



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**LINDENBERG COSTA PAULINO**

**PLANTAS DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*) SUBMETIDAS À ÁGUA SALINA E  
DOSES DE RESÍDUOS ORGÂNICOS AGROINDUSTRIAIS**

**FORTALEZA**

**2023**

LINDENBERG COSTA PAULINO

PLANTAS DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*) SUBMETIDAS À ÁGUA SALINA E DOSES  
DE RESÍDUOS ORGÂNICOS AGROINDUSTRIAIS

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo do Solo e da Água.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosilene Oliveira Mesquita.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

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

---

P353p Paulino, Lindenberg Costa.  
Plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas à água salina e doses de resíduos orgânicos agroindustriais / Lindenberg Costa Paulino. – 2023.  
76 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Rosilene Oliveira Mesquita.

1. Salinidade. 2. Matéria orgânica. 3. Sustentabilidade. 4. Carnaúba. 5. Coco. I. Título.

CDD 631.4

---

LINDENBERG COSTA PAULINO

PLANTAS DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*) SUBMETIDAS À ÁGUA SALINA E DOSES  
DE RESÍDUOS ORGÂNICOS AGROINDUSTRIAIS

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo do Solo e da Água.

Aprovado em: 28/04/2023

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosilene Oliveira Mesquita (**Orientadora**)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Diego Henriques dos Santos

Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas  
(IDAM)

---

Dr<sup>a</sup>. Caroline Rabelo Coelho

Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas  
(IDAM)

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela oportunidade de conhecimento concebida.

À Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, por disponibilizar suas instalações e materiais para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Antonieta e José Paulino pelo apoio incondicional em todos os momentos de minha vida, sobretudo a vida acadêmica e profissional.

Aos meus irmãos, Aline, Josemberg, Gutemberg e Egberto pelo apoio e incentivo aos estudos. As minhas sobrinhas, Maria Clara e Merlinda Paulino, que este trabalho em algum aspecto as inspire academicamente e pessoalmente.

A minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Rosilene Mesquita, que sempre se mostrou disposta para me atender e contribuir na realização deste trabalho/estudo.

Aos demais membros da banca avaliadora, Dr. Diego Henriques e Dr<sup>a</sup>. Caroline Rabelo pelos apontamentos, recomendações e orientações para melhoria do trabalho/estudo, bem como as professoras Dr<sup>a</sup>. Mirian Costa e Dr<sup>a</sup>. Marilena Melo pelas considerações na banca de qualificação.

Aos professores do PPGCS, por cada aprendizado e conhecimentos compartilhados, em especial ao prof. Dra. Jaedson, prof. Dr. Raul e ao membro da secretaria, Sr. Edilson.

Ao IDAM pela liberação enquanto servidor público para cursar o mestrado e aos colegas da casa pelo incentivo: Maiara, Pedro Henrique, Savio, Caroline, Raiane e Caio.

As amigas que se fizeram presente nesta caminhada da pós-graduação, montagem e condução de experimento, Daniela e Mayara. Aos colegas de turma da pós-graduação (turma 2020.2), Yan, Rebeca, Fábio, Halline, Fernanda e Alana que contribuíram nas atividades acadêmicas. Aos colegas pós-graduandos, Leticia, Rafael, Johny e Bruna pelo apoio na montagem e execução de leituras para o estudo/experimento.

Ao setor avícola ligado do Departamento de Zootecnia, do CCA/UFC pela liberação de estercos; A empresa Pontes Indústria de Cera Ltda. (em especial o colaborador Ruan Lessa) e a Agroindústria Paraipaba Ltda. pela liberação dos materiais/resíduos para uso no estudo. Gratidão a todos e todas!

“As pessoas são como rios.  
Tornam-se maiores à medida que se  
encontram.” (Ana Dubeux, 2022)

## RESUMO

O suprimento hídrico é imprescindível para a produção de culturas de interesse econômico e o uso de água de qualidade é fundamental para alcançar altas produtividades, especialmente em culturas olerícolas como alface. A questão hídrica em regiões como o Nordeste do Brasil é considerada crítica pela a condição de elevada evapotranspiração combinada com irregularidade nas precipitações. Resíduos orgânicos oriundos da produção agroindustrial podem contribuir para melhorar a disponibilidade de água através da maior retenção de água, ao mesmo tempo em que auxilia na fertilização do solo. Logo, o objetivo geral foi caracterizar e avaliar o crescimento, fisiologia e produção de alface condicionadas a irrigação com água salina e adubação com composto produzido com resíduos agroindustriais. Para tanto, foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com tratamentos arranjados em fatorial (5x3), sendo um experimento para cada resíduo (bagana de carnaúba e coco verde). Aplicou-se 5 doses de resíduo orgânico submetidos a compostagem (0, 250, 500, 750 e 1000 g vaso<sup>-1</sup>) e 3 níveis de condutividade elétrica (0, 2,5 e 5 dS m<sup>-1</sup>) para a irrigação com água salina, contabilizando 15 tratamentos e 4 repetições para cada resíduo estudado, sob condições de casa de vegetação. Avaliou-se as respostas biométricas como área foliar, número de folhas e biomassa; e trocas gasosas como taxa fotossintética, condutância estomática e taxa de transpiração das plantas de alface. Os resultados mostraram as maiores respostas biométricas quando se utilizou a dose de 250 g planta<sup>-1</sup> de composto em relação ao controle em ambos os estudos, independente da salinidade. Para as respostas fisiológicas, a dose de 500 g planta<sup>-1</sup> de composto apresentou as maiores médias nas variáveis estudadas em relação ao controle nos resíduos estudados, independente da salinidade aplicada, sobretudo nas variáveis A e gs. A irrigação com água salina reduziu as respostas das plantas de alface, mas observada em níveis de 2,5 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica associado as doses de composto, sobretudo composto a base do resíduo de bagana de carnaúba, é possível produzir satisfatoriamente.

**Palavras-chave:** salinidade; matéria orgânica; sustentabilidade; carnaúba; coco.

## ABSTRACT

Water supply is indispensable for the production of crops of economic interest and the use of quality water is fundamental to achieve high yields, especially in vegetable crops such as lettuce. The water issue in regions like the Northeast of Brazil is considered critical due to the condition of high evapotranspiration combined with irregular precipitation. Organic waste from agroindustrial production can contribute to improving water availability through increased water retention, while also aiding in soil fertilization. Therefore, the general objective was to characterize and evaluate the growth, physiology, and production of lettuce conditioned to irrigation with saline water and fertilization with compost produced with agroindustrial waste. For this, the experimental design was used in randomized blocks with treatments arranged in factorial (5x3), being an experiment for each residue (carnauba bagana and green coconut). Five doses of composted organic residues (0, 250, 500, 750 and 1000 g/vase-1) and three levels of electrical conductivity (0, 2.5 and 5 dS m<sup>-1</sup>) were applied for irrigation with saline water, counting 15 treatments and 4 repetitions for each residue studied, under greenhouse conditions. We evaluated the biometric responses as leaf area, number of leaves and biomass; and gas exchange as photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate of the lettuce plants. The results showed the greatest biometric responses when the dose of 250 g plant<sup>-1</sup> of compost was used in relation to the control in both studies, regardless of salinity. For the physiological responses, the dose of 500 g plant<sup>-1</sup> of compost showed the highest averages in the variables studied in relation to the control in the residues studied, regardless of the salinity applied, especially in the variables A and Gs. Irrigation with saline water reduced the response of lettuce plants, but observed at levels of 2.5 dS m<sup>-1</sup> of electrical conductivity associated with the doses of compost, especially compost based on carnauba bagasse residue, it is possible to produce satisfactorily.

**Keywords:** salinity; organic matter; sustainability; carnaúba; coconut.

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2</b> | <b>HIPÓTESE.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>3</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>4</b> | <b>PLANTAS DE ALFACE (<i>Lactuca sativa L.</i>) SUBMETIDAS Á ÁGUA SALINA<br/>E DOSES DE COMPOSTO A BASE DE BAGANA DE CARNAÚBA DA<br/>AGROINDÚSTRIA DE CERA.....</b>     | <b>11</b> |
| <b>5</b> | <b>PLANTAS DE ALFACE (<i>Lactuca sativa L.</i>) SUBMETIDAS Á ÁGUA SALINA<br/>E DOSES DE COMPOSTO A BASE DE COCO VERDE DA<br/>AGROINDÚSTRIA DE COCO E DERIVADOS.....</b> | <b>40</b> |
| <b>6</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>71</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>72</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a água tem se tornado um recurso natural limitado. A falta de manejo e de uso sustentável dos recursos naturais constitui uma das causas dessa limitação. A disponibilidade hídrica é ainda mais limitada quando se trata de água com qualidade (CETESB, 2019). No Brasil, regiões apresentam a problemática hídrica há tempos, é o caso do Semiárido, o qual compreende parte dos estados do Nordeste, além de abranger parte de Minas Gerais e Espírito Santo.

Diretamente relacionado à questão hídrica está a salinidade da água que afeta os solos e os vegetais da região. Naturalmente, as águas sofrem o processo de evaporação, sendo superior às precipitações, concentrando sais solúveis e o incremento do sódio trocável na superfície e na subsuperfície dos solos. Aliado a isso, tem-se as perdas de água por evaporação e pelas plantas no processo de transpiração, o que contribui para o desbalanço hídrico na região (evapotranspiração superior a precipitação). Assim, há condição limitante à produtividade de plantas de interesse econômico.

É sabido que as plantas apresentam diferentes respostas aos estresses ambientais, seja estresse por seca, por elevada temperatura, por salinidade ou por deficiência nutricional. Nesse contexto, existe a necessidade de estudos que permitam compreender as respostas das plantas, descrevendo suas estratégias de adaptação e capacidade de tolerância aos estresses e condições adversas, sobretudo o estresse salino em regiões semiáridas, englobando especialmente aspectos sobre a produção das plantas.

Aliado a isso, a atual agricultura tem buscado cada vez mais uma autonomia e sustentabilidade produtiva, de modo que os insumos e implementos das mais variadas cadeias produtivas sejam locais e pertencentes à chamada economia circular e sustentabilidade de sistemas produtivos agroalimentares, pois a recorrente pressão aos recursos naturais tem diminuído a disponibilidade de insumos e materiais, assim como sua qualidade, como por exemplo a água e o solo.

Nessa perspectiva, tem sido recorrente o uso e reuso de água, insumos, resíduos e materiais produzidos localmente na agricultura. Resíduos orgânicos agroindustriais muitas vezes ditos sem funcionalidade podem contribuir para melhorar a condição do solo para o crescimento vegetal, tais como o uso de resíduos de bagana de carnaúba e casca de coco verde, fertilizando o solo e promovendo a conservação da umidade.

Assim, os resíduos agroindustriais podem ser submetidos a processos de compostagem para utilização no âmbito agrícola, como adubos orgânicos, permitindo destinação correta aos resíduos ou mesmo na reutilização de resíduos, que ao mesmo tempo incrementam o percentual de matéria orgânica no solo e melhorias nas características químicas e físicas do solo. No entanto, poucos estudos evidenciam as respostas das plantas na esfera produtiva e fisiológica em condições associadas, como estresses e adubações alternativas.

Dentro das culturas de interesse econômico, as olerícolas a cada ano ganham mais importância e presença na alimentação das populações. Entre estas, as culturas denominadas folhosas, como alface (*Lactuca sativa L.*) que é apreciada na maioria das culinárias regionais tem se destacado, sobretudo nas regiões Sudeste, Norte e Nordeste. As culturas apresentam elevada importância social, pois é feito por agricultores familiares em diversas esferas de tecnificação que geram empregos diretos no ambiente rural, renda e dinamizam a comercialização em mercados locais.

Nesse contexto, existe a necessidade de estudos norteadores de uso de água salina associados a manejos do solo utilizando resíduos de fácil acesso localmente, fornecendo informações científicas para basear técnicos e prestadores de serviços de assistência técnica e extensão rural, e especialmente ser base para agricultores/as rurais, os quais atuam em unidades produtivas familiares com o cultivo de hortaliças para abastecimento de mercados locais, como exemplo a cultura de alface.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar e avaliar o crescimento, fisiologia e produção de plantas de alface submetidas a irrigação com água salina (estresse salino) e a doses de resíduos orgânicos agroindustriais sujeitados a compostagem.

## **2 HIPÓTESE**

Resíduos orgânicos agroindustriais como bagana de carnaúba e de coco verde contribuem para a melhoria nas propriedades do solo, ao mesmo tempo que atenuam os efeitos negativos do estresse salino, de maneira a satisfazer a demanda da cultura e possibilitar um bom desempenho fisiológico e produtivo de plantas de alface?

## **3 OBJETIVO**

### **3.1 Geral**

Caracterizar e avaliar o crescimento, fisiologia e produção em plantas de alface submetidas a irrigação com água salina (estresse salino) e a doses de resíduos orgânicos agroindustriais submetidos a compostagem.

### **3.2 Específico**

- a) Avaliar as respostas biométricas;
- b) Avaliar as respostas fisiológicas;
- c) Identificar qual resíduo orgânico proporcionou o melhor crescimento e produção das plantas e;
- d) Determinar qual a dose indicada de resíduo orgânico para o cultivo de alface.

### **3.3 Estratégia experimental**

Para facilitar a execução experimental e apresentação dos dados/resultados foi realizado uma divisão do estudo em dois capítulos, englobando as análises dos resíduos de forma independente, sendo assim uma associação dos fatores estudados (água salina e dose de resíduo) para cada tipo de resíduo (coco verde e bagana de carnaúba).

#### **4 PLANTAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) SUBMETIDAS Á ÁGUA SALINA E DOSES DE COMPOSTO A BASE DE BAGANA DE CARNAÚBA DA AGROINDÚSTRIA DE CERA**

##### **RESUMO**

O uso adequado dos recursos naturais aliado a uma agricultura sustentável tem sido cada vez mais buscada na produção de alimentos. Resíduos da agroindústria podem ser utilizados para melhorar as características do solo, além de potencializar a produção de culturas de interesse econômico e contribuir com o uso eficiente dos recursos, sobretudo solo e água. Água salina para o suprimento hídrico das plantas tem ganhado espaço e é uma realidade próxima no horizonte das atividades produtivas. Objetivou-se, neste trabalho, caracterizar o crescimento, fisiologia e produção em plantas de alface submetidas ao estresse salino e doses de resíduos orgânicos agroindustriais da produção de cera de carnaúba (bagana) sujeitos a compostagem. Para tanto, foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com tratamentos arranjos em fatorial (5x3). Aplicou-se 5 doses de resíduo orgânico submetidos ao processo de compostagem (0, 250, 500, 750 e 1000 g vaso<sup>-1</sup>) e 3 níveis de condutividade elétrica (0, 2,5 e 5 dS m<sup>-1</sup>) para o estresse salino. Logo, o estudo contou com 15 tratamentos e 4 repetições para cada, sob condições de casa de vegetação. Avaliou-se as respostas biométricas (área foliar, número de folhas e biomassa) e fisiológicas (taxa fotossintética, condutância estomática, taxa de transpiração e concentração interna de CO<sup>2</sup>) das plantas de alface. Como resultado, variáveis produtivas como número de folhas, área foliar e massa fresca de parte aérea apresentaram a maior resposta sob o tratamento de 250 g vaso<sup>-1</sup> de composto a base de resíduo da bagana de carnaúba em relação ao controle, seguida pelo tratamento de 500 g vaso<sup>-1</sup> e 750 g vaso<sup>-1</sup>, os quais tiveram limitação de respostas pela salinidade da água de irrigação, mas mesmo assim o estresse salino até o nível de 2,5 dS m<sup>-1</sup> proporcionou bom crescimento e desenvolvimento das plantas de alface deste estudo.

**Palavras chaves:** salinidade, manejo do solo, alface, bagana de carnaúba, sustentabilidade.

#### **1. INTRODUÇÃO**

A água é um recurso fundamental para o desenvolvimento da agricultura, especialmente água de qualidade. A definição da qualidade da água para uso em plantas é

comumente relacionada em função de 3 características: salinidade, sodicidade e toxicidade. A salinidade é o risco de aumentar a concentração de sais no solo, provocando estresse hídrico e salino aos vegetais. A sodicidade trata-se do risco de se elevar a percentagem de sódio trocável, provocando deterioração na estrutura do solo. A toxicidade é a acumulação de determinados íons nos tecidos das plantas, como  $\text{Cl}^-$  e o  $\text{Na}^+$ , provocando efeitos tóxicos (SILVA, 2016; ALMEIDA, 2010).

Na região Nordeste do Brasil, há a predominância de regime irregular de chuvas na estação chuvosa; solos rasos e pedregosos; elevada taxa de evaporação e fontes de água com elevados teores de sais (SILVA, 2016) o que pode minimizar o desenvolvimento e crescimento vegetal. De acordo com a FAO (2008), a elevada salinidade é o principal fator limitante para a produtividade de plantas de interesse econômico, especialmente em regiões áridas e semiáridas. Embora a região Nordeste apresente estas características, ainda há o desenvolvimento de diversas atividades agrícolas (SILVA, 2016).

Nestas condições, Lacerda *et al.*, (2003) e Silva (2016) apontam que a redução da produtividade das culturas devido a ocorrência de estresse pelo uso de água salino possui três efeitos: o fechamento estomático que limita a assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , a inibição da expansão foliar que reduz a área destinada ao processo fotossintético e a aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilados.

Quando as plantas são submetidas em condições adversas, especialmente ambientes salinos, há manejos, como aumento da matéria orgânica no solo (MOS), que podem atenuar a severidade do estresse vegetal. Estudos com coberturas mortas e resíduos orgânicos estão em exploração como alternativa para aumentar o percentual de MOS, podendo ainda melhorar alguns de seus atributos químicos, físicos e biológicos. Os mesmos podem ser alocados por meio da deposição sobre cobertura e/ou compostagem (que consiste em uma técnica de aproveitamento e estabilização de vários resíduos; sejam eles de origem agrícola, industrial ou urbana; através de um processo aeróbio ou anaeróbio, desenvolvido por microrganismos diversos) (BELTRÃO JÚNIOR *et al.*, 2012; PEREIRA NETO, 1987).

Entre os resíduos mais comuns na região Nordeste, especialmente em estados como Ceará, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Maranhão, são os resíduos de carnaúba (*Copernicia prunifera*), a exemplo a bagana, obtida no processo de extração da cera das folhas desta palmeira (NASCIMENTO *et al.*, 2018; FERREIRA, 2013). Estudos apontam que bagana de carnaúba pode ser elemento potencial ao favorecimento nutricional, melhoria da condição de crescimento radicular e estrutura e manutenção de umidade, prolongando o tempo de disponibilidade da água (ALVES; COELHO, 2006). Além disso, a bagana de

carnaúba vem sendo utilizada em diversas etapas do desenvolvimento de mudas, como substrato (AMORIM *et al.*, 2010).

Para as culturas de interesse econômico, a cultura de alface (*Lactuca sativa L.*), apreciada na maioria das culinárias, apresenta elevada importância social, pois é produzida por agricultores familiares em diversas esferas de tecnificação que geram empregos e renda no ambiente rural, e dinamizam a comercialização em mercados locais. Os resíduos orgânicos podem integrar o processo produtivo melhorando a qualidade do solo destes sistemas de produção de alimentos familiares. Conforme a EMBRAPA Hortaliças (BOITEX *et al.*, 2017), a cultura de alface é a principal hortaliça folhosa produzida no país e os principais sistemas de produção de alface existentes no país são em campo aberto, cultivo protegido e hidroponia. O IBGE (2016) aponta a região Nordeste como responsável por 9,7% da produção nacional da cultura de alface, onde se destaca a atuação no setor primário de estados como o Ceará e Pernambuco.

Li *et al.*, (2023) pontuam que há pouca informação de estudos associados de respostas de plantas de alface que aprofundem aspectos produtivos e fisiológicos em distintas condições, como estresse, adubação e manejo. Bartha *et al.*, (2015) ainda complementa que as cultivares mais comercializadas de alface são produzidas em condições não salinas, o que evidencia a informação limitada sobre a resposta ao estresse salino com manejo conservacionista, sobretudo os parâmetros fisiológicos e bioquímicos que podem ser úteis para o rastreio de variedades tolerantes a salinidade e a influência desta na qualidade do rendimento comercializável.

Assim, o objetivo do presente estudo foi caracterizar e avaliar o crescimento, fisiologia e produção em plantas de alface submetidas a irrigação com água salina (estresse salino) e a doses de resíduos orgânicos agroindustriais a base de bagana de carnaúba submetidos a compostagem.

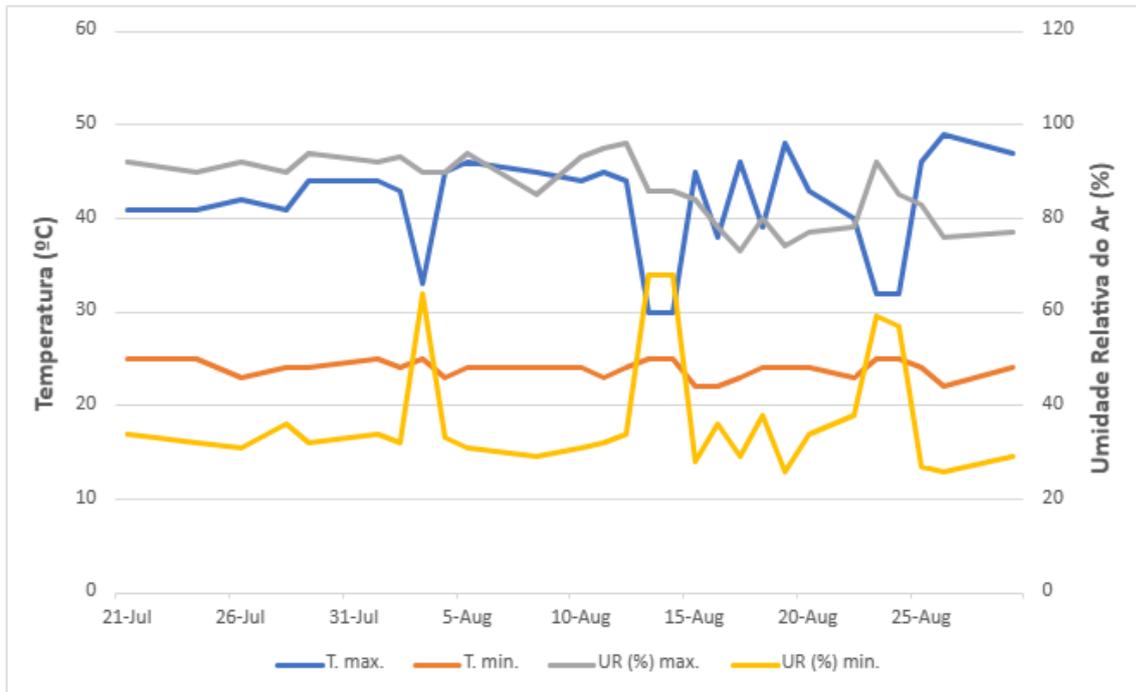
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E CLIMA**

O estudo foi realizado entre os meses de julho e agosto de 2022 na casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (DFT/CCA/UFC), localizado no Campus do Pici, em Fortaleza, Ceará, mais especificamente nas coordenadas: latitude de

3°44'26.05"S e 38°34'29.32"O e altitude média de 12 m do nível do mar. A temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) registradas no período do estudo estão presentes na Figura 1.

Figura 1 – Dados de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) máxima e mínima registradas na casa de vegetação no período de realização do estudo.



## 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento inteiramente casualizado com tratamentos arranjos em regime fatorial (5x3) com 4 repetições foi o utilizado neste estudo. O composto orgânico resultante da compostagem, usando como base a bagana de carnaúba, teve 5 doses (0, 250, 500, 750 e 1000 g vaso<sup>-1</sup>) e a água de irrigação causadora do estresse salino teve 3 níveis de condutividade elétrica (0; 2,5 e 5 dS m<sup>-1</sup>). Logo, o estudo contou com 15 tratamentos para o resíduo analisado, totalizando 60 unidades experimentais (UEs). Cada unidade experimental foi constituída por uma planta.

## 2.3 ESPÉCIE VEGETAL, PREPARAÇÃO DOS VASOS E SEMEADURA

Para esse estudo foram utilizadas sementes comerciais de alface da marca Feltrin Sementes, obtidas em loja comercial agropecuária, sendo a variedade Grand Rapids, com 96% de poder de germinação e 99,8% de pureza.

As sementes de alface (variedade Grand Rapids) foram cultivadas em bandejas de isopor com 108 células, sendo as células preenchidas com vermiculita (substrato inerte). Assim, foram semeadas duas bandejas a uma profundidade de aproximadamente 0,3 cm. Aos 9 dias após a semeadura, quando as plântulas atingiram a emissão de 4 folhas, foram selecionadas as plântulas mais vigorosas e uniformes e feito o transplântio, deixando-se apenas uma planta por vaso de forma a manter o experimento mais homogêneo, sendo cada vaso de 12 dm<sup>3</sup> de capacidade. As amostras de solo correspondentes a cada tratamento foram alocadas em vasos, juntamente com tecido voal na parte inferior para evitar perdas de material.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DO SOLO E RESÍDUO ORGÂNICO

Para a realização do experimento foi utilizado um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo com textura areia franca (BEZERRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2018; EMBRAPA, 2013). O solo utilizado foi coletado próximo à área experimental da Estação Agrometeorológica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA/CCA/UFC), em Fortaleza - CE, tendo como coordenadas geográficas 3°44'45'' S, 38°34'55'' O e 19,5 m de altitude acima do nível médio do mar, bem como peneirado e posteriormente colocado nos vasos.

Amostras do solo foram coletadas e enviadas ao laboratório para se conhecer as características do mesmo, conforme metodologia da EMBRAPA (2013). O resultado da análise sobre as características físicas e químicas antes da aplicação dos tratamentos podem ser observados na Tabela 1 e 2. A caracterização do solo incluiu textura, densidade, condutividade elétrica, pH em água, matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica efetiva (T), saturação de bases (V%), saturação por alumínio (m%), teores trocáveis de Ca, K, Mg, Na e outros.

Tabela 1 – Características químicas do solo utilizado no experimento (antes da aplicação dos tratamentos).

| Características químicas                               |           |     |     |      |      |     |          |     |                |
|--|-----------|-----|-----|------|------|-----|----------|-----|----------------|
| pH (H <sub>2</sub> O)                                  | CE (dS/m) | S   | T   | V(%) | m(%) | PsT | Mo(g/kg) | C/N | P assi.(mg/kg) |
| 6,1  | 0,44      | 2,6 | 3,9 | 66   | 4    | 2,6 | 11,38    | 9   | 10             |
| Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |           |     |     |      |      |     |          |     |                |

|                  |                  |                 |                |                                   |                  |
|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|------------------|
| Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> | Al <sup>3+</sup> |
| 1,20             | 1,10             | 0,13            | 0,17           | 1,32                              | 0,10             |

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água - FUNCEME, 2023.

Tabela 2 – Características físicas do solo utilizado no experimento (antes da aplicação dos tratamentos).

| <b>Características físicas</b>                  |            |       |        |                                 |           |
|---|------------|-------|--------|---------------------------------|-----------|
| Composição granulométrica (g kg <sup>-1</sup> ) |            |       |        | Densidade (g cm <sup>-3</sup> ) |           |
| Areia grossa                                    | Areia fina | Silte | Argila | Global                          | Partícula |
| 45,3  | 36,2       | 7,5   | 11     | 1,39                            | 2,55      |

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água - FUNCEME, 2023.

Assim, os vasos foram compostos por solo + composto orgânico, o qual foi produzido com o resíduo orgânico agroindustrial a base de bagana de carnaúba.

Os resíduos agroindústrias para tornarem-se composto orgânico foram submetidos ao processo de compostagem durante 4 meses, por meio da ação de decomposição manejada dos resíduos de bagana de carnaúba, juntamente com esterco de galinhas poedeiras. O esterco avícola foi oriundo do setor de avicultura ligado ao Departamento de Zootecnia (DZO/CCA/UFC), já os resíduos orgânicos agroindustriais foram obtidos através de empresa comercial relacionada a agroindústria. A origem da bagana de carnaúba foi a Pontes Indústria de Cera Ltda, oriundo de uma de suas fazendas de produção, localizada no município de Caucaia, Ceará.

Para a realização da compostagem, o resíduo foi misturado com esterco de galinha poedeira, na proporção de 1:1 (v/v), dispostos sob camadas em pilhas com 2 x 1 x 1, sendo 2 m de comprimento e 1 m de largura com aproximadamente 1 m de altura. Realizaram-se as reviradas das pilhas quinzenalmente com o objetivo de auxiliar na aeração e irrigação. As amostras do composto orgânico à base de bagana de carnaúba foram coletadas e enviadas ao laboratório para conhecimento das características químicas. O resultado da análise pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Características químicas dos compostos orgânicos a base do resíduo de bagana de carnaúba utilizado no experimento.

---

#### Atributos químicos

---

| <b>Comp.</b>   | pH                 | CE               | S               | T              | V                                 | m   | PsT  | Mo(g/kg) | C/N | P assim.         |
|--|--------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|-----|------|----------|-----|------------------|
| <b>Orgânico</b>  | (H <sub>2</sub> O) | (dS/m)           |                 |                | (%)                               | (%) |      |          |     | (mg/kg)          |
| <b>Carnaúba</b>  | 7,3                | 0,68             | 38,8            | 40,3           | 96                                | 0   | 38,6 | 80,99    | 8   | 1,815            |
| Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |                    |                  |                 |                |                                   |     |      |          |     |                  |
|  | Ca <sup>+2</sup>   | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> |     |      |          |     | Al <sup>3+</sup> |
| <b>Carnaúba</b>  | 28,0               | 2,70             | 1,38            | 6,69           | 1,49                              |     |      |          |     | 0,0              |

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água - FUNCEME, 2023.

## 2.5 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no período de julho a agosto/22. No decorrer do ciclo de cultivo foram efetuados também os tratos culturais necessários para a adequada condução da cultura, tais como eliminação de plantas infestantes/daninhas por meio de controle mecânico semanalmente. Não foi efetuada adubação química durante o experimento.

Tratando-se da irrigação, foi realizada de forma manual uma vez por dia, no início da manhã, por meio de aplicação de água até que se observou a drenagem da água aplicada em cada tratamento. A origem da água para irrigação foi a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) mensurada a fim de conhecer a condutividade elétrica (CE) através de leituras com condutímetro digital (Figura 2A). As águas de alta salinidade (2,5 e 5 dS m<sup>-1</sup>) foram preparadas a partir da dissolução do Cloreto de Sódio (NaCl) e Cloreto de Cálcio (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) (Figura 2B), na proporção de 8:2 respectivamente, sendo esta a proporção de sais buscando uma aproximação representativa da maioria das fontes de água disponíveis para irrigação na região Nordeste do Brasil, sobretudo fontes de água subterrâneas, como poços (MEDEIROS, 1992).

Figura 2 - Condutímetro digital (A) e cloreto de cálcio; cloreto de sódio (B).



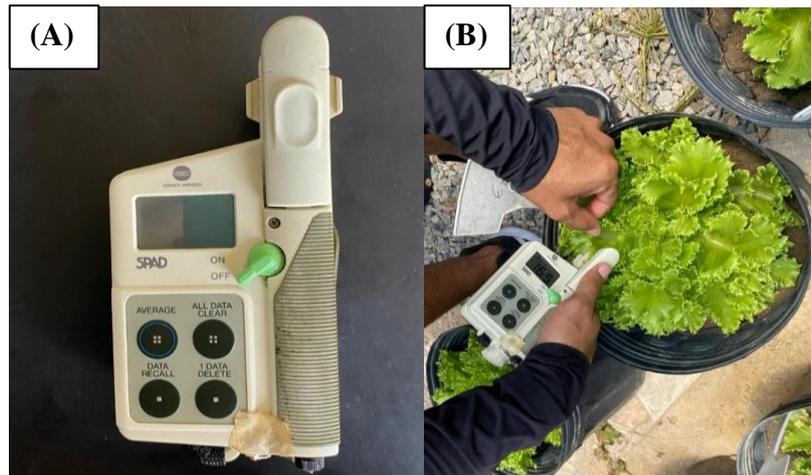
Fonte: Registrado pelo autor.

Para a devida lavagem dos sais, foi realizada drenagem aplicando a fração de lixiviação semanalmente. Foi utilizado o dobro de volume de água aplicada em cada tratamento registrado para o dia da lavagem paulatinamente, com auxílio de béquer graduado e assim o volume utilizado para irrigar em cada tratamento foi adicionado com água sem adição de sais, referente à fração de lixiviação (AYERS; WESTCOT, 1999) para promover a lixiviação dos sais do solo de cada vaso (CAVALCANTE *et al.*, 2010).

## 2.6 VARIÁVEIS ANALISADAS

Inicialmente, aos 33 dias após o transplante, para avaliação do teor relativo de clorofila foi feito a mensuração através de um clorofilômetro SPAD (*Soil plan analysis development*) (Figura 3A). As leituras foram realizadas entre 9:00 e 12:00 h, em folhas totalmente expandidas (Figura 3B). O índice SPAD está diretamente relacionado com os teores de N foliar, fotossíntese e conseqüentemente com o crescimento das plantas.

Figura 3 - Medidor de clorofila SPAD (A) e leitura de amostras realizadas em folhas totalmente expandidas (B).



Para as variáveis de trocas gasosas foram realizadas leituras das 08:30 às 11:30 h em folhas totalmente expandidas do terço superior da planta utilizando um analisador de gases por infravermelho (IRGA, Li-Cor - Li6400 XT) com concentração de  $\text{CO}_2$  na câmara a  $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$  e  $1500 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Assim, foram mensurados a taxa fotossintética líquida ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). A partir das razões  $A/E$  e  $A/C_i$ , foram calculadas a Eficiência do Uso da Água (EUA) e Eficiência Intrínseca de Carboxilação (EiC), respectivamente.

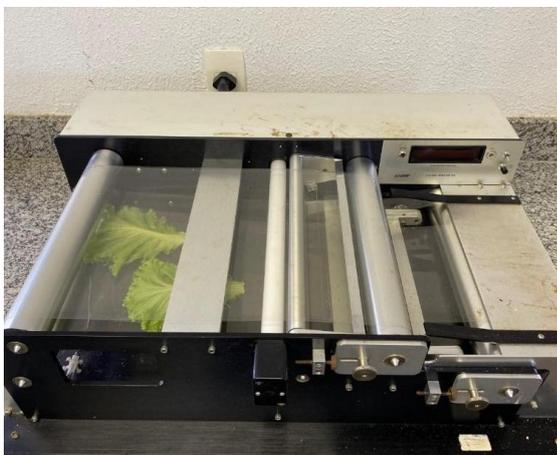
Ao final do estudo, aos 35 dias após o transplântio das mudas, foram avaliadas as variáveis biométricas. Na ocasião, as plantas foram cortadas rente ao solo, suas folhas contadas (número de folhas - NF) e seu diâmetro de caule (DC) medido através de paquímetro digital (Figura 4).

Figura 4 – Paquímetro digital para medição do diâmetro de caule das plantas.



Além disso, a área foliar também foi determinada por meio de um integrador de superfície (LI – 3100, área meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA) (Figura 5).

Figura 5 – Determinação da área foliar.



Para a descrição dos valores referentes a biomassa, foram obtidos os valores de massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFPR) (Figura 6) através de pesagens em balança digital, com duas casas decimais de precisão. Em seguida, a biomassa de parte aérea foi armazenada em embalagens confeccionadas de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa a 60°C até massa constante.

Figura 6 – Pesagem/uso da balança digital para obtenção das massas fresca e secaa.



## 2.7 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos para as doses de adubação e condutividade elétrica dos dois experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste “F” de Snedecor e Cochran (1948), e análise de regressão, posteriormente. Em seguida, o desdobramento da

interação foi testado empregando-se a metodologia de superfície de resposta, utilizando o software Genes (CRUZ, 2016), sendo os modelos definidos de acordo com comportamento biológico e o coeficiente de determinação. O nível de significância de 5% foi adotado para todos os testes realizados. Para a plotagem dos gráficos utilizou-se o software SigmaPlot [versão 14.5, (SYSTAT Software, inc.)].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

A ANOVA demonstrou influências significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “F” para o fator isolado (doses) nas variáveis diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e massa fresca da raiz (MFR); número de folhas (NF) e massa seca de parte aérea (MSPA) apresentaram significância apenas ao nível de 5% de probabilidade, enquanto a SPAD e massa parte fresca da aérea (MFPA) não foram significativos. Para o fator isolado água salina, todas as variáveis mostraram-se não significativas. Para a interação entre os fatores (doses e água salina), DC e SPAD foram significativos ao nível de 1% de probabilidade; AF, MFPA e MSPA foram significativos apenas ao nível de 5% de probabilidade e NF acompanhada da MFR não apresentaram diferenças significativas, de acordo com os dados da análise de variância na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise de variância para número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), índice relativo de clorofila (SPAD), massa fresca (MFPA) e massa seca (MSPA) da parte aérea e massa seca da raiz (MFR) em plantas de alface, cultivadas sob doses de adubação com resíduo de bagana de carnaúba mediante tratamentos com água salina.

| FV <sup>1</sup>     | GL <sup>2</sup> | Quadrado Médio      |                    |                        |                     |                       |                    |                    |
|---------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
|                     |                 | NF                  | DC                 | AF                     | SPAD                | MFPA                  | MSPA               | MFR                |
| Doses (D)           | 4               | 34,82*              | 19,78**            | 519193,85**            | 42,95 <sup>ns</sup> | 1474,18 <sup>ns</sup> | 7,96*              | 8,96**             |
| CE <sup>3</sup>     | 2               | 5,19 <sup>ns</sup>  | 0,89 <sup>ns</sup> | 63591,31 <sup>ns</sup> | 24,87 <sup>ns</sup> | 578,70 <sup>ns</sup>  | 3,50 <sup>ns</sup> | 4,31 <sup>ns</sup> |
| D x CE              | 8               | 22,26 <sup>ns</sup> | 19,23**            | 253987,08*             | 74,66**             | 1706,96*              | 6,95*              | 3,07 <sup>ns</sup> |
| Resíduo             | 45              | 11,11               | 5,21               | 96500,57               | 19,38               | 654,21                | 2,43               | 2,09               |
| Total               | 59              | -                   | -                  | -                      | -                   | -                     | -                  | -                  |
| Média geral         | -               | 12,78               | 9,04               | 665,51                 | 18,34               | 53,65                 | 3,95               | 4,49               |
| CV <sup>4</sup> (%) | -               | 26,09               | 25,26              | 46,68                  | 24,00               | 47,67                 | 39,46              | 32,19              |

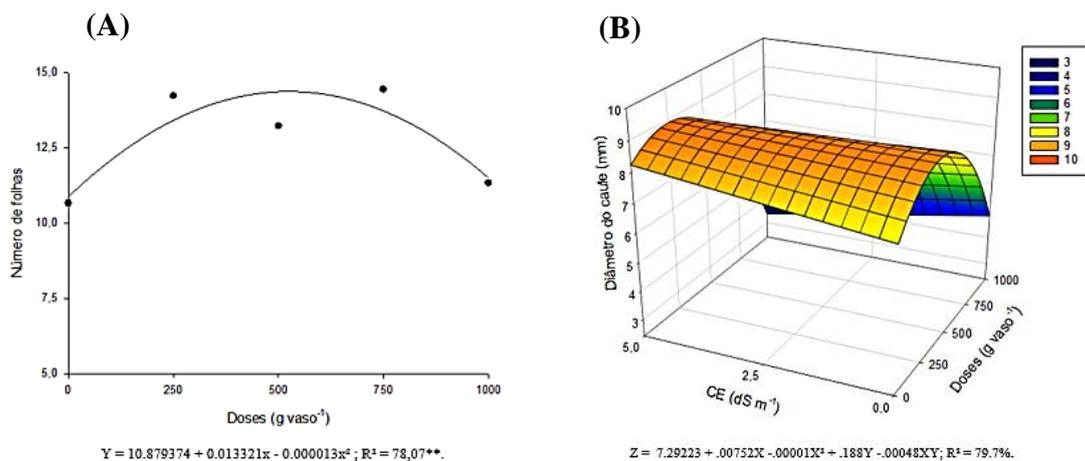
<sup>1</sup>FV = Fonte de variação; <sup>2</sup>GL = Graus de liberdade; <sup>3</sup>CEa = Condutividade elétrica da água de irrigação; <sup>4</sup>CV = coeficiente de variação; \*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; <sup>NS</sup> não significativo.

Observando a descrição da ANOVA, nota-se um coeficiente de variância das respostas das plantas com o composto a base de resíduo de bagana de carnaúba associada ao ES causado pela água salina acentuado, a qual a menor variância observada foi de 24% na variável SPAD e a maior (47,67%) na variável MFPA.

Para os dados referentes NF (Figura 7A) com significância aos níveis de 5% e 1% apenas em função das doses, o melhor ajuste na análise de regressão foi o modelo de equação quadrática decrescente, verificando que os compostos apresentaram resultados positivos até que decresceram. A maior média observada para o NF das doses estudadas foi observado no tratamento 750 g vaso<sup>-1</sup> do composto a base de resíduo de carnaúba.

Esses valores foram observados em outros estudos, a exemplo o experimento de Silva *et al.*, (2018), o qual verificou comportamento semelhante, pois mesmo em condições de ambiente protegido e sob níveis de salinidade da água de irrigação, não foi encontrado influências significativamente para o NF.

Figura 7 - Número de folhas (A) e diâmetro do caule (B) de plantas de alface em função das doses de adubação de composto orgânico a base de carnaúba mediante tratamentos com água salina.



Em relação ao DC (Figura 7B), os compostos orgânicos produzidos com resíduo de carnaúba associados ao ES apresentaram comportamento quadrático chegando a um ponto máximo de cerca 9 mm quando se aplicou a dose 250 g vaso<sup>-1</sup>. As plantas com melhores

respostas na variável DC foram as submetidas as menores doses de composto a base do resíduo de carnaúba, independentemente do nível da condutividade elétrica na água de irrigação.

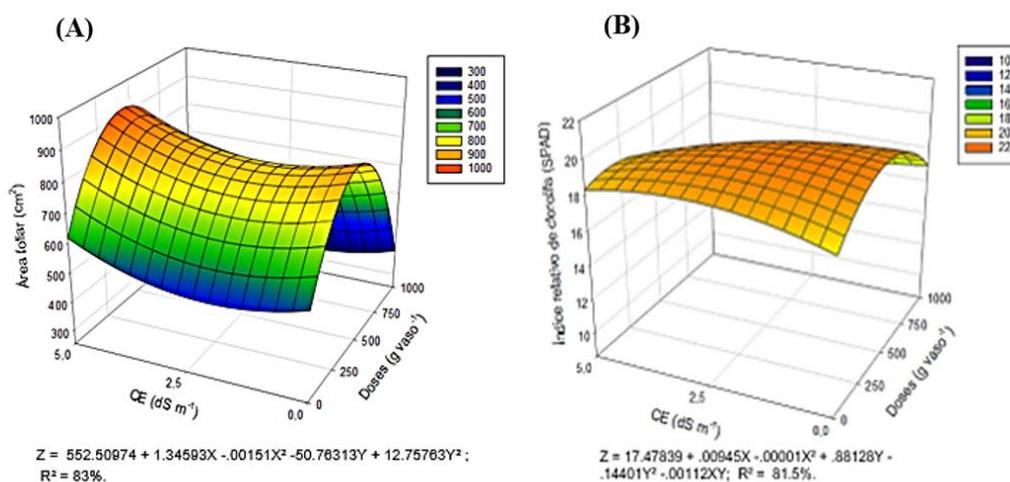
Em estudos realizados também analisando o comportamento de plantas de alface sob água salina até o nível de 4,10 dS m<sup>-1</sup>, Silva *et al.*, (2018), concluíram que os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação não influenciaram significativamente as variáveis estudadas de crescimento como NF e DC. Porém, Silva *et al.*, (2017) observaram redução no DC com comportamento linear decrescente com o aumento da salinidade, chegando a uma redução de 80,5% nas plantas de alface em uma água salina de 16 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica.

No que diz respeito a área foliar (AF) (Figura 8A), os dados apresentaram como média geral o valor de 665,51 cm<sup>2</sup>. No entanto, houve uma variância dos valores observados elevada, com um valor de 46,68%. Na análise de regressão se constata que os dados se ajustaram a equação quadrática, sendo uma polinomial de 2º grau, em que os resultados mostraram não significativos em função da água salina, mas significativos para a interação das doses com a água salina usada para irrigação.

Nessa perspectiva, a AF decresceu à medida que houve aumento da dose de composto com resíduo de carnaúba associada ao ES da água de irrigação, mostrando concordância com SILVA *et al.*, (2017), que trabalhando com alface verificou a menor AF (20,47 cm<sup>2</sup>), para os tratamentos submetidos a um ES de 16 dS m<sup>-1</sup> na água de irrigação, havendo assim um decréscimo significativo na área foliar de 59,66%.

Conforme Taiz *et al.*, (2017), a área foliar possui grande relevância para as plantas de alface, pois é uma variável de crescimento indicativa da produtividade, uma vez que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, ocorrendo diretamente na folha. Reduções na AF e no número de folhas é um importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas em condições de excesso de sais, pois em tais condições é interessante a redução na transpiração e, conseqüentemente, diminuição do carregamento de íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> no xilema (WILADINO; CAMARA, 2010; TAIZ *et al.*, 2017).

Figura 8 - Área foliar (A) e Índice SPAD representativo do teor de clorofila total (B) de plantas de alface cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base de carnaúba mediante tratamentos com água salina.



A respeito do teor relativo de clorofila (SPAD), os valores observados apresentaram média geral de 18,34 para as plantas sob adubação de composto a base de resíduo de carnaúba. Na análise de regressão constatou-se um ajustamento ao modelo polinomial de 2º grau (Figura 8B), diminuindo de acordo com o aumento da condição de ES da água de irrigação, onde o ponto máximo encontrado apresentou valor de 18,95 para o tratamento adubado com dose de 500 g vaso<sup>-1</sup> com composto a base de bagana de carnaúba sob a irrigação da água salina de 2,5 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica.

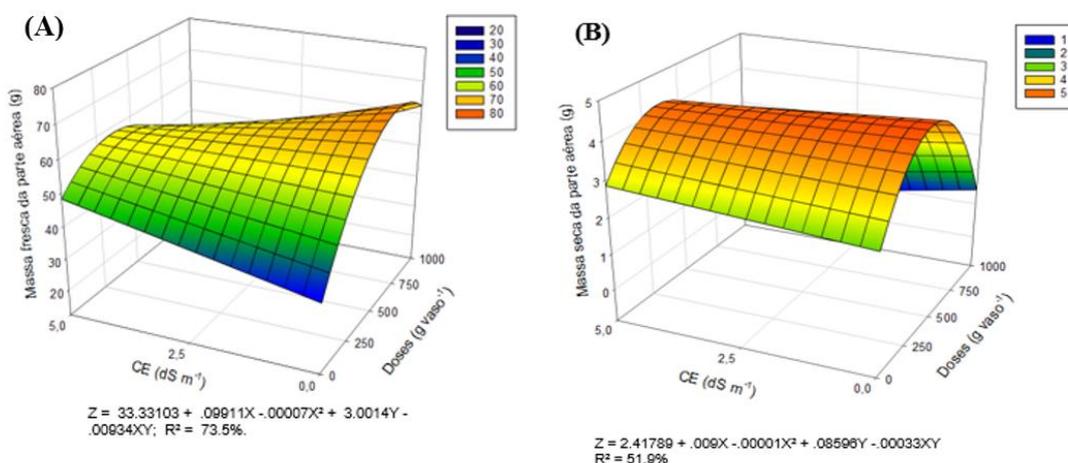
Resultados semelhantes foram encontrados na literatura para a cultura da alface sem limitações ao desenvolvimento vegetativo devido a tolerância parcial da alface a salinidade, como os valores de Melo (2021) variando de 16,6 a 18,7, bem como de Oliveira *et al.*, (2010) com respostas quadráticas às concentrações das soluções adubadoras em alface. É sabido que a AF e o teor relativo de clorofila (SPAD) são influenciados por diversos fatores, entre eles pode-se pontuar o fornecimento de nutrientes, uma vez que a planta necessita de boa condição nutricional para produção de clorofila e açúcares, ou seja, para desempenhar suas funções vitais (TAIZ *et al.*, 2017), sendo uma dedução apropriada para os dados observados neste estudo.

Valores baixos para o SPAD indicam uma sensibilidade à salinidade e deficiência hídrica (GRACIANO *et al.*, 2011; MAGALHÃES *et al.*, 2013). Todavia, ao observar a curva de regressão em resposta à salinidade, se constata que houve aumento do teor relativo de clorofila associada a elevação da condutividade elétrica para os tratamentos deste estudo. A elevação da clorofila com a salinidade observada é encontrada na literatura e estão relacionadas ao aumento da clorofila nas folhas em resposta à tolerância mediana da alface ao excesso de sais (MUNNS, 1993; RODRIGUES, 2002; CARVALHO *et al.*, 2012).

Para a variável massa fresca da parte aérea (MFPA), os tratamentos apresentaram uma média geral de 53,65 g planta<sup>-1</sup>. Os valores observados foram bastante distintos, sobretudo quando se observa o coeficiente de variação chegando a 47,67%. Para a análise de regressão, os dados se ajustaram melhor a equação quadrática, conforme evidencia a figura 9A.

Os valores de MFPA encontrados no presente estudo foram maiores do que os observados por Melo (2021), os quais a MFPA variou de 16,39 g planta<sup>-1</sup> a 22,88 g planta<sup>-1</sup> em condições de irrigação com água salina associado ao uso de polímeros hidroretentor. No entanto, ambos os valores observados podem ser considerados baixos em relação aos valores de 210 g planta<sup>-1</sup> e 64,3 g planta<sup>-1</sup> encontrados para a cultivar Grand Rapids em estudos anteriores feitos por Zuffo *et al.*, (2016) e posteriormente por Goulart *et al.*, (2018) nas condições edafoclimáticas do semiárido piauiense.

Figura 9 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) em gramas de plantas de alface, cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base de resíduo de carnaúba mediante tratamentos com água salina.



Para a massa seca de parte aérea (MSPA), os valores apresentaram média geral de 3,95 g planta<sup>-1</sup>. Os dados se ajustaram melhor a funções polinomiais do 2<sup>a</sup> grau, apresentando ponto máximo com as doses de 250 g vaso<sup>-1</sup> de composto a base do resíduo de carnaúba, aproximadamente, de acordo com a figura 9B. Os valores observados foram bastante distribuídos ao redor da média, com um coeficiente de variação chegando a 39,46%.

Estes dados foram superiores a valores encontrados em estudos também com plantas de alface, inclusive com a mesma cultivar (Grand rapids), quando Melo (2021) observou que a massa seca da parte aérea (MSPA) variou de 1,03 a 1,07 g planta<sup>-1</sup>, sendo

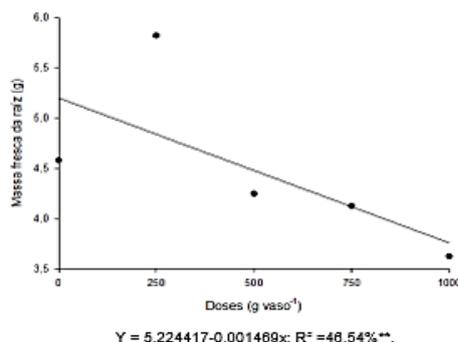
esses valores inferiores aos encontrados em estudos realizados por Zuffo *et al.*, (2016) desenvolvidos em condições de casa de vegetação no semiárido piauiense. Por outro lado, os valores foram próximos aos encontrados por Fernandes *et al.*, (2020) que avaliaram a cultivar no regime de ambiente protegido (telado) utilizando sombrite com malha de 50% de sombreamento também no semiárido piauiense.

Em estudos realizados por Li *et al.*, (2023) em casa de vegetação, plantas de alface adubadas com fertilizantes minerais e resíduos de um digestor de esterco bovino apresentaram diminuição nas MFPA e MSPA em função do aumento da concentração de NaCl na água usada, chegando em alguns tratamentos ao nível de 7,5 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica causador de ES.

No entanto, apontamentos de Da Silva *et al.*, (2019) que colocaram a baixa oferta de água com qualidade disponível para suprir as necessidades hídricas da alface, afirmam que esta condição tende a resultar numa redução na produção, pois a planta gasta energia para absorção de uma água com uma maior condutividade elétrica, o que corresponde aos resultados encontrados nos tratamentos avaliados no presente estudo. Ademais, valores observados de MFPA e MSPA também podem ser explicados pelo fato de o estudo ter sido realizado em vasos com limitação no crescimento do sistema radicular e os valores de nutrientes presentes na caracterização química do resíduo de carnaúba serem potenciadores do crescimento, a exemplo cálcio, potássio e fosforo. Aliado a isso, há também a influência dos constituintes da água salina, especialmente o cloreto de magnésio que auxilia no suprimento nutricional até o limite tolerável de salinidade pela planta e severidade do estresse.

Para o sistema radicular, isto é, a massa fresca da raiz (MFR), a maior média observada apresentou um valor de 4,92 g planta<sup>-1</sup>, apesar de um coeficiente de variação de 32,19%. Como os dados de MFR foram significativos pelo teste “F” apenas no fator isolado de doses do composto a base de resíduo de carnaúba, a variável decresceu com a elevação das doses ao observar a análise de regressão, ajustando-se a um modelo linear decrescente, conforme a figura 10.

Figura 10 – Massa fresca de raízes em gramas (MFR) de plantas de alface, cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base de resíduo de carnaúba mediante tratamentos com água salina.



Para Bassoi (1998), o crescimento e distribuição das raízes é afetada pela densidade e profundidade de plantio, assim como a utilização de cobertura morta, irrigação e adubação, entre outros fatores. O decréscimo do desenvolvimento radicular também foi visto por Neves *et al.*, (2009) em feijão e relacionou esta causa as quantidades de adubos aplicadas em cultivos irrigados com águas salinas que devem ser menores do que as aplicadas em plantas irrigadas com águas não-salinas.

Aliado a isso, a diminuição das raízes pode estar associada ao aumento das doses do composto a base de resíduo de carnaúba que no processo de decomposição aumentam os teores nutricionais e assim o excesso de determinados nutrientes pode reduzir a absorção de outros, em decorrência dos processos de competição pelos sítios de absorção, aponta Marschner (1995).

Nesta condição, há uma maior disponibilidade de nutrientes para absorção pelas raízes, o que pode desencadear um menor crescimento radicular, pois a raiz não precisa explorar grandes áreas para o suprimento nutricional. Além disso, a menor absorção de nutrientes em plantas sob estresse salino deve-se especialmente à inibição do crescimento provocada pelos efeitos osmóticos e tóxicos do excesso de sais na zona radicular (LACERDA, 2005).

### 3.2 VARIÁVEIS DE TROCAS GASOSAS

Para as variáveis fisiológicas, conforme a tabela 7, pôde-se verificar por meio da ANOVA que a taxa fotossintética líquida e a eficiência instantânea do uso da água apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “F” para o

fator isolado “doses”, enquanto que a taxa de transpiração apresentou significância ao nível também de 1% de probabilidade para a interação dos fatores (doses e água salina). Já para os dados de condutância estomática, taxa fotossintética líquida (*A*) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) para a interação dos fatores (doses e água salina), foi observado diferenças significativas apenas ao nível de 5% de probabilidade, do mesmo modo para a eficiência de uso de água (EUA), mas somente quando foi observado o fator isolado doses. Os demais não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 7 - Análise de variância para taxa fotossintética líquida (*A*), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração (*E*), eficiência instantânea de carboxilação (EiC) e eficiência instantânea do uso da água (EUA) em plantas de alface, cultivadas sob doses de composto orgânico a base de resíduo de carnaúba mediante tratamentos com água salina.

| FV <sup>1</sup>     | GL <sup>2</sup> | Quadrado Médio     |                    |                    |                      |                    |
|---------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|                     |                 | <i>A</i>           | $g_s$              | <i>E</i>           | EiC                  | EUA                |
| Doses (D)           | 4               | 28,20**            | 0,01 <sup>ns</sup> | 1,19 <sup>ns</sup> | 0,0004**             | 0,60*              |
| CE <sup>3</sup>     | 2               | 5,12 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 2,86 <sup>ns</sup> | 0,0001 <sup>ns</sup> | 0,29 <sup>ns</sup> |
| D x CE              | 8               | 18,53*             | 0,01*              | 3,96**             | 0,0003*              | 0,13 <sup>ns</sup> |
| Resíduo             | 45              | 7,88               | 0,00               | 1,23               | 0,0001               | 0,20               |
| Total               | 59              | -                  | -                  | -                  | -                    | -                  |
| Média geral         | -               | 9,34               | 0,22               | 4,90               | 0,03                 | 1,90               |
| CV <sup>4</sup> (%) | -               | 30,05              | 30,58              | 22,68              | 34,69                | 23,60              |

<sup>1</sup>FV = Fonte de variação; <sup>2</sup>GL = Graus de liberdade; <sup>3</sup>CE = Condutividade elétrica da água de irrigação; <sup>4</sup>CV = coeficiente de variação; \*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

A variância dos dados foi menor em comparação aos dados observados nas variáveis biométricas. A menor variância observada foi de 22,68% na variável taxa de transpiração (*E*) e a maior (30,58%) na variável condutância estomática ( $g_s$ ).

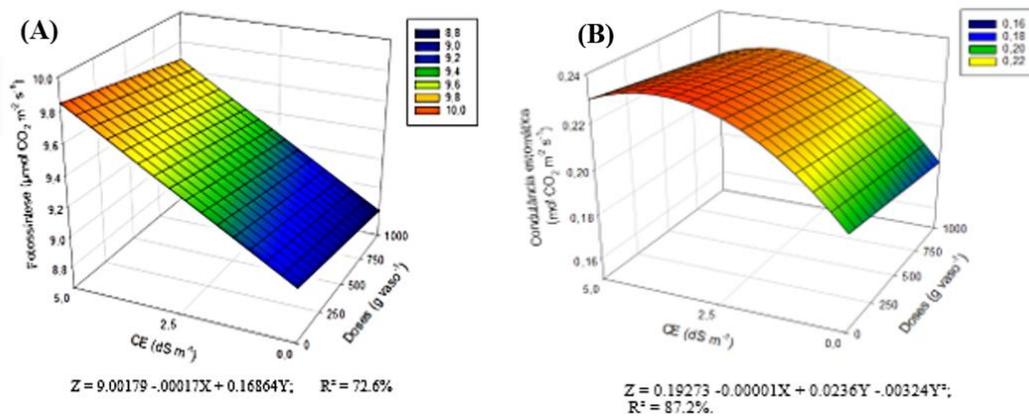
Para a variável *A*, a média geral foi 9,34  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  por planta, onde o tratamento com a dose de 500 g vaso<sup>-1</sup> apresentou os melhores valores (11,43  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ), independentemente do nível de salinidade da água de irrigação. Ao sistematizar os dados na forma de análise de regressão, observando a figura 11A, a *A* apresentou um comportamento linear crescente.

A atividade fotossintética está intimamente ligada a área foliar e tecidos vegetais fotossintetizantes, pois eles são os responsáveis pela recepção da luz e consequente ativação de enzimas e processos de geração de energia em cadeia. A luz e a nutrição das plantas exercem grande influência nas respostas fisiológicas e na produção vegetal (SEIXAS *et al.*, 2013), pois são fatores centrais para o desempenho adequado do aparato fotossintético das plantas. Assim, o resultado observado para a A pode ser fundamentado por essa condição, uma vez que mesmo com a variação das respostas, houve maior atividade em plantas condicionadas ao maior ES da água salina aplicada.

Todavia, Li *et al.*, (2023) chegaram a taxas fotossintéticas reduzidas com o aumento da concentração de NaCl na água para plantio da cultura de alface. Enquanto Adkhari *et al.*, (2021) encontraram em estudos com alface que a clorofila, principal indicador da atividade fotossintética em culturas folhosas, sofreu uma série de progressão ou degradação com base no ES ao qual foram sujeitos pela água de irrigação. Na degradação, o conteúdo dos cloroplastos ocorre normalmente quando sujeitos ao ES, visto com uma redução significativa variando de 30 a 37%, reforçando estudos e relatórios apresentados anteriormente descrevendo a inibição da síntese e ativação da degradação da cloroplastos devido ao ES (ADKHARI *et al.*, 2021). Porém, também no mesmo estudo Adkhari *et al.*, (2021), observaram que algumas cultivares de alface mostraram uma certa acumulação de cloroplastos sob condições de ES, em uma água acumulando a salinidade de 100 mM, equivalente a 6,2 dS m<sup>-1</sup>.

Em geral, este aumento do teor de clorofila com aumento do ES por meio da salinidade da água de irrigação pode estar relacionado a uma provável diminuição da atividade da clorofilase, permitindo assim a promoção da produção de clorofila e minimiza outras consequências prejudiciais sobre a estabilidade da membrana (ADKHARI *et al.*, 2021). Ademais, há também alterações na anatomia celular na planta quando estão condicionadas ao ES, resultando em folhas mais pequenas e uma maior densidade de cloroplasto por unidade de folha área (WILLADINO; CAMARA, 2010), demonstrando as razões por detrás do comportamento da fotossíntese neste estudo.

Figura 11 - Fotossíntese e condutância estomática em plantas de alface cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base carnaúba mediante tratamentos com água salina.



A respeito da condutância estomática ( $g_s$ ), constatou-se uma média geral de 0,22 mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, sendo o coeficiente de variância observado de 30,58%. Ao realizar a análise de regressão dos dados, a varável apresentou um comportamento quadrático decrescente com o ponto máximo alcançado no tratamento com dose de adubação de 500g planta<sup>-1</sup> associado ao estresse salino de 2,5 dS m<sup>-1</sup>, conforme a figura 11B.

Estes resultados corroboram com Bartha *et al.*, (2015) que observaram também ao estudar a tolerância de cultivares de alface ao ES, que a  $g_s$  das folhas diminuiu em todas as cultivares quando foram aplicados tratamentos de salinidade. A diferença mais significativa em relação ao controle do estudo, com ambos os tratamentos de sal, chegou a uma redução de quase a metade na atividade estomática.

Conforme Peixoto (2011; 2020), como a transpiração estomática é um processo por onde se realiza a maior parte da transpiração, pois os estômatos constituem a via de escape possuidora da menor resistência à difusão gasosa, correspondendo a 90% das perdas de água da planta. Além disso, a intensidade dessa transpiração varia com a ação de fatores internos como a área superficial, forma e disposição das folhas e sua estrutura interna (composição da cutícula, número, distribuição e tamanho dos estômatos) e externos (luz, umidade do ar, temperatura, vento e disponibilidade de água no solo). Assim, é o tipo mais eficiente de transpiração, pois pode ser controlada pela planta, que consegue aumentar ou diminuir a perda de água, dependendo do ambiente em que se encontra (PEIXOTO, 2011; 2020).

Contudo, os dados observados, mesmo levando em consideração o ambiente protegido do estudo, houve abertura estomática nas condições analisadas, sendo os maiores valores em plantas condicionadas ao ES. Para Bartha *at el.*, (2015), a reação do componente

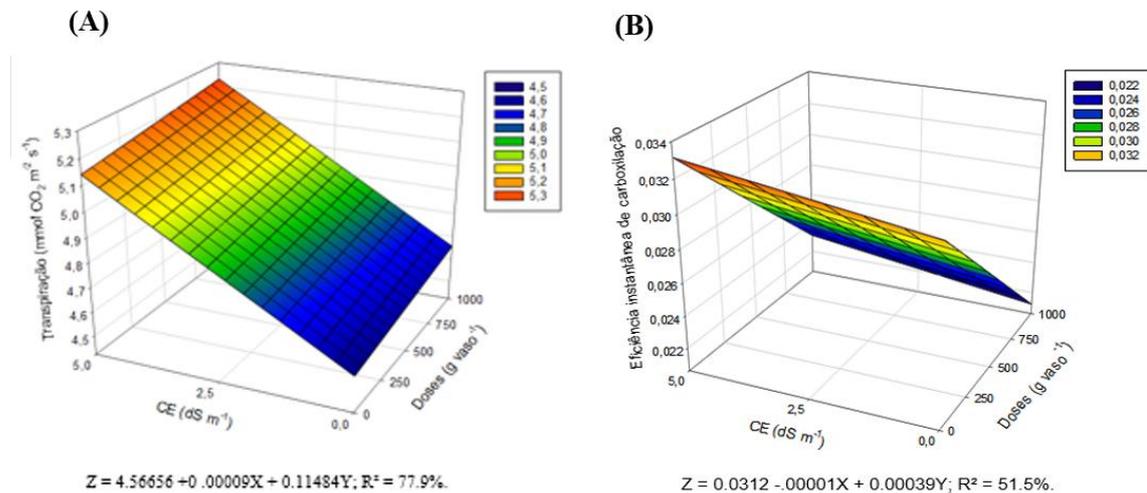
osmótico em muitos estômatos ao ES da água de irrigação tende a atividade de inibição e fechamento das células a fim de reduzir a perda de água por transpiração (MUNNS; TESTER, 2008). Isto prejudica a captação de carbono fotossintético, mas reduz a acumulação de umidade durante o armazenamento e desenvolvimento das plantas de alface. O ES tende a reduzir a  $g_s$  num curto período de tempo após a exposição, assim como em experiências anteriores, a redução mais pronunciada na condução estomatal foi registrado na cultivar de alface Salad Red Bowl (MUNNS; TESTER, 2008).

Em relação a  $E$ , a média geral observada dos tratamentos foi de  $4,90 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , sendo o tratamento com dose de adubação de  $500 \text{ g planta}^{-1}$  a melhor resposta observada com  $5,35 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Na análise de regressão, observou-se um comportamento linear crescente para a tendência das repostas das plantas nesta variável, ocorrendo aumento tanto conforme a elevação das doses de adubação, como de ES e a interação destes, de acordo com a figura 12A.

A  $E$  das plantas ocorre associado a abertura estomática para a captação de  $\text{CO}_2$  e funcionamento do aparato fotossintético vegetal, assim as plantas que apresentam altas taxas de transpiração está relacionada ao seu estado de turgescência, à medida que a água do solo torna-se menos disponível, as plantas passam então a diminuir a sua taxa de transpiração com o intuito de reduzir a perda de água e poupar aquela disponível no solo (SILVA *et al.*, 2015), diferentemente dos dados observados neste estudo, pois houve um aumento da  $E$ , sobretudo pelo o aporte hídrico diário que as plantas recebiam mesmo que salina. Levando em consideração que a  $E$  é um mecanismo regulatório da quantidade de água presente nas plantas, desenvolvida através das estruturas foliares, cutícula e estômatos, compreendendo fator primordial para o crescimento das plantas, uma vez que ao aumentar a transpiração há eventual elevação da entrada de sais minerais do solo (solução do solo) para as raízes (MARENCO; LOPES, 2005; TAIZ *et al.*, 2017).

Em acréscimo a isso, também há a relação diretamente proporcional dos mecanismos do funcionamento fisiológico vegetal associado a abertura estomática e os fluxos gasosos para o interior da folha, conforme visto nestes resultados, há uma relação positiva das variáveis  $A$  e  $E$ , apresentando adequado fornecimento de água e nutrientes para as plantas de alfaces, desencadeando incrementos positivos para o crescimento vegetal da planta nestas condições estudadas.

Figura 12 - Taxa de transpiração (A) e eficiência instantânea de carboxilação (B) em plantas de alface, cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base de resíduo de carnaúba mediante tratamentos com água salina.



Para a variável eficiência instantânea de carboxilação (EiC), constatou-se uma média no valor de 0,03. O tratamento de adubação com o composto a base dos resíduos de carnaúba com a melhor reposta foi visto na dose de 500 g vaso<sup>-1</sup>, independente do ES submetido. Assim, ao realizar a análise regressão para a variável em função dos tratamentos nestas condições, constatou-se um comportamento linear decrescente para as plantas adubadas com o composto a base dos resíduos de carnaúba, respectivamente, conforme a figura 12B.

Para Larcher (2006), a EiC é definida como a velocidade com que o CO<sub>2</sub> fixado é processado nos vegetais. Essa velocidade de fixação é influenciada por diversos fatores, principalmente, pela quantidade e atividade enzimática; pela disponibilidade de CO<sub>2</sub>, podendo ser influenciada ainda pela concentração da rubisco, temperatura, estágio de desenvolvimento da planta e suprimento de substâncias minerais, sobretudo o fosfato.

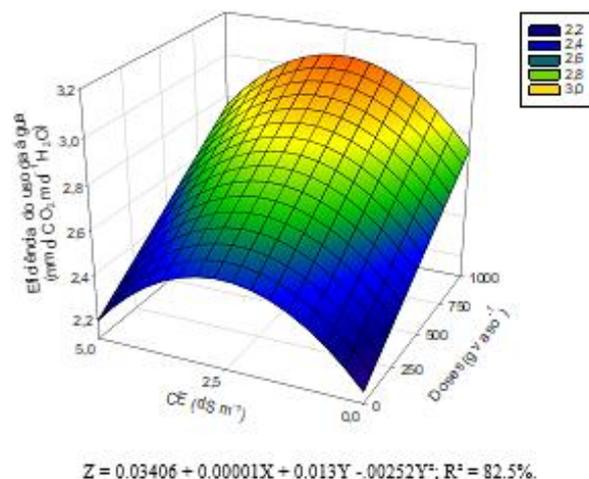
KONRAD *et al.*, 2005 afirma ainda que a EiC é a quantidade de CO<sub>2</sub> utilizado no processo de fotossíntese, mensurada através da razão entre os índices de taxa de fotossíntese líquida e a concentração interna de CO<sub>2</sub>, sendo notável a variação observada neste estudo, mas esperada tendo em vista que estudos anteriores também encontraram o mesmo comportamento. Barral (2019) constatou em um estudo com hortaliças folhosas do tipo couve que para a eficiência de carboxilação as plantas apresentaram uma variação de 0,018 a 0,068. Já Costa (2020) estudando adubos orgânicos em plantas de feijão-caupi, também notou que

dados da EiC quando as plantas foram condicionadas a adubação de compostos de bagana de carnaúba e lodo se ajustaram à modelos polinomiais quadráticos, com variação chegando a valores de 0,076 e 0,073, respectivamente.

No tocante a eficiência instantânea do uso de água (EUA), foram observadas respostas distintas para os tratamentos do estudo. A maior média geral foi observada nas plantas com adubação de composto a base dos resíduos de coco com  $2,56 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$  seguida pelas plantas com adubação de composto a base dos resíduos de carnaúba com média geral de  $1,90 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ .

As plantas de alface adubadas com o composto a base dos resíduos de carnaúba não apresentaram respostas significativas. Já para os dados das plantas adubadas com o composto a base dos resíduos de coco, houve um ajustamento para uma equação quadrática (polinomial de 2º grau), a qual apresentou respostas crescentes aos tratamentos, com ponto máximo na associação do nível de ES em  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  de condutividade elétrica e a dose de adubação de composto de  $1000 \text{ g vaso}^{-1}$ , conforme a figura 13.

Figura 13 - Eficiência instantânea do uso da água em plantas de alface cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base de resíduo de carnaúba mediante tratamentos com água salina.



Estes resultados corroboram com os encontrados por Li *at el.*, (2023) quando observaram plantas de alface submetidas ao estresse salino, onde as relações da água foram afetadas pela elevada salinidade, pois durante o desenvolvimento das plantas, sobretudo

quando se observou a EUA nas partes comestíveis das plantas de alface, notou-se redução de 2% a 29% sob tratamento de água de irrigação com condutividade elétrica de 3 dS m<sup>-1</sup>. No entanto, em plantas submetidas a resíduos da biodigestão de esterco bovino foi observado uma menor severidade afetando os vegetais do que aquelas condicionadas a fertilizantes mineral e irrigadas com água salina.

TAIZ *et al.*, (2017) exemplificam que uma alta EUA pode ser vista em plantas CAM, pois estas como os cactos, abrem seus estômatos durante as noites frias e os fecham durante os dias quentes e secos permitindo fechamento dos estômatos durante o dia a fim de minimizar a perda de água, mas, como H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> compartilham a mesma rota de difusão, o CO<sub>2</sub> deve então ser capturado pelos estômatos abertos à noite. De forma prática, a EUA é o resultado da razão entre a fotossíntese e a transpiração das plantas.

Larcher (2000) entende que a melhor relação para se alcançar valores máximos de eficiência instantânea no uso da água é estabelecendo uma boa razão entre uma máxima absorção de CO<sub>2</sub> e menos perda de H<sub>2</sub>O, que é alcançada quando os estômatos estão parcialmente fechados, permitindo um melhor uso da água pela planta, logo valores altos de condutância estomática podem implicar em uma EUA baixa.

Assim, sabe-se que estudos realizados sobre os aspectos biométricos e morfológicos de plantas de alface apresentam considerada variação de respostas, conforme é aplicado condicionantes ao crescimento deste vegetal. Em condições de uso de água salina para irrigação e adubação usando composto orgânico a base de resíduos da agroindústria de cera de carnaúba, como a bagana, as plantas de alface apresentaram bom comportamento e resultado, de maneira geral. Logo, usar este resíduo orgânico no manejo do solo é uma alternativa para a produção de alface, considerando a disponibilidade do material e o custo/benefício.

#### **4. CONCLUSÕES**

Tendo em vista os aspectos observados, as plantas de alface apresentaram boas respostas, especialmente em variáveis biométricas e produtivas como número de folhas, área foliar e massa fresca de parte aérea.

O tratamento que apresentou as maiores respostas foi o tratamento de 250 g vaso<sup>-1</sup> de composto a base de resíduo da bagana de carnaúba em comparação ao controle, seguida

pelo tratamento de 500 g vaso<sup>-1</sup> e 750 g vaso<sup>-1</sup>, os quais tiveram limitação de respostas pela salinidade da água de irrigação, mas mesmo assim o estresse salino até o nível de 2,5 dS m<sup>-1</sup> proporcionou bom crescimento e desenvolvimento das plantas de alface deste estudo, em condições de casa de vegetação. Desta forma, a aplicabilidade de composto orgânico a base de resíduo da agroindústria de cera da carnaúba torna-se uma alternativa para melhorar a condição do solo para a produção desta olerícola em condições salinas.

## REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, B.; OLORUNWA, O. J.; WILSON, J. C.; BARICKMAN, T. C. Morphological and physiological response of different lettuce genotypes to salt stress. **Stresses**, v. 1, n. 4, p. 285-304, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/stresses1040021>
- ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas**: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228p.
- ALVES, M. O.; COELHO, J. D. **Tecnologia e relações sociais de produção no extrativismo da carnaúba no nordeste brasileiro**. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural (SOBER), 2006, Fortaleza, Anais... p44. Fortaleza: 2006. DOI: [10.22004/ag.econ.147510](https://doi.org/10.22004/ag.econ.147510)
- AMORIM, A.V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M.A.; PRISCO, J.T.; LACERDA, C.F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista ciência agrônômica**, Fortaleza, v.41, n.1, p. 113-121, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20100016>
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução H. R. Gheyi - Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BARTHA, C.; FODORPATAKI, L.; MARTINEZ-BALLESTA, M. D. C.; POPESCU, O.; CARVAJAL, M. Sodium accumulation contributes to salt stress tolerance in lettuce cultivars. **JOURNAL OF APPLIED BOTANY AND FOOD QUALITY-ANGEWANDTE BOTANIK**, v. 88, p. 42-48, 2015. DOI: :10.5073/JABFQ.2015.088.008
- BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; CRUZ, J. S.; SOUSA, E. C.; SILVA, L. A. Rendimento do feijão-caupi adubado com diferentes doses de biofertilizante orgânico produzido através da biodegradação acelerada de resíduos do coqueiro no município de Trairí-ce. **Irriga**, Botucatu, edição especial, p. 423-437, 2012. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v1n01p423>
- BEZERRA, R. U.; DE ARAÚJO VIANA, T. V.; DE AZEVEDO, B. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; LIMA, A. D. Produção e qualidade da abóbora maranhão sob influência de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Irriga**, v. 25, n. 1, p. 87-101, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n1p87-101>
- BOITEX, L. S.; SUINAGA, F. A.; FONSECA, M. E. N.; REIS, A.; PINHEIRO, J. B.; LIMA, M. F. BRS Leila – Alface. Folder/Folheto/Cartilha. EMBRAPA Hortaliças. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1070799/brs-leila-alface>

BASSOI, L. H. Crescimento e distribuição de raízes de videiras e sua relação com a prática da irrigação. Comunicado técnico Nº 76, Abril, **EMBRAPA**, 1998. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/131596/1/COT76.pdf>

CARVALHO, K. DOS S. *et al.* Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **Enciclopédia Biosfera**, [s. l.], v. 8, n. 15, p. 1445–1553, 2012.

CRUZ, C. D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 547-552, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>

CAVALCANTE, F. L. *et al* Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds). **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, parte V, p. 425-448, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: **Embrapa**, 2013. 353p.

FAO, 2008: **FAO Land and Plant Nutrition Management Service**. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agl/agllspush>

FERNANDES, G. S. T.; LIMA, E. D. A.; ALVES, A. U.; BRITO, V. A.; SOARES, L. C. Condicionamento agrometeorológico em cultivares de alface. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 505-514, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786344064>

GRACIANO, E. S.; NOGUEIRA, R. J.; LIMA, D. R.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 15, n. 8, p. 794–800, 2011.

GOULART, R. G. T.; DOS SANTOS, C. A.; DE OLIVEIRA, C. M.; COSTA, E. S. P.; DE OLIVEIRA, F. A.; ANDRADE, N. F.; DO CARMO, M. G. F. Desempenho agrônomico de cultivares de alface sob adubação orgânica em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, [s. l.], 8(3), 2018. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i3.3011>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção agrícola Municipal, 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. 22 Nov. 2019.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B. D.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantina**. Campinas, v.64, n.3, 2005, p.339-347. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000300004>

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, v.49, p.107-120, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00064-3)

LACERDA, C.F. **Interação salinidade x nutrição mineral**. In: NOGUEIRA, R.J.C. et al. (eds.). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, 2005.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L.; GUIMARÃES, F. V.; DA SILVA, F. L.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda

irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 221-230, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 1. ed. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

Li, F.; Yuan, Y.; Gong, P.; Imazumi, Y.; Na, R.; Shimizu, N. Comparative effects of mineral fertilizer and digestate on growth, antioxidant system, and physiology of lettuce under salt stress. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, p. 1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13580-022-00492-w>

MAGALHÃES, A. S. G. *et al.* Superabsorbent hydrogel composite with minerals aimed at water sustainability. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 304–313, 2013.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 674p.

MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos. **Dissertação** (Mestrado) - Campina Grande: UFPB, 1992. 173 p.

MELO, J. L. M. Polímero hidrotentor alternativo para horticultura em condições salinas. 2021. **Dissertação** (Mestrado) - Fortaleza: UFC, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, 2021. 83 p.

MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. **Plant, Cell & Environment**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 15–24, 1993.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

NASCIMENTO, E. B.; SILVA, J. L. M.; ALMEIDA, L. V.; LEÇA, R. Al. **A Cera de Carnaúba: Origem, Produção e Mercados**. 2018.

De OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. D. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 36-40, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100007>

PEIXOTO, C. P. **Princípios de fisiologia vegetal: teoria e prática** / organização Clovis Pereira Peixoto. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Pod, 2020. 256 p.

PEIXOTO, C. P. Curso de fisiologia vegetal. **Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**, v. 177, 2011.

PEREIRA NETO, J. T. On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting-a low cost technology approach. **University of Leeds**, Inglaterra, p. 839-845, 1987.

RICHARDS, L. A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: USDA, 1954. 160p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.;

OLIVEIRA, J. B. de CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de classificação de solos** – 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094003/2/SiBCS2018ISBN9788570358004.pdf>

SEIXAS, P. T. L.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; NASCIMENTO, I. R.; BARBOSA, L. C. A. Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 852-858, 2013.

SILVA, A.; NASCIMENTO, M.; TANAN, T.; OLIVEIRA, U.; LIMA, J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface crespa. **Enciclopédia biosfera**, v. 14, n. 26, 2017. DOI: 10.18677/EnciBio\_2017B28

SILVA, D. A. O.; SANTOS, W. M.; SILVA, T. S. S.; FERNANDES, S. P.; CARNEIRO, P. T.; DOS SANTOS, C. G. Desempenho da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Ambientale**, v. 10, n.3, p. 32-41, 2018. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/56>

SILVA, W. C. Respostas do feijão-caupi à diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante. **Dissertação** (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, 2016. 73p. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19289/1/2016\\_dis\\_wcsilva.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19289/1/2016_dis_wcsilva.pdf)

SILVA, F. G. D.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. D.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. D. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 19, n.10, 2015, p. 946-952. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>

SILVA, W. R. D.; SALOMÃO, L. C.; PEREIRA, D. R.; DE OLIVEIRA, H. F.; PEREIRA, A. I. D. A.; CANTUÁRIO, F. S. Irrigation levels and use of hydro retainer polymer in greenhouse lettuce production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 406–412, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n6p406-412>

SILVA, F. G. D.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. D.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. D. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 19, n.10, 2015, p. 946-952. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. Ames: Iowa State University Press, 1948. 503 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

ZUFFO, A. M.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; SILVA, L. M. A.; SILVA, R. L.; MENEZES, K. O. Análise de crescimento em cultivares de alface nas condições do sul do Piauí. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 2, p. 145-153, abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663020005>

## **5 PLANTAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) SUBMETIDAS Á ÁGUA SALINA E DOSES DE COMPOSTO A BASE DE COCO VERDE DA AGROINDÚSTRIA DE COCO E DERIVADOS**

### **RESUMO**

Os recursos naturais, como água e solo, têm perdido qualidade ao longo dos anos, especialmente pela ação do homem. Atualmente, a busca por uma agricultura sustentável tem ampliado os manejos das culturas para produção de alimentos. O uso de água salina é uma alternativa para irrigação de vegetais, sobretudo olerícolas como alface, sem prejudicar a produtividade. Resíduos da agroindústria podem ser utilizados para melhorar as características do solo, além de potencializar a produção de culturas de interesse econômico e contribuir com o uso eficiente dos recursos. Objetivou-se caracterizar o crescimento, fisiologia e produção em plantas de alface submetidas a doses de resíduos orgânicos agroindustriais da produção de coco e derivados (fibra do coco verde) sujeitados a compostagem e irrigação com água salina. Para tanto, foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com tratamentos arranjos em fatorial (5x3). Aplicou-se 5 doses de resíduo orgânico submetidos ao processo de compostagem (0, 250, 500, 750 e 1000 g vaso<sup>-1</sup>) e 3 níveis de condutividade elétrica (0, 2,5 e 5 dS m<sup>-1</sup>) presente na água de irrigação. Logo, o estudo contou com 15 tratamentos e 4 repetições para cada, sob condições de casa de vegetação. Avaliou-se as respostas biométricas (área foliar, número de folhas e biomassa) e fisiológicas (taxa fotossintética, condutância estomática, taxa de transpiração e concentração interna de CO<sup>2</sup>) das plantas de alface. Como resultado, variáveis de trocas gasosas como taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração apresentaram a maior resposta sob o tratamento de 500 g vaso<sup>-1</sup> de composto a base de resíduo do coco verde em relação ao controle, independentemente da água salina de irrigação aplicada. A salinidade da água de irrigação reduziu as respostas da cultura, mas mesmo assim a salinidade até o nível de 2,5 dS m<sup>-1</sup> proporcionou bom desempenho para as variáveis analisadas de plantas de alface.

**Palavras-chave:** salinidade, resíduos orgânicos, alface, coco verde, sustentabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

A atual agricultura tem buscado cada vez mais uma autonomia e sustentabilidade produtiva, de modo que os insumos e implementos das mais variadas cadeias produtivas sejam locais e pertencentes à chamada economia circular com sustentabilidade de sistemas produtivos agroalimentares, pois a recorrente pressão aos recursos naturais tem diminuído a disponibilidade, assim como sua qualidade, como por exemplo a água e o solo (ALTIERI, 2012).

A disponibilidade hídrica e com qualidade é fator base para o sucesso nas culturas de interesse econômico. Uma água de qualidade é comumente relacionada em função de 3 características: salinidade, sodicidade e toxicidade. A salinidade é o risco de aumentar a concentração de sais no solo, provocando estresse hídrico e salino aos vegetais. A sodicidade trata-se do risco de se elevar a percentagem de sódio trocável, provocando deterioração na estrutura do solo. A toxicidade é a acumulação de determinados íons nos tecidos das plantas, como  $\text{Cl}^-$  e o  $\text{Na}^+$ , provocando efeitos tóxicos (SILVA, 2016; ALMEIDA, 2010).

Em certas regiões do Brasil como o Nordeste que engloba o semiárido, há a predominância de regime irregular de chuvas na estação chuvosa; solos rasos; elevada taxa de evaporação e fontes de água com elevados teores de sais (SILVA, 2016) o que pode minimizar o desenvolvimento e crescimento vegetal. Segundo a FAO (2008), a elevada salinidade é o principal fator limitante para culturas de interesse econômico, especialmente em regiões áridas e semiáridas. Embora a região Nordeste apresente estas características, ainda há o desenvolvimento de diversas atividades agrícolas (SILVA, 2016).

Nestas condicionantes, Silva (2016) e Lacerda *et al.*, (2003) apontam que a redução da produtividade das culturas devido a ocorrência de estresse pela qualidade da água engloba efeitos como a inibição da expansão foliar que reduz a área capaz de realizar fotossíntese, o fechamento estomático que limita a assimilação de  $\text{CO}_2$  e a aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilados.

Nessa perspectiva, tem sido recorrente o emprego de manejos do solo que mitiguem os efeitos do uso e reuso de água com teores de salinidade, entre eles está o aumento da matéria orgânica no solo, que podem atenuar a severidade do estresse vegetal. Estudos com coberturas mortas e resíduos orgânicos estão em exploração como alternativa para aumentar o percentual de matéria orgânica, podendo ainda melhorar alguns de seus atributos químicos, físicos e biológicos, apontam Kiehl (2010) e Brady (2009). Os mesmos podem ser alocados por meio da deposição sobre cobertura e/ou compostagem (que consiste

em uma técnica de aproveitamento e estabilização de vários resíduos; sejam eles de origem agrícola, industrial ou urbana; através de um processo aeróbio ou anaeróbio, desenvolvido por microrganismos diversos) (BELTRÃO JÚNIOR *et al.*, 2012; PEREIRA NETO, 1987).

Dentre os materiais e resíduos orgânicos oriundo da atividade agroindustrial, sobretudo no processamento de alimentos na região litorânea do país, e principalmente no Nordeste, o qual vem sendo implementado no meio agrícola, é o uso da casca de coco verde (*Cocos nucifera L.*), como substrato em sementeiras e vasos, e/ou aporte nutricional (NUNES; SANTOS, 2009), uma vez que a produção nesta região destaca-se nacionalmente, pois se tem 81% da área ocupada pela cultura e que representa mais de 70% da produção nacional de coco (IBGE, 2019). Os principais municípios produtores encontram-se na faixa litorânea dos estados da Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte (ALVES *et al.*, 2018). Conhecida como a “vermiculita vegetal” (NUNES *et al.*, 2007), a fibra ou o pó do coco verde apresentam boa retenção de água, aeração do meio de cultivo e estimulam o enraizamento, sendo assim elementos com alto potencial para uso na agricultura (CARRIJO *et al.*, 2002).

Entre as culturas de interesse econômico, a cultura de alface (*Lactuca sativa L.*), apresenta elevada importância social, pois é produzida por agricultores familiares em diversas esferas de tecnificação que geram empregos e renda no ambiente rural, e dinamizam a comercialização local. Os resíduos orgânicos podem integrar o processo produtivo melhorando a qualidade do solo destes sistemas de produção de alimentos. Conforme a Boitex *et al.*, (2017), a alface é a principal hortaliça folhosa produzida no país e os principais sistemas de produção de alface existentes no país são em campo aberto, cultivo protegido e hidroponia. Li *et al.*, (2023) pontuam que há pouca informação de estudos associados de respostas de plantas de alface que aprofundem aspectos e propriedades produtivas e fisiológicas em distintas condições de produção.

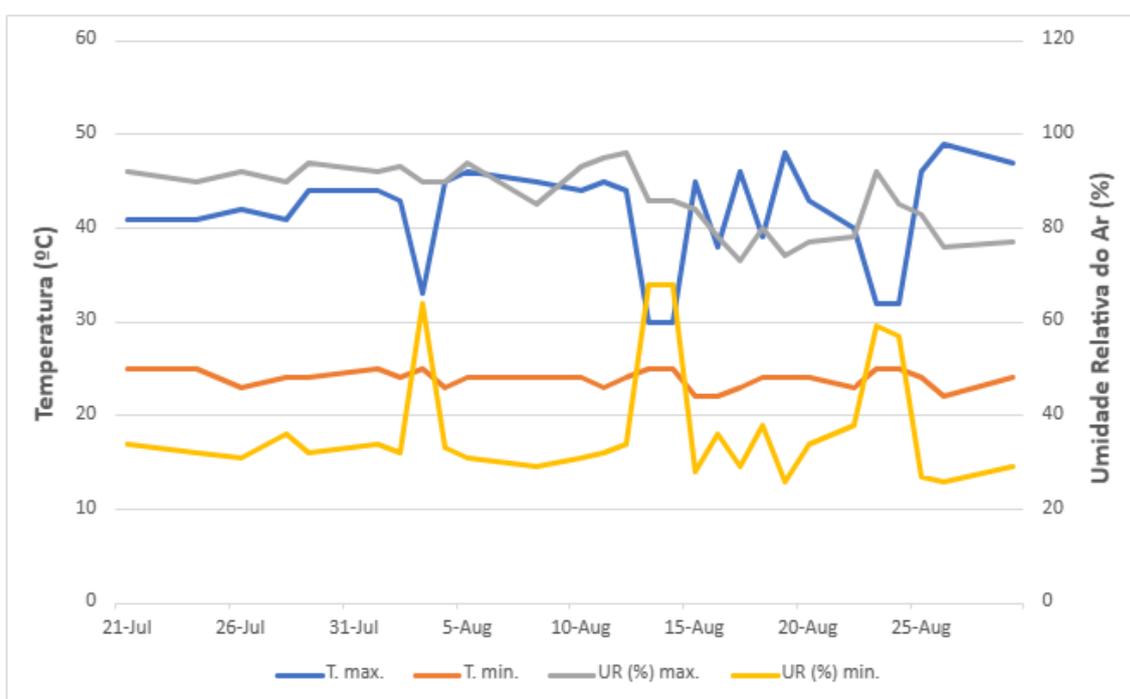
Desse modo, o objetivo do presente estudo foi caracterizar e avaliar o crescimento, fisiologia e produção em plantas de alface submetidas a irrigação com água salina (estresse salino) e a doses de resíduos orgânicos agroindustriais a base de coco verde sujeitos a compostagem.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E CLIMA**

O estudo foi realizado entre os meses de julho e agosto de 2022 na casa de vegetação do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (DFT/CCA/UFC), localizado no Campus do Pici, em Fortaleza, Ceará, mais especificamente nas coordenadas: latitude de 3°44'26.05"S e 38°34'29.32"O e altitude média de 12 m do nível do mar. A temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) registradas no período do estudo estão presentes na Figura 1.

Figura 1 - Dados de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) máxima e mínima registradas na casa de vegetação no período de realização do estudo.



## 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento inteiramente casualizado com tratamentos arranjos em regime fatorial (5x3) com 4 repetições foi o utilizado neste estudo. O composto orgânico resultado da compostagem, usando como base a fibra de coco verde, teve 5 doses (0, 250, 500, 750 e 1000 g vaso<sup>-1</sup>) e a água de irrigação causadora do estresse salino teve 3 níveis de condutividade elétrica (0; 2,5 e 5 dS m<sup>-1</sup>). Logo, o estudo contou com 15 tratamentos para o resíduo analisado, totalizando 60 unidades experimentais (UEs). Cada unidade experimental foi constituída por uma planta.

## 2.3 ESPÉCIE VEGETAL, PREPARAÇÃO DOS VASOS E SEMEADURA

Para esse estudo foram utilizadas sementes comerciais de alface da marca Feltrin Sementes, obtidas em loja comercial agropecuária, sendo a variedade Grand Rapids, com 96% de poder de germinação e 99,8% de pureza.

As sementes de alface (variedade Grand Rapids) foram cultivadas em bandejas de isopor com 108 células, sendo as células preenchidas com vermiculita (substrato inerte). Assim, foram semeadas duas bandejas a uma profundidade de aproximadamente 0,3 cm. Aos 9 dias após a semeadura, quando as plântulas atingiram a emissão de 4 folhas, foram selecionadas as plântulas mais vigorosas e uniformes e feito o transplântio, deixando-se apenas uma planta por vaso de forma a manter o experimento mais homogêneo, sendo cada vaso de 12 dm<sup>3</sup> de capacidade. As amostras de solo correspondentes a cada tratamento foram alocadas em vasos, juntamente com tecido voal na parte inferior para evitar perdas de material.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DO SOLO E RESÍDUO ORGÂNICO

Para a realização do experimento foi utilizado um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo com textura areia franca (BEZERRA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2018; EMBRAPA, 2013). O solo utilizado foi coletado próximo à área experimental da Estação Agrometeorológica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA/CCA/UFC), em Fortaleza - CE, tendo como coordenadas geográficas 3°44'45'' S, 38°34'55'' O e 19,5 m de altitude acima do nível médio do mar, bem como peneirado e posteriormente colocado nos vasos.

Amostras do solo foram coletadas e enviadas ao laboratório para se conhecer as características do mesmo, conforme metodologia da EMBRAPA (2013). O resultado da análise sobre as características físicas e químicas antes da aplicação dos tratamentos podem ser observados na Tabela 1 e 2. A caracterização do solo incluiu textura, densidade, condutividade elétrica, pH em água, matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica efetiva (T), saturação de bases (V%), saturação por alumínio (m%), teores trocáveis de Ca, K, Mg, Na e outros.

Tabela 1 – Características químicas do solo utilizado no experimento (antes da aplicação dos tratamentos).

| Características químicas |    |   |   |      |      |     |          |     |                |
|--------------------------|----|---|---|------|------|-----|----------|-----|----------------|
| pH                       | CE | S | T | V(%) | m(%) | PsT | Mo(g/kg) | C/N | P assi.(mg/kg) |

|  |                  |                 |     |                |   |                                   |       |                  |    |
|--|------------------|-----------------|-----|----------------|---|-----------------------------------|-------|------------------|----|
| (H <sub>2</sub> O)                                     | (dS/m)           |                 |     |                |   |                                   |       |                  |    |
| 6,1  | 0,44             | 2,6             | 3,9 | 66             | 4 | 2,6                               | 11,38 | 9                | 10 |
| Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |                  |                 |     |                |   |                                   |       |                  |    |
| Ca <sup>+2</sup>                                       | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> |     | K <sup>+</sup> |   | H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> |       | Al <sup>3+</sup> |    |
| 1,20   | 1,10             | 0,13            |     | 0,17           |   | 1,32                              |       | 0,10             |    |

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água - FUNCEME, 2023.

Tabela 2 – Características físicas do solo utilizado no experimento (antes da aplicação dos tratamentos).

| <b>Características físicas</b>                  |            |       |        |                                 |           |
|---|------------|-------|--------|---------------------------------|-----------|
| Composição granulométrica (g kg <sup>-1</sup> ) |            |       |        | Densidade (g cm <sup>-3</sup> ) |           |
| Areia<br>grossa                                 | Areia fina | Silte | Argila | Global                          | Partícula |
| 45,3  | 36,2       | 7,5   | 11     | 1,39                            | 2,55      |

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água - FUNCEME, 2023.

Assim, os vasos foram compostos por solo + composto orgânico, o qual foi produzido com o resíduo orgânico agroindustrial a base de bagana de carnaúba.

Os resíduos agroindústrias para tornarem-se composto orgânico foram submetidos ao processo de compostagem durante 4 meses, por meio da ação de decomposição manejada dos resíduos de bagana de carnaúba, juntamente com esterco de galinhas poedeiras. O esterco avícola foi oriundo do setor de avicultura ligado ao Departamento de Zootecnia (DZO/CCA/UFC), já os resíduos orgânicos agroindustriais foram obtidos através de empresa comercial relacionada a agroindústria. A origem do resíduo de coco foi a Agroindústria Paraipaba Ltda, com o material oriundo de sua sede, na zona rural do município de Paraipaba, Ceará.

Para a realização da compostagem, o resíduo foi misturado com esterco de galinha poedeira, na proporção de 1:1 (v/v), dispostos sob camadas em pilhas com 2 x 1 x 1, sendo 2 m de comprimento e 1 m de largura com aproximadamente 1 m de altura. Realizou-se as reviradas das pilhas quinzenalmente com o objetivo de auxiliar na aeração e irrigação. Foram coletadas amostras do composto orgânico a base de coco verde e enviadas ao laboratório para caracterização. O resultado da análise pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Características químicas dos compostos orgânicos a base do resíduo de coco verde utilizado no experimento.

| Características químicas                               |                    |                  |                 |                |                                   |                  |     |           |     |   |         |
|--|--------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------------------|------------------|-----|-----------|-----|---|---------|
| Comp.  | pH                 | CE               | S               | T              | V                                 | m                | PsT | Mo (g/kg) | C/N | P | assim.  |
| Orgânico   | (H <sub>2</sub> O) | (dS/m)           |                 |                | (%)                               | (%)              |     |           |     |   | (mg/kg) |
| Coco   | 7,7                | 0,29             | 36              | 37,1           | 97                                | 0                | 36  | 84,41     | 8   |   | 1,465   |
| Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |                    |                  |                 |                |                                   |                  |     |           |     |   |         |
| Coco   | Ca <sup>+2</sup>   | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> | Al <sup>3+</sup> |     |           |     |   |         |
|  | 27,8               | 4,10             | 0,97            | 3,09           | 1,06                              | 0,0              |     |           |     |   |         |

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água - FUNCEME, 2023.

## 2.5 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no período de julho a agosto/22. No decorrer do ciclo de cultivo foram efetuados também os tratos culturais necessários para a adequada condução da cultura, tais como eliminação de plantas infestantes/daninhas por meio de controle mecânico semanalmente. Não foi efetuada adubação química durante o experimento.

Tratando-se de irrigação, foi realizada de forma manual uma vez por dia, no início da manhã, por meio de aplicação de água até que se observou a drenagem da água aplicada em cada tratamento. A origem da água para irrigação foi a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) mensurada a fim de conhecer a condutividade elétrica (CE) através de leituras com condutivímetro digital (Figura 2A). As águas de alta salinidade (2,5 e 5 dS m<sup>-1</sup>) foram preparadas a partir da dissolução do Cloreto de Sódio (NaCl) e Cloreto de Cálcio (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) (Figura 2B), na proporção de 8:2 respectivamente, sendo esta a proporção de sais buscando uma aproximação representativa da maioria das fontes de água disponíveis para irrigação na região Nordeste do Brasil, sobretudo fontes de água subterrâneas, como poços (MEDEIROS, 1992).

Figura 2 - Condutivímetro digital (A) e cloreto de cálcio; cloreto de sódio (B).

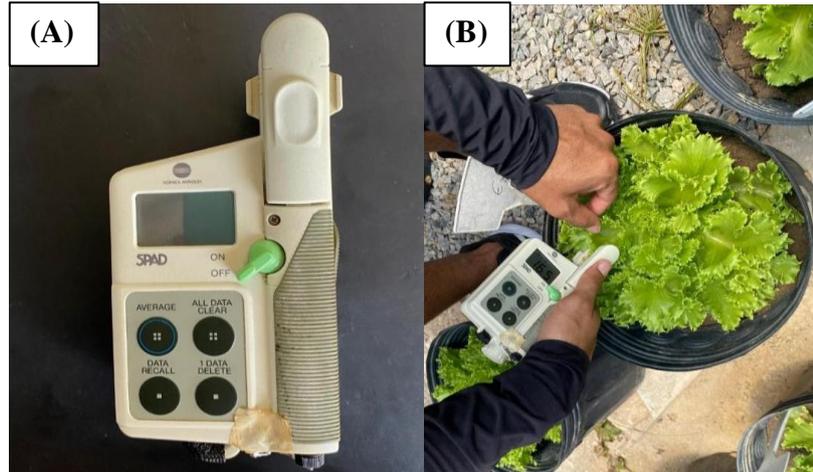


Para a devida lavagem dos sais, foi realizada drenagem aplicando a fração de lixiviação semanalmente, foi utilizado o dobro de volume de água aplicada em cada tratamento registrado para o dia da lavagem paulatinamente, com auxílio de béquer graduado e assim o volume utilizado para irrigar em cada tratamento foi adicionado com água sem adição de sais, referente à fração de lixiviação (AYERS; WESTCOT, 1999) para promover a lavagem dos sais do solo de cada vaso (CAVALCANTE *et al.*, 2010).

## 2.6 VARIÁVEIS ANALISADAS

Inicialmente, aos 33 dias após o transplante, para avaliação do teor relativo de clorofila foi feita a mensuração através de um clorofilômetro SPAD (*Soil plan analysis development*) (Figura 3A). As leituras foram realizadas entre 9:00 e 12:00 h, em folhas totalmente expandidas (Figura 3B). O índice SPAD está diretamente relacionado com os teores de N foliar, fotossíntese e conseqüentemente com o crescimento das plantas.

Figura 3 - Medidor de clorofila SPAD (A) e leitura de amostra realizadas em folhas totalmente expandidas (B).



Para as variáveis de trocas gasosas foram realizadas leituras das 08:30 às 11:30 h em folhas totalmente expandidas do terço superior da planta utilizando um analisador de gases por infravermelho (IRGA, Li-Cor - Li6400 XT) com concentração de  $\text{CO}_2$  na câmara a  $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$  e  $1500 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Assim, foram mensurados a taxa fotossintética líquida ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). A partir das razões  $A/E$  e  $A/C_i$ , foram calculadas a Eficiência do Uso da Água (EUA) e Eficiência Intrínseca de Carboxilação (EiC), respectivamente.

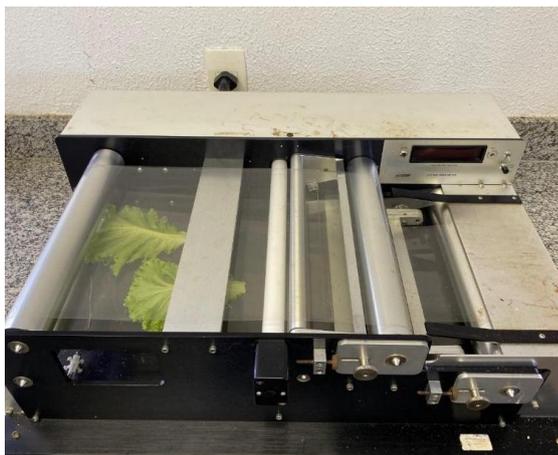
Ao final do estudo, 35 dias após o transplântio das mudas, foram avaliadas as variáveis biométricas. Na ocasião, as plantas foram cortadas rente ao solo, suas folhas contadas (número de folhas - NF) e seu diâmetro de caule (DC) medido através de paquímetro digital (Figura 4).

Figura 4 – Paquímetro digital para medição do diâmetro de caule das plantas.



Além disso, a área foliar também foi determinada por meio de um integrador de superfície (LI – 3100, área meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, 87 Nebraska, USA) (Figura 5).

Figura 5 – Determinação da área foliar.



Para a descrição dos valores referentes a biomassa, foram obtidos os valores de massa fresca de parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFPR) (Figura 6) através de pesagens em balança digital, com duas casas decimais de precisão. Em seguida, a biomassa de parte aérea foi armazenada em embalagens confeccionadas de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa a 60°C até massa constante.

Figura 6 – Pesagem de amostra para obtenção da massa fresca de parte aérea (MFPA) em balança digital.



## 2.7 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos para as doses de adubação e condutividade elétrica dos dois experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste “F” de Snedecor e Cochran (1948), e análise de regressão, posteriormente. Em seguida, o desdobramento da interação foi testado empregando-se a metodologia de superfície de resposta, utilizando o software Genes (CRUZ, 2016), sendo os modelos definidos de acordo com comportamento biológico e o coeficiente de determinação. O nível de significância de 5% foi adotado para todos os testes realizados. Para a plotagem dos gráficos utilizou-se o software SigmaPlot [versão 14.5, (SYSTAT Software, inc.)].

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

Nas variáveis biométricas, foi verificada influências significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste “F”, tanto para o fator isolado (doses), quanto para a interação entre os fatores estudados para número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), teor relativo de clorofila (SPAD), massa fresca (MFPA) e massa seca (MSPA) da parte aérea e massa seca da raiz (MSR). Não foram observadas interações significativas para o fator isolado (estresse salino), exceto nas variáveis AF e SPAD ao nível de 1% de probabilidade e MFPA ao nível de 5% de probabilidade para o estudo realizado com o composto a base dos resíduos de coco verde, conforme dados da análise de variância da Tabela 4.

Tabela 4 - Análise de variância para número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), índice relativo de clorofila (SPAD), massa fresca (MFPA) e massa seca (MSPA) da parte aérea e massa seca da raiz (MSR) em plantas de alface, cultivadas sob doses de adubação com resíduo de coco verde mediante tratamentos com água salina.

| FV <sup>1</sup> | GL <sup>2</sup> | Quadrado Médio     |                    |             |         |           |                    |                    |
|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------|---------|-----------|--------------------|--------------------|
|                 |                 | NF                 | DC                 | AF          | SPAD    | MFPA      | MSPA               | MFR                |
| Doses (D)       | 4               | 22.03**            | 15.42**            | 195877.62** | 30.63** | 1256.58** | 8.74**             | 7.25**             |
| CE <sup>3</sup> | 2               | 6.49 <sup>ns</sup> | 1.43 <sup>ns</sup> | 172342.52** | 91.09** | 792.38*   | 2.30 <sup>ns</sup> | 2.99 <sup>ns</sup> |
| D x CE          | 8               | 12.89**            | 9.39**             | 235174.20** | 31.47** | 1542.09** | 5.75**             | 3.40*              |
| Resíduo         | 45              | 4.67               | 2.02               | 34373.67    | 7.27    | 175.53    | 1.07               | 1.43               |
| Total           | 59              | -                  | -                  | -           | -       | -         | -                  | -                  |
| Média geral     | -               | 12.13              | 9.05               | 685.89      | 17.93   | 50.50     | 3.92               | 4.29               |

|                     |   |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CV <sup>4</sup> (%) | - | 17.80 | 15.72 | 27.03 | 15.04 | 26.24 | 26.39 | 27.85 |
|---------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

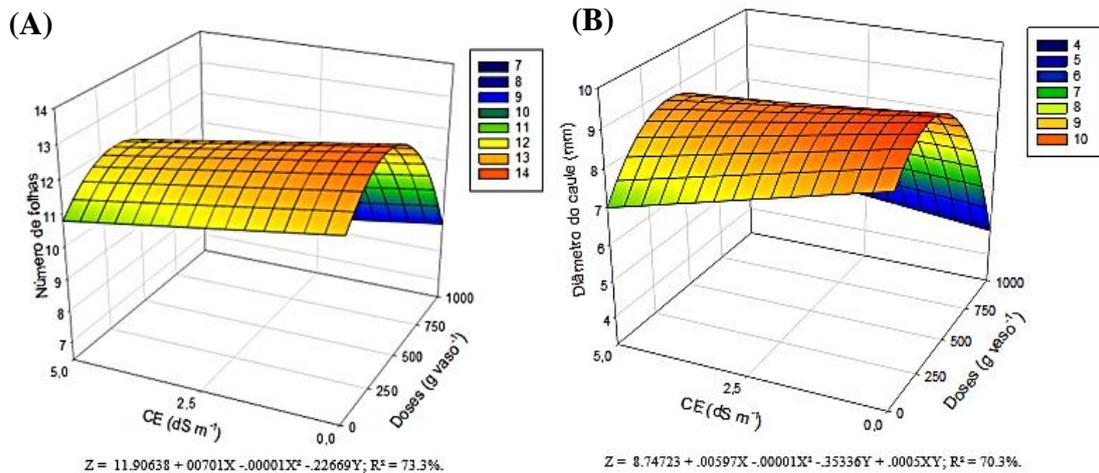
<sup>1</sup>FV = Fonte de variação; <sup>2</sup>GL = Graus de liberdade; <sup>3</sup>CE = Condutividade elétrica da água de irrigação; <sup>4</sup>CV = coeficiente de variação; \*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; <sup>NS</sup> não significativo.

Na ANOVA realizada, constatou-se uma variância das respostas das plantas presente no estudo próximas as médias observadas, onde a menor variância calculada foi de 15,04% na varável SPAD e a maior (27,85%) na variável MFR no estudo com base nos resíduos do coco verde.

Para os dados referentes ao NF (Figura 7A) o melhor ajuste na análise de regressão foi o modelo de equação quadrática, verificando que os compostos apresentaram resultados positivos sobretudo nas doses de compostos de resíduos com o menor estresse salino, até iniciar uma queda. O ponto máximo da variável condicionada às doses estudadas foi notado no tratamento de 250 g vaso<sup>-1</sup> do composto a base de resíduo de coco verde, mas condicionadas a nenhum estresse oriundo da irrigação com água salina.

Todavia, as maiores doses de composto a base de resíduo de coco verde associada a irrigação com água salina causaram redução nas respostas das plantas de forma significativa, como mostra o comportamento das plantas na análise de regressão (Figura 8A). Silva *et al.*, (2018) verificou comportamento distinto, pois mesmo em condições de ambiente protegido e sob níveis de salinidade da água de irrigação, não foi encontrado influências significativamente para o NF. No entanto, Adhikari *et al.*, (2021) estudando sobre diferentes genótipos de alface condicionados ao ES, concluíram que a salinidade provocou uma redução no NF de acordo com o genótipo, variando de 2,5% a 30% de redução em relação ao controle.

Figura 7 - Número de folhas (A) e diâmetro do caule (B) de plantas de alface em função das doses de adubação de composto orgânico a base de coco verde mediante tratamentos com água salina.



Em relação ao DC (Figura 7B), os compostos orgânicos produzidos com resíduo de coco verde e associados a irrigação com água salina apresentaram como média geral o valor de 9,05 mm planta<sup>-1</sup>. Na análise de regressão, a variável demonstrou um comportamento quadrático decrescente chegando a um ponto máximo de cerca 12,06 mm quando se aplicou o tratamento de 250 g vaso<sup>-1</sup>, mas sem a presença de ES.

Em estudos realizados também analisando o comportamento de plantas de alface sob ES até o nível de 4,10 dS m<sup>-1</sup>, Silva *et al.*, (2018), concluíram que os diferentes níveis de salinidade da água de irrigação não influenciaram significativamente as variáveis estudadas de crescimento, como NF e DC. Porém, Silva *et al.*, (2017) observaram redução no DC com comportamento linear decrescente com o aumento da salinidade, chegando uma redução de 80,5% nas plantas de alface sob um ES de 16 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica presente na água usada para irrigação.

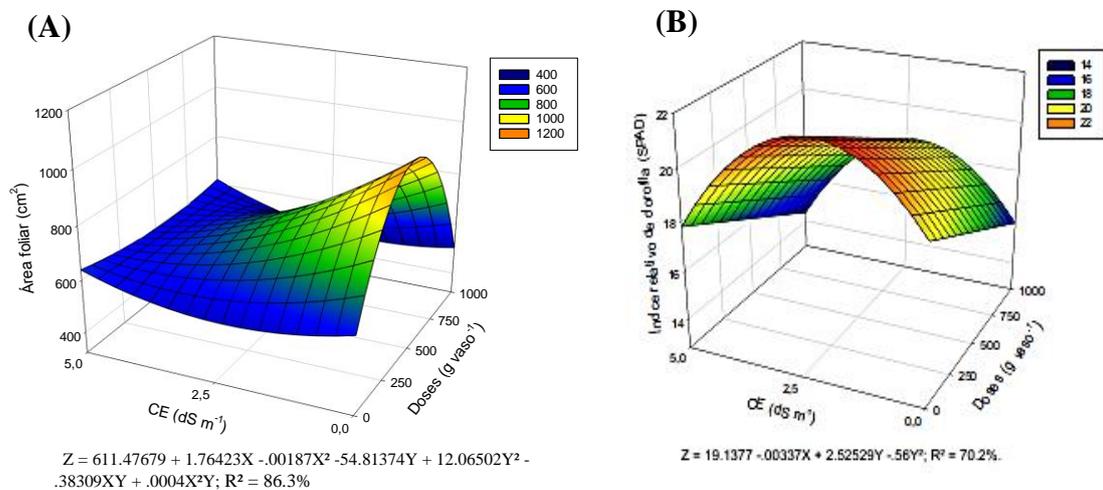
No que diz respeito a AF (Figura 8A), os dados dos tratamentos com composto de resíduo de coco verde apresentaram como média geral o valor de 685,89 cm<sup>2</sup>. No entanto, houve uma variância dos valores observados no estudo chegando a 27,05%. Ao realizar a análise de regressão, os dados se ajustaram a equação polinomial de 2º grau, em que os resultados oriundos das plantas sob doses de composto com resíduo de coco verde houve redução à medida que também foi associado ao ES. Vale ressaltar que os maiores valores de ES causaram redução da AF para as plantas submetidas aos compostos orgânicos com resíduos desde a menor dose adubadora.

Nessa perspectiva, os dados deste estudo, especialmente o NF e AF, apresentaram redução de modo geral, mostrando concordância com SILVA *et al.*, (2017), que trabalhando com alface verificou a menor AF (20,47 cm<sup>2</sup>), para os tratamentos submetidos a um ES de 16

$\text{dS m}^{-1}$  na água de irrigação, havendo assim um decréscimo significativo na área foliar de 59,66%.

Como a área foliar possui grande relevância para as plantas de alface, pois é uma variável de crescimento indicativa da produtividade e responsável pela atividade fotossintética, Taiz *et al.*, (2017) afirmam que a interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química é imprescindível para o crescimento vegetal, ocorrendo diretamente na folha. Reduções na AF e no NF é um importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas em condições de excesso de sais pois em tais condições é interessante a redução na transpiração e, conseqüentemente, diminuição do carregamento de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no xilema (WILADINO; CAMARA, 2010; TAIZ *et al.*, 2017), conforme observado neste estudo.

Figura 8 - Área foliar (A) e índice SPAD representativo do teor de clorofila total (B) de plantas de alface em função das doses de adubação de composto orgânico a base de coco verde mediante tratamentos com água salina.



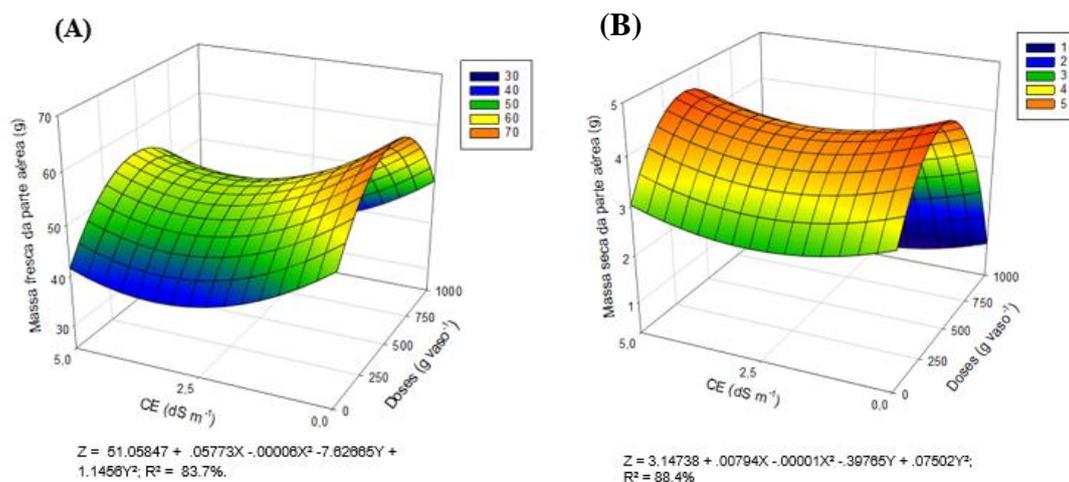
A respeito do teor relativo de clorofila (SPAD), os valores observados apresentaram média geral de 17,93 para as plantas sob adubação de composto a base de resíduo de coco verde. Os dados das médias dos tratamentos variaram de 15,68 a 19,46, totalizando um coeficiente de variação em torno da média geral de 15,04%. Ao realizar a análise de regressão, as respostas da variável se ajustaram ao modelo polinomial de 2º grau (Figura 8B), diminuindo de acordo com o aumento da condição de ES devido a água salina de irrigação, onde o ponto máximo encontrado apresentou valor de 19,46 para o tratamento com dose de 500  $\text{g vase}^{-1}$  de composto a base de resíduo de coco verde associado a um ES de 2,5  $\text{dS m}^{-1}$ .

Resultados semelhantes foram encontrados na literatura para a cultura da alface sem limitações ao desenvolvimento vegetativo devido a tolerância a salinidade, como os valores de Melo (2021) variando de 16,6 a 18,7, bem como de Oliveira *et al.*, (2010) com respostas quadráticas às concentrações das soluções adubadoras em alface. É sabido que a AF e o teor relativo de clorofila (SPAD) são influenciados por diversos fatores, entre eles pode-se pontuar o fornecimento de nutrientes, uma vez que a planta necessita de boa condição nutricional para produção de clorofila e açúcares, ou seja, para desempenhar suas funções vitais (TAIZ *et al.*, 2017), sendo uma dedução apropriada para os dados observados neste estudo.

Para a variável massa fresca da parte aérea (MFPA), as médias dos tratamentos variaram de 38,91 a 65,48 g planta<sup>-1</sup>, sendo o coeficiente de variação de 26,24%. A média geral da variável foi de 50,50 g planta<sup>-1</sup>. Na análise de regressão, a variável apresentou o melhor ajustamento para uma equação quadrática, conforme evidencia a figura 9A, onde o maior valor foi constatado no tratamento na dose de 250 g vaso<sup>-1</sup> de composto a base de resíduo de coco verde mas em nenhum ES.

Mesmo sob o ES, os valores de MFPA encontrados no presente estudo foram maiores do que os observados por Melo (2021), os quais a MFPA variou de 16,39 a 22,88 g planta<sup>-1</sup> em condições de irrigação com água salina associado ao uso de hidroretentores (polímero alternativo contendo carbonato de cálcio, copolímero de acrilamida e acrilato de potássio), evidenciando que o aporte de materiais orgânicos por meio de compostos contribuiu para o crescimento vegetal. No entanto, ambos os valores observados podem ser considerados baixos em relação aos valores de 210,0 e 64,3 g planta<sup>-1</sup> encontrados para a cultivar Grand Rapids em estudos anteriores feitos por Zuffo *et al.*, (2016) e posteriormente por Goulart *et al.*, (2018) nas condições edafoclimáticas do semiárido piauiense, evidenciando a influência que o ES foi capaz de produzir nesta condição.

Figura 9 - Massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) em gramas de plantas de alface, cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base de coco verde mediante tratamentos com água salina.



Para a massa seca de parte aérea (MSPA), os valores observados para as plantas em função do composto a base de resíduo de coco verde foram de 3,92 g planta<sup>-1</sup> como média geral, mas o tratamento com a maior resposta foi a dose adubadora de 500 g vaso<sup>-1</sup>, independente do ES. Na análise de regressão, os dados se ajustaram melhor a função polinomial do 2º grau, apresentando ponto máximo com as doses de 500 g vaso<sup>-1</sup> de composto, de acordo com a figura 9B, e depois decresceu. Os valores observados foram bastante distribuídos ao redor da média, com um coeficiente de variação chegando a 26,39%.

Estes dados foram superiores a valores encontrados em estudos também com plantas de alface, inclusive com a mesma cultivar (Grand rapids), quando Melo (2021) observou que a MSPA variou de 1,03 a 1,07 g planta<sup>-1</sup>, sendo esses valores inferiores aos encontrados em estudos realizados por Zuffo *et al.*, (2016) desenvolvidos em condições de casa de vegetação no semiárido piauiense. Por outro lado, os valores foram próximos aos encontrados por Fernandes *et al.*, (2020) que avaliaram a cultivar no regime de ambiente protegido (telado) utilizando sombrite com malha de 50% de sombreamento também no semiárido piauiense.

No entanto, apontamentos de DA SILVA *et al.*, (2019) que colocaram a baixa oferta de água com qualidade disponível para suprir as necessidades hídricas da alface, afirmam que esta condição tende a resultar numa redução na produção, pois a planta gasta energia para absorção de uma água com uma maior condutividade elétrica, o que corresponde aos resultados encontrados nos tratamentos avaliados no presente estudo. Ademais, valores observados de MFPA e MSPA também podem ser explicados pelo fato de o cultivo ter sido realizado em vasos com limitação no crescimento do sistema radicular e os valores de nutrientes presentes na caracterização química do resíduo utilizado no estudo, a exemplo

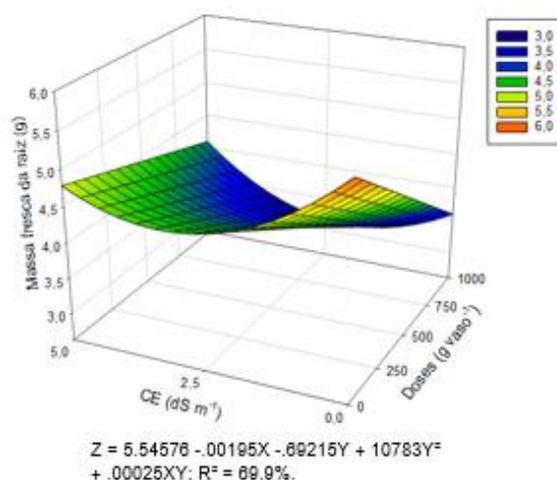
cálcio, potássio e fosforo.

Em estudos realizados por Li *et al.*, (2023), também em casa de vegetação, constataram que plantas de alface adubadas com fertilizantes minerais e resíduos de um biodigestor de esterco bovino apresentaram diminuição nas MFPA e MSPA em função do aumento da concentração de NaCl, chegando em alguns tratamentos ao nível de 7,5 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica causador de ES, o que pode ser associado também aos valores encontrados neste estudo, uma vez que a condutividade elétrica também contribuiu para o desempenho das plantas.

Para o sistema radicular das plantas de alface, isto é, a massa fresca da raiz (MFR), o valor médio observado no estudo foi de 4,29 g planta<sup>-1</sup>, sendo o tratamento com melhor resposta no crescimento radicular foi visto nas plantas sob a dose adubadora de 250 g vaso<sup>-1</sup>, independente da salinidade presente na água de irrigação. A variação dos dados em torno da média foi significativa, o qual o coeficiente de variação observado foi de 27,85% dos dados desta variável.

Ao realizar a análise de regressão para a variável MFR, as plantas de alface submetidas a adubação com composto de resíduo de coco verde obtiveram-se um comportamento quadrático e se constata que houve aumentos na variável depois de ter um decréscimo com o aumento da salinidade na água de irrigação associado as doses adubadoras, conforme figura 10. O maior valor observado entre os tratamentos (500 g vaso<sup>-1</sup>) foi de 5,31 g que em comparação com o controle (3,50 g) ocorreu um aumento de 34,08%.

Figura 10 – Massa fresca de raízes (MFR) em gramas de plantas de alface em função das doses de adubação de composto orgânico a base de coco verde mediante tratamentos com água salina.



Em estudos anteriores com a cultura de alface e ES, corroborando com dados deste estudo no que se refere MFR, Bartha *et al.*, (2015) constataram um crescimento das raízes, não ocorrendo inibição, mas sim um estímulo pela condição de estresse salino, em algumas cultivares de alface. No mesmo estudo, Bartha *et al.*, (2015) observaram que para plantas de alface das cultivares Salad Bowl Red e Parella Green, a exposição a 50 mM de cloreto de sódio presente na água, equivalente a 3,1 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica na água, resultou num aumento estatisticamente significativo do peso fresco das raízes durante o estudo, uma vez que as raízes não precisam destinar elevados níveis de energia para a absorção dos elementos, especialmente a água por mais que apresente salinidade.

### 3.2 VARIÁVEIS DE TROCAS GASOSAS

Para as variáveis fisiológicas e trocas gasosas, a ANOVA apresentada na Tabela 6, é possível observar que todas as variáveis avaliadas apresentaram respostas significativas, tanto para os fatores isolados (doses e água salina) quanto pela interação entre os mesmos (doses e água salina), ao nível de 1% e ou 5% de probabilidade pelo teste “F”, exceto para o fator isolado (doses) na variável taxa fotossintética líquida (*A*) e no fator isolado (água salina) para as variáveis condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) e taxa de transpiração (*E*). Isso demonstra que as respostas fisiológicas das plantas de alface apresentaram distinção em função das doses de adubação com composto a base de resíduo de coco verde frente aos níveis de água salina testados.

Tabela 6 - Análise de variância para taxa fotossintética líquida (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), taxa de transpiração (*E*), eficiência instantânea de carboxilação (*EiC*) e eficiência

instantânea do uso da água (EUA) em plantas de alface, cultivadas sob doses de composto orgânico a base de resíduo de coco verde e água salina.

| FV          | GL | Quadrado Médio      |                    |                    |          |        |
|-------------|----|---------------------|--------------------|--------------------|----------|--------|
|             |    | <i>A</i>            | <i>G</i>           | <i>E</i>           | EiC      | EUA    |
| Doses (D)   | 4  | 29.57 <sup>ns</sup> | 0.02*              | 6.73*              | 0.0005*  | 0.99** |
| CE          | 2  | 68.56**             | 0.00 <sup>ns</sup> | 1.92 <sup>ns</sup> | 0.0016** | 0.76*  |
| D x CE      | 8  | 51.58**             | 0.03**             | 11.96**            | 0.0005*  | 0.67*  |
| Resíduo     | 45 | 13.37               | 0.01               | 2.59               | 0.0002   | 0.24   |
| Total       | 59 | -                   | -                  | -                  | -        | -      |
| Média geral | -  | 12.15               | 0.21               | 5.06               | 0.05     | 2.56   |
| CV (%)      | -  | 30.10               | 38.66              | 31.85              | 30.37    | 19.00  |

<sup>1</sup>FV = Fonte de variação; <sup>2</sup>GL = Graus de liberdade; <sup>3</sup>CE = Condutividade elétrica da água de irrigação; <sup>4</sup>CV = coeficiente de variação; \*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

No tocante a variável taxa fotossintética líquida (*A*), a média geral observada foi de 12,15  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$  e os dados apresentaram com um coeficiente de variação de 30,10% ao redor da média, sendo o tratamento de 500 g vaso<sup>-1</sup> a maior reposta para a variável, totalizando 14,27  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ , independente do ES submetido, já o menor valor foi observado no tratamento controle, totalizando um valor de 10,06  $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ .

Ao sistematizar os dados na forma de análise de regressão, observando a figura 11A, a *A* apresentou um comportamento quadrática em função das doses e ES, resultando em uma melhor adaptação a uma equação polinomial do 2º grau para as plantas de alface submetidas a doses de composto orgânico a base de resíduos de coco verde, sendo o ponto máximo observado na dose de 500 g vaso<sup>-1</sup> associado ao ES de 2,5 dS m<sup>-1</sup> na água de irrigação e posteriormente apenas valores em decréscimo.

A atividade fotossintética possui relação direta com a área foliar e tecidos vegetais fotossintetizantes, pois eles são os responsáveis pela recepção da luz e consequente ativação de enzimas e processos de geração de energia em cadeia. A luz e a nutrição das plantas exercem grande influência nas respostas fisiológicas e na produção vegetal (SEIXAS *et al.*, 2013), pois são fatores centrais para o desempenho adequado do aparato fotossintético das plantas. Assim, os presentes resultados para a *A* podem ser fundamentados por essa hipótese,

uma vez que mesmo com a variação das respostas, houve maior atividade em plantas condicionadas até o ES ao nível de 2,5 dS m<sup>-1</sup> e consequente queda, isto é, resultados decrescentes quando condicionou as plantas de alface a adubação com composto a base de resíduos de coco verde e ultrapassou os limites toleráveis a salinidade presente na água.

Li *et al.*, (2023) chegaram a taxas fotossintéticas semelhantes, sobretudo quando realizaram aumentos da concentração de NaCl na água para plantio da cultura de alface até o nível de 7,5 dS m<sup>-1</sup>. Sabe-se que os nutrientes desempenham funções específicas e essenciais no metabolismo das plantas, como exemplo do nitrogênio e magnésio, que são constituintes da molécula de clorofila, de forma que ao aumentar a quantidade de clorofilas isso possivelmente promoveu aumento da taxa fotossintética, mas ao serem submetidas em condições de estresse sofrem redução (TAIZ *et al.*, 2017).

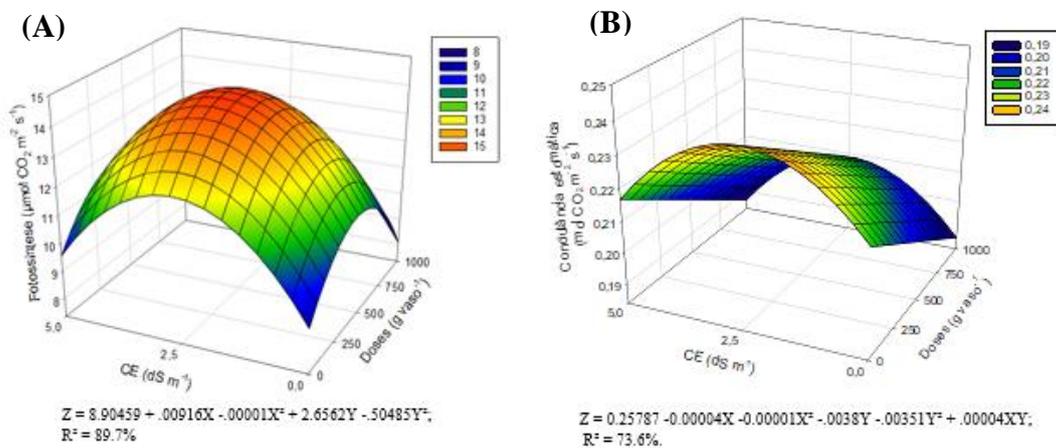
Adkhari *et al.*, (2021) encontraram em estudos com alface que a clorofila, principal indicador da atividade fotossintética em culturas folhosas como a alface, sofreu uma série de progressão ou degradação com base no ES ao qual foram sujeitados. Na degradação, o conteúdo dos cloroplastos diminui ocorrendo normalmente quando sujeitados ao ES, visto com uma redução significativa variando de 30 a 37%, reforçando a inibição da síntese e ativação da degradação da cloroplastos devido ao ES (ADKHARI *et al.*, 2021). Todavia, também no mesmo estudo Adkhari *et al.*, (2021), observaram que algumas cultivares de alface mostraram uma certa acumulação de cloroplastos sob condições de ES, em uma água acumulando a salinidade de 100 mM, equivalente a 6,2 dS m<sup>-1</sup>.

Em geral, este aumento do teor de clorofila é relacionado a uma provável diminuição da atividade da clorofilase, permitindo assim a promoção da produção de clorofila e minimiza outras consequências prejudiciais sobre a estabilidade da membrana (ADKHARI *et al.*, 2021). Ademais, há também alterações na anatomia celular da planta quando estão condicionadas ao ES, resultando em folhas mais pequenas e uma maior densidade de cloroplasto por unidade de área foliar (WILLADINO; CAMARA, 2010), demonstrando as razões por detrás do comportamento da fotossíntese neste estudo.

Li *et al.*, (2023) estudando plantas de alface adubadas com resíduos de um biodigestor de esterco bovino e fertilizantes minerais, também chegou a reduções na atividade fotossintética quando condicionou estas plantas ao ES, reduzindo as concentrações de pigmentos como conteúdos de clorofila a e b. Já a o conteúdo de carotenoides em plantas com

resíduos de um biodigestor para processamento de esterco bovino foi consideravelmente mais elevado em comparação a plantas submetidas adubação mineral, aumentando em 1%, 7%, e 20% quando condicionou estas plantas a 0, 3 e 7,5 dS m<sup>-1</sup> para o ES, respectivamente. A redução do teor de pigmentos fotossintéticos das plantas condicionadas a ES inibe a síntese de clorofila e a atividade das enzimas implicadas no metabolismo dos carboidratos (CASTAÑARES; BOUZO, 2019).

Figura 11 – Taxa fotossintética líquida (A) e condutância estomática (B) em plantas de alface cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base de coco verde mediante tratamentos com água salina.



A respeito da condutância estomática ( $g_s$ ), constatou-se uma média geral de 0,21 mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Porém, o coeficiente de variância observado foi de 38,66%. O tratamento que apresentou a maior resposta para a variável foi a dose adubadora de 500 g vaso<sup>-1</sup> com uma média de 0,28 mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Na análise de regressão, constatou-se que a variável cresceu até o nível de 500 g vaso<sup>-1</sup> em função da água de irrigação ao nível de 2,5 dS m<sup>-1</sup> e depois decresceu, apresentando assim um comportamento quadrático para a tendência das repostas das plantas, ocorrendo diminuição desta variável em função do aumento nas doses de adubação e no ES, conforme a figura 11B.

Estes resultados corroboram com Bartha *et al.*, (2015) que observaram ao estudar a tolerância de cultivares de alface ao ES, que a  $g_s$  das folhas diminuiu em todas as cultivares quando foram aplicados tratamentos de salinidade. A diferença mais significativa em relação ao controle do estudo, com ambos os tratamentos de sal, chegou a uma redução de quase a metade na atividade estomática.

Como o processo de transpiração estomática é um processo por onde se realiza a maior parte da transpiração, pois os estômatos constituem a via de escape que possui menor resistência à difusão gasosa, correspondendo a 90% das perdas de água da planta e a intensidade dessa transpiração varia com a ação de fatores internos como a área superficial, forma e disposição das folhas e sua estrutura interna (estrutura e composição da cutícula, número, distribuição e tamanho dos estômatos) e externos (luz, umidade do ar, temperatura, vento e disponibilidade de água no solo), afirma Peixoto (2011; 2020). Assim, é o tipo mais eficiente de transpiração, pois pode ser controlada pela planta, que consegue aumentar ou diminuir a perda de água, dependendo do ambiente em que se encontra (PEIXOTO, 2011; 2020). Como neste estudo as plantas foram submetidas ao ES, também houve redução na atividade estomática, sobretudo na condição de ES mais severa.

Para Bartha *at el.*, (2015), a reação do componente osmótico em muitos estômatos ao ES tende a atividade de inibição e fechamento das células a fim de reduzir a perda de água por transpiração (MUNNS; TESTER, 2008). Isto prejudica a captação de carbono fotossintético, mas reduz a acumulação de umidade durante o armazenamento e desenvolvimento das plantas de alface. O ES tende a reduzir a  $g_s$  num curto período de tempo após a exposição, assim como em experiências anteriores, a redução mais pronunciada na condução estomatal foi registrado na cultivar de alface Salad Red Bowl (MUNNS; TESTER, 2008).

Em relação a taxa de transpiração ( $E$ ) das plantas de alface, a média geral observada foi de  $5,06 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}$ , já o coeficiente de variação observado nos dados de  $E$  em plantas adubadas com composto a base dos resíduos de coco verde foi de 31,85%. O tratamento com a maior resposta foi a dose adubadora de  $500 \text{ g vaso}^{-1}$ , independente do ES causado pela pelo nível de água salina, que em comparação ao controle apresentou um aumento de 22,39%.

Na análise e regressão, a variável  $E$  apresentou um comportamento quadrático decrescente para a tendência das repostas das plantas ocorrendo diminuição da  $E$  conforme há aumento nas doses de adubação e ES, conforme a figura 12A. O ponto máximo observado neste estudo foi encontrado na dose de  $500 \text{ g planta}^{-1}$  associado a nenhum estresse.

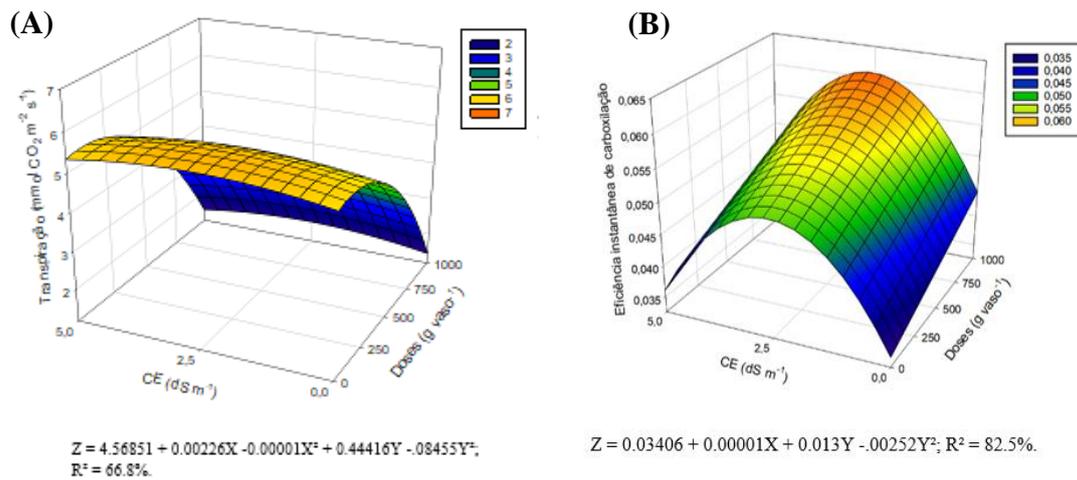
A  $E$  das plantas ocorre associado a abertura estomática para a captação de  $\text{CO}_2$  e funcionamento do aparato fotossintético vegetal, assim os vegetais que apresentam altas taxas de transpiração está relacionada ao seu estado de turgescência, à medida que a água do solo

torna-se menos disponível, as plantas passam então a diminuir a sua taxa de transpiração com o intuito de reduzir a perda de água e poupar aquela que está disponível no solo (SILVA *et al.*, 2015), sendo o mesmo observado neste estudo com as plantas submetidas a adubação de composto a base de resíduo de coco verde associado a irrigação com uso de água salina.

Por outro lado, Barral (2019) estudando o comportamento de hortaliças folhosas do tipo couve-flor condicionadas a estresse hídrico e adubação mineral (borácica), encontrou valores de taxa de transpiração com comportamento linear decrescente e um ponto máximo alcançado no valor de  $2,68 \text{ mmol m}^{-2}$ , corroborando com os encontrados também neste estudo com indivíduos condicionados a adubação de composto a base de coco verde e irrigação com água salina.

Como a  $E$  é um mecanismo regulatório da quantidade de água presente nas plantas, desenvolvida através das estruturas foliares, cutícula e estômatos, compreendendo fator fundamental para o crescimento das plantas, uma vez que ao aumentar a transpiração há eventual elevação da entrada de sais minerais do solo (solução do solo) para as raízes, ocorrendo redução ao encontrar ambientes adversos e/ou com estresse (MARENCO; LOPES, 2005; TAIZ *et al.*, 2017). Em acréscimo a isso, também há a relação diretamente proporcional dos mecanismos do funcionamento fisiológico vegetal associado a abertura estomática e os fluxos gasosos para o interior da folha, conforme visto nestes resultados, há uma relação positiva das variáveis  $A$ ,  $g_s$  e  $E$ , apresentando adequado fornecimento de água e nutrientes para as plantas de alfaces, desencadeando incrementos positivos para o crescimento vegetal até certo limite tolerado pelo vegetal.

Figura 12 - Taxa de transpiração (A) e eficiência instantânea de carboxilação (B) em plantas de alface, cultivadas sob doses de adubação de composto orgânico a base de coco verde mediante tratamentos com água salina.



No tocante a variável eficiência instantânea de carboxilação (EiC), constatou-se como média geral o valor de 0,05, enquanto o coeficiente de variação chegou a 30,37% em torno da média. Ao realizar a análise de regressão com os dados da EiC, notou-se um comportamento polinomial quadrático para as plantas adubadas com o composto a base dos resíduos de coco verde, conforme a figura 12B. O tratamento com a maior resposta foi a dose adubadora de 500 g vaso<sup>-1</sup>, independente do ES submetido.

Para Larcher (2006), a EiC é definida como a velocidade com que o CO<sub>2</sub> fixado é processado nos vegetais. Essa velocidade de fixação é influenciada por diversos fatores, principalmente, pela quantidade e atividade enzimática; pela disponibilidade de CO<sub>2</sub>, podendo ser influenciada ainda pela concentração da rubisco, temperatura, estágio de desenvolvimento da planta e suprimento de substâncias minerais, sobretudo o fosfato.

KONRAD *et al.*, 2005 afirma ainda que a EiC é a quantidade de CO<sub>2</sub> utilizado no processo de fotossíntese, mensurada através da razão entre os índices de taxa de fotossíntese líquida e a concentração interna de CO<sub>2</sub>, sendo notável a variação observada neste estudo, mas esperada tendo em vista que estudos anteriores também encontraram o mesmo comportamento.

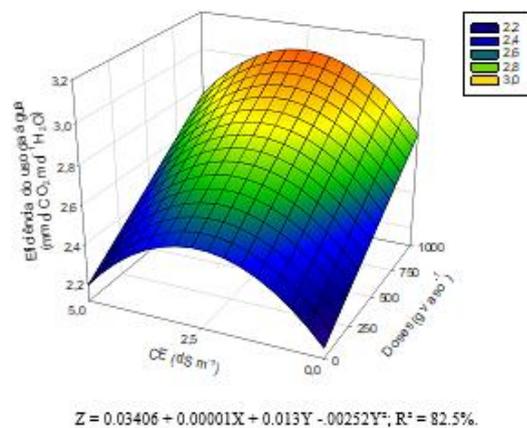
Barral (2019) constatou, em um estudo realizado com hortaliças folhosas do tipo couve, que para a eficiência de carboxilação as plantas apresentaram uma variação de 0,018 a 0,068. Já Costa (2020) estudando adubos orgânicos em plantas de feijão-caupi, também notou que dados da EiC quando as plantas foram condicionadas a adubação de compostos de bagana de carnaúba e lodo de esgoto se ajustaram à modelos polinomiais quadráticos, com variação

chegando a valores de 0,076 e 0,073, respectivamente.

Para a eficiência instantânea do uso de água (EUA), foi observada uma variação dos dados com um coeficiente de variância de 19% em torno da média. A média geral calculada nas plantas com adubação de composto a base dos resíduos de coco verde foi de 2,56 mmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O, sendo o tratamento de dose adubadora no valor de 1000 g vaso<sup>-1</sup> o que apresentou a maior resposta da variável eficiência de uso da água.

Na análise de regressão dos dados da variável, constatou-se um ajustamento para uma equação linear crescente, a qual apresentou crescimento à medida que aumentou as doses adubadoras e o ES. O ponto máximo observado nos tratamentos estudados foi visto na associação do nível de ES em 2,5 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica e a dose de adubação de composto de 1000g planta<sup>-1</sup>, conforme a figura 13.

Figura 13 - Eficiência instantânea do uso da água (EUA) de plantas de alface em função das doses de adubação de composto orgânico a base de coco verde mediante tratamentos com água salina.



Estes resultados divergem com os encontrados por Li *et al.*, (2023) quando observaram plantas de alface submetidas ao ES no verão japonês em casa de vegetação, onde as relações da água foram afetadas pelo estresse, pois durante o desenvolvimento das plantas, sobretudo quando se observou a EUA nas partes comestíveis das plantas de alface, notou-se redução de 2% a 29% sob tratamento de água de irrigação com condutividade elétrica de 3 dS m<sup>-1</sup>. No entanto, em plantas submetidas a resíduos de digestor de esterco bovino foi observado menos severamente afetadas do que as plantas condicionadas a fertilizantes mineral por ES.

Por outro lado, Costa (2020) estudando a fisiologia de feijão-caupi sob diferentes tipos de adubação, encontrou uma acentuada variação nos dados de EUA, sobretudo com uma análise nos períodos vegetativo e pré-floração. Algumas plantas apresentaram comportamento linear decrescente na análise de regressão, enquanto outras apresentaram o melhor ajustamento para equações lineares crescente como o caso dos dados deste estudo.

Sabe-se que a água é o fator ambiental mais relevante para o desenvolvimento das plantas, de modo que seu excesso ocasiona sérios prejuízos, podendo afetar a aeração na zona radicular e a lixiviação dos nutrientes enquanto que sua falta pode inibir o crescimento e afetar o metabolismo fisiológico, de forma que a manutenção do status hídrico, e consequentemente a EUA é de suma importância para o sucesso produtivo (BILIBIO *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2012). TAIZ *et al.*, (2017) exemplificam que uma alta EUA pode ser vista em plantas CAM, pois estas como os cactos, abrem seus estômatos durante as noites frias e os fecham durante os dias quentes e secos permitindo fechamento dos estômatos durante o dia a fim de minimizar a perda de água, mas, como H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> compartilham a mesma rota de difusão, o CO<sub>2</sub> deve então ser capturado pelos estômatos abertos à noite.

De forma prática, a EUA é o resultado da razão entre a fotossíntese e a transpiração das plantas. Logo, os resultados positivos encontrados nesta variável, especialmente nos tratamentos com as maiores doses adubadoras podem ser explicados pela redução da gs, o que foi verificado na Figura 13. Larcher (2000) entende que a melhor relação para se alcançar valores máximos de eficiência instantânea no uso da água é estabelecendo uma boa razão entre uma máxima absorