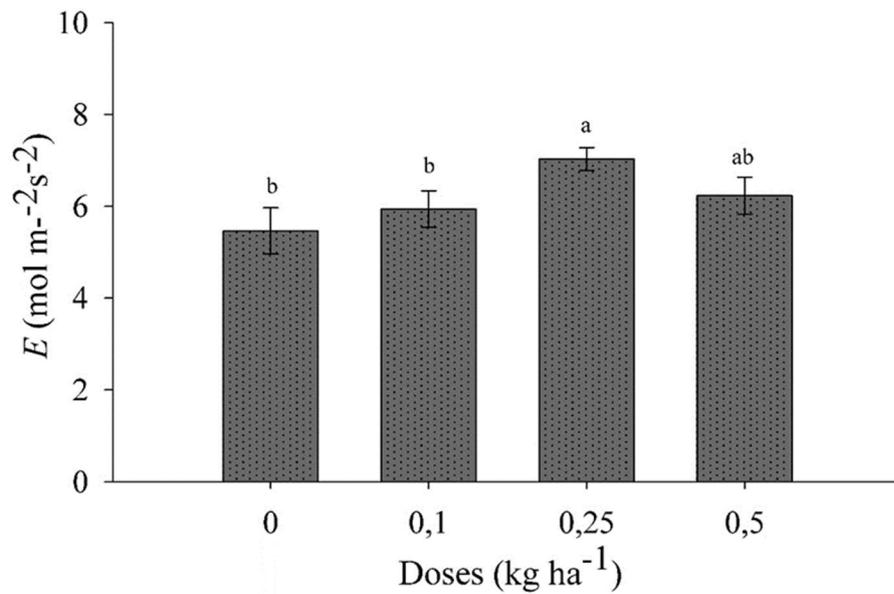


Figura 4. Transpiração de plantas de soja em função das doses aplicadas, Fortaleza - CE, 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como foi observado, os valores de A , g_s e E quando as plantas receberam 0,250 kg.ha⁻¹, antes da imposição do déficit hídrico, apresentaram correlação positiva entre suas médias, porém não diferiram da testemunha controle, provavelmente, pela ação do bioestimulante na mitigação inicial dos sintomas do déficit hídrico. Estudos realizados por Hui et al., (2008), observaram uma correlação positiva entre os três fatores, demonstrando que quando em situações ideais, sem a ocorrência de déficit hídrico, ocorre um crescimento conjunto entre as mesmas. Além disso, sabe-se que quando ocorre uma maior incidência de estresse sobre a planta, os valores de A , g_s e E diminuem, assim Fioreze et al. (2013) citam, em estudo com a cultura da soja, que as variáveis A , g_s e E , decrescem na mesma intensidade que se aumenta a deficiência hídrica.

Avaliando a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) (Tabela 8), podemos verificar que, em termos absolutos, independente da época de aplicação as médias foram inferiores a testemunha adicional. Quando comparamos as duas épocas de aplicação apenas na dose de 0 kg.ha⁻¹ foi observado diferenças significativas. É importante ressaltar, que os tratamentos com aplicação antes do estresse e após o estresse nas doses de 0,100 kg.ha⁻¹ e 0,250 kg.ha⁻¹ não apresentaram diferença entre a testemunha adicional.

Tabela 8. Valores médios de eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) em plantas de soja submetidas a duas épocas de imposição de estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante.

Aplicação do produto	Doses kg.ha ⁻¹
----------------------	---------------------------

	0	0,100	0,250	0,500	Média
			(<i>A/Ci</i>)		
Antes do estresse	0,08 a*	0,10 a	0,10 a	0,08 a*	0,09 a
Depois do estresse	0,07 b*	0,10 a	0,10 a	0,08 a*	0,08 a
Testemunha adicional	0,12				
CV %	15,41				

Médias seguidas por uma mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias contendo * diferem do tratamento adicional (testemunha) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.

No gráfico abaixo (Figura 5), verificou-se que os valores *A/Ci* em função das doses, apresentaram maiores médias quando utilizou-se 0,100 kg.ha⁻¹, 0,250 kg.ha⁻¹ e 0,500 kg.ha⁻¹, sendo estas estatisticamente iguais, em contra partida quando utilizado 0 kg.ha⁻¹ apresentou a menor média. Quando utilizamos 0,250 kg.ha⁻¹ temos uma média de 0,10, enquanto que ao aplicar 0 kg.ha⁻¹ o valor é de 0,7, sendo a primeira superior 30% em detrimento da segunda.

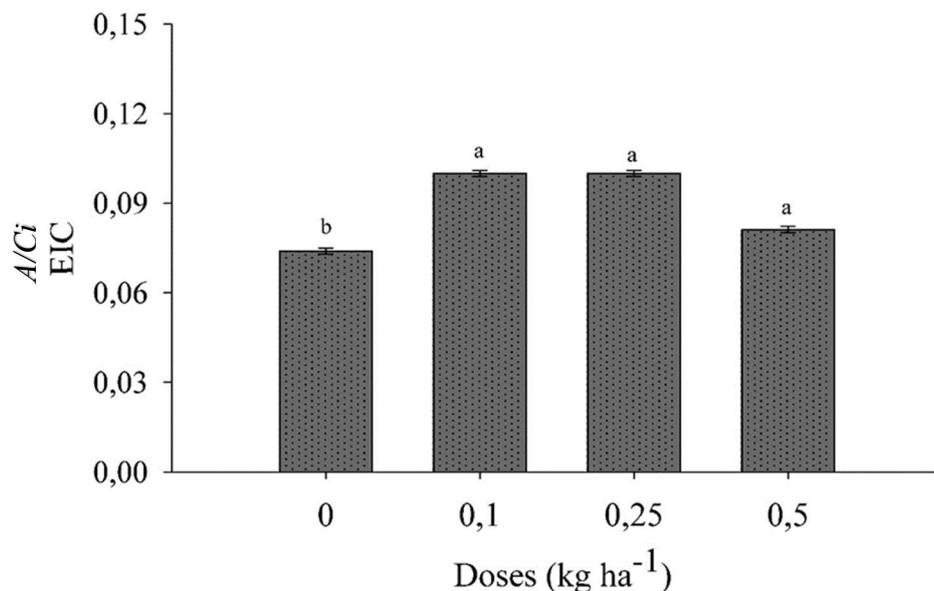


Figura 5. Eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*) de plantas de soja em função das doses aplicadas, Fortaleza - CE, 2019. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estudos realizados por Machado et. (2005), evidenciaram que a *A/Ci* possui estreita relação com a concentração intracelular de CO₂ e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono, desse modo com o aumento dos valores de *A*, *gs* e *E* podemos observar uma maior *A/Ci* na dose de 0,250 kg.ha⁻¹, podendo isso estar diretamente relacionada à superioridade nas variáveis *A*, *gs* e *E*.

4.3. Potencial hídrico e vazamento de eletrólitos

Na análise de variância apresentada na tabela 9, quando avaliamos o fator época, somente a variável vazamento de eletrólitos (VE) apresentou significância de 1% de probabilidade pelo teste F, enquanto que para o fator doses, apenas a variável potencial hídrico (Ψ_w), obteve significância. Em relação a interação entre os fatores época e doses, as duas variáveis obtiveram significância a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para potencial hídrico (Ψ_w) e vazamento de eletrólitos (VE) em plantas de soja, submetidas ao estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante, Fortaleza – CE, 2019.

FV	GL	Quadrado Médio	
		(Ψ_w)	(VE)
Época (E)	1	0,0018 ^{ns}	20,2216 ^{**}
Doses (D)	3	0,0098 [*]	9,0984 ^{ns}
Int. E x D	3	0,0149 ^{**}	28,5394 [*]
Ad x Fat.	1	0,6272 ^{**}	4,5205 ^{ns}
Resíduo	27	-	-
Total	35	-	-
CV (%)		37,09	9,95

*, ** = Significativo a 5% e a 1 % pelo teste F, respectivamente e ns = não significativo.

Ao avaliar os valores médios do potencial hídrico (Ψ_w) (Tabela 10), podemos constatar que quando aplicado as doses de 0 e 0,500 kg.ha⁻¹ antes do déficit e 0,100 kg.ha⁻¹ após o déficit hídrico, obtiveram médias superiores em relação à testemunha adicional. Quando comparamos o fator época de aplicação, podemos constatar que o mesmo obteve uma média de valores absolutos de -0,51 MPa sendo superior à média do tratamento que recebeu aplicação após a imposição do déficit hídrico, que foi de -0,49 MPa, porém este aumento não foi significativo. Desse modo, quando avaliamos a melhor dose do bioestimulante, podemos constatar que a aplicação de 0,100 kg.ha⁻¹ antes do déficit e 0,250 kg.ha⁻¹ após a imposição do déficit hídrico obtiveram médias inferiores a testemunha adicional, mostrando que as plantas estavam turgidas.

Tabela 10. Valores médios de potencial hídrico (Ψ_w) em plantas de soja submetidas a duas épocas de imposição de estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante.

Aplicação do produto	Doses kg.ha ⁻¹				Média
	0	0,100	0,250	0,500	
	Ψ_w				
Antes do estresse	- 0,58 a*	-0,44 b*	-0,47 a*	-0,55 a*	-0,51 a
Depois do estresse	- 0,49 b	-0,55 a*	-0,44 a*	-0,50a	-0,49 a
Testemunha adicional	- 0,50				
CV %	37,7				

Médias seguidas por uma mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias contendo * diferem do tratamento adicional (testemunha) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.

Podemos observar que não houve diferença da testemunha nas doses de 0 kg.ha⁻¹ e 0,500 kg.ha⁻¹ após a imposição do déficit hídrico (Tabela 10). Dessa forma, a aplicação do produto não evidenciou sua ação nas duas épocas de aplicação, já que as plantas se mantiveram com suas células turgidas, provavelmente porque a cultivar Monsoy 8349IPRO é tida como uma cultivar tolerante ao estresse hídrico.

Para o vazamento de eletrólitos (Tabela 11), podemos inferir que a aplicação do bioestimulante na dose de 0 kg.ha⁻¹ antes e após, 0,100 kg.ha⁻¹ e 0,250 kg.ha⁻¹ após a imposição do déficit hídrico obtiveram médias e valores absolutos superiores a testemunha. Quando comparamos o fator época, o valor médio da aplicação do bioestimulante após a imposição do estresse obteve média de 21,66 e a aplicação antes do estresse obteve média de 20,75 sendo deste modo 4,38% maior em detrimento a aplicação antes do estresse.

Tabela 11. Valores médios de vazamento de eletrólitos (VE) em plantas de soja submetidas a duas épocas de imposição de estresse hídrico e quatro doses de bioestimulante.

Aplicação do produto	Doses kg. ha ⁻¹				Média
	0	0,100	0,250	0,500	
	VE				
Antes do estresse	21,64 a	23,52 a	18,97 a*	18,90 a*	20,75 a
Depois do estresse	26,52 b	19,12 b	21,65 a	19,38 a	21,66 b
Testemunha adicional	21,09				
CV %	9,95				

Médias seguidas por uma mesma letra (minúscula) na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias contendo * diferem do tratamento adicional (testemunha) a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.

A aplicação de 0,500 kg.ha⁻¹ antes da imposição do déficit hídrico ocasionou, em termos absolutos, uma menor média de VE, isso indica que, provavelmente, a planta estava sofrendo menos estresse pela falta de água. Estudos realizados por Fioreze et al. (2013),

demonstraram que a integridade das membranas celulares é prejudicada devido à formação dos radicais livres, responsáveis por um maior vazamento de eletrólitos quando em condição de restrição hídrica, devido ao aumento dos danos nas membranas. Desse modo, podemos afirmar que a utilização de $0,500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ocasionou um menor vazamento de eletrólitos, diminuindo assim o estresse ocorrido sobre a planta.

De modo geral temos que quando utilizado $0,100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ antes da imposição do déficit hídrico podemos notar que ocorreu maiores valores das médias adicionais de SPAD e altura, provavelmente porque alguns estudos correlacionam que o índice relativo de clorofila está diretamente ligado a concentrações de cobre, enxofre, ferro, manganês e principalmente nitrogênio nas folhas, que são nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. (NEVES et al., 2005; SANTOS, 2006). Ao utilizar $0,250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ antes da imposição do déficit hídrico, podemos avaliar que ocorreu maiores valores das médias adicionais de A , g_s , E e A/C_i , provavelmente porque a aplicação do bioestimulante potencializou os processos fisiológicos da planta, o que ocasionou uma maior fotossíntese líquida, já que houve uma maior condutância estomática e conseqüentemente maior transpiração e eficiência de carboxilação.

Ao avaliar o potencial hídrico podemos constatar que quando utilizou-se as doses de $0,100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ antes e $0,250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ após a imposição do déficit hídrico, podemos constatar menores valores das médias adicional, provavelmente por que ao aplicar antes da imposição do déficit hídrico a dose de $0,100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ajudou a planta suportar mais os efeitos do déficit hídrico por ser no começo e potencializar o desenvolvimento da planta, entretanto, na segunda época, a planta necessitou de uma dose maior ($0,250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para diminuir os efeitos do déficit hídrico. Para o vazamento de eletrólitos foi necessário a aplicação de $0,500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ antes da imposição do déficit hídrico para que ocorresse um menor dano a membrana, provavelmente, porque foi necessário um maior acúmulo de nutrientes para que a planta criasse mais resistência nas suas membranas.

5. CONCLUSÕES

De modo geral a avaliação do bioestimulante FH Attivus demonstrou efeito positivo nas características morfológicas e fisiológicas, uma vez que a aplicação desse produto na dosagem de $0,250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ antes da imposição do déficit hídrico atenuou os efeitos do estresse em grande parte das variáveis.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. Q. et al. Nodulação, aspectos bioquímicos, crescimento e produtividade do feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 77-88, 2014.
- Aprosoja, (2014). A História da Soja - Disponível em: <http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/> acessado em: 08/04/2020.
- AZEVEDO, B. M. DE. et al. Agropecuária Técnica –. **Agropecuária Técnica**, v. 32, p. 152–159, 2011.
- BERGONCI, J. I. et al. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, p. 1531-1540, 2000.
- BONFIM-SILVA, E. M. et al. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 180–186, 2011.
- BONTEMPO, A. F. et al. Influência de bioestimulantes e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.15, n.1, p. 86-93, 2016.
- BRAY, E. A. Molecular Responses to water deficit. **Plant Physiology**, Riverside, v. 103, p. 1035-1040, 1993.
- CÂMARA G.S. & HEIFFIG L.S. (2006). **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, p. 256.
- CHAVES M.M. et al. How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907916, 2002.
- CONAB, 2019. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, terceiro levantamento, fevereiro 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> acessado em 10/05/20.
- DABADIA, A. C. A. Uso de bioestimulante na assimilação do nitrato e nos caracteres agronômicos em feijoeiro. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.24, n.4, p. 321-332, 2015.
- Dall’Agnol. V.F, (2013). Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014. – Londrina: Embrapa Soja, 265p.; 21cm. – (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, 28 ISSN 2176-2902; n.16). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf> Acessado em 04/04/2020.
- DOURADO NETO, Durval. et al. Ação de bioestimulante no desempenho agronômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. Ju 2014, p. 371-379, 2014.
- FERREIRA, L. A. et al. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.
- FIOREZE, S.L. et al. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1432-1439, 2013.

- FREITAS, M. D.. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera-Centro Científico Conhecer**, Goiania-GO, 7(12),1-12, 2011.
- HUI, Z. et al. Genetic correlation and path analysis of transpiration efficiency for wheat flag leaves. **Environmental and Experimental Botany**, v. 64, n. 2, p. 128-134, 2008.
- JALEEL, C. A. et al. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture & Biology**. [S.L], v. 11, n. 1, p. 100-105, janeiro, 2009.
- JONES, H. G. **Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology**. 2nd. ed. Cambridge University, 1992. 85 p.
- LANA, A. M. Q. et al. Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 13-20, 2009.
- LONG, S. P.; FARAGE, P. K.; GARCIA, R. L. Measurement of leaf and canopy photosynthetic CO₂ exchange in the field . **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 11, p. 1629–1642, 1996.
- LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Editora UFV. Viçosa, p. 492, 2015.
- MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1161- 1170, 2005.
- MAGALHÃES, P.C. et al. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** **8**, p. 223-232, 2009.
- MAIA, F. E. et al. Potencial osmótico como ferramenta alternativa na avaliação de salinidade em solo no semiárido pernambucano. **XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão (JEPEX 2013)**. Recife, 09 a 13 de dezembro, 2013.
- MARIANI, L.; FERRANTE, A. Agronomic Management for Enhancing Plant Tolerance to Abiotic Stresses—**Drought, Salinity, Hypoxia, and Lodging**. **Horticulturae**, v. 52, 2017.
- MATOS, F. S. et al. Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Magistra**, v. 26, p. 19–27, 2014.
- NEVES, O. S. C. et al. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.
- OSAKABE, Y. et al. Response of plants to water stress. **Frontiers in Plant Science**. Tsukuba v. 5, n. 86, 2014.
- PATAKAS, A. et al. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. **Plant Science**, v.163,p.361-367,2002.
- RAMOS, A. R. et al. Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. **Revista Biociências**, Taubaté, v.21, n.1, p. 76-88, 2015.

Reichardt, K. A água em sistemas agrícolas. **São Paulo**, 1987. 188p.

RODRIGUES, L.A. et al. avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Revista Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, 2015.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; ROMAN, E. S. Avaliação do Potencial Foliar em Plantas de Trigo. Passo Fundo, RS: **Embrapa Trigo**, 2003. 12p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/852165/avaliacao-do-potencial-hidrico-foliar-em-plantas-de-trigo>. acessado em: 05/04/2020.

SANTOS, D. M. A. **Adubação nitrogenada e recomendação com medidor portátil de clorofila em algodão**. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plant. **Science**, v.148, p.339-346,1965.

SILVA, R. S. et al. Morfologia e produção de feijão comum em função da aplicação de bioestimulantes. **Revista Scientia Plena**, v.12, n.10, 2016.

SOUZA, C. C. et al. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 338–342, 2000.

Taiz, L., Zeiger, E. I. M. Møller. & A. Murphy. (2017). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª edição. Artmed Editora.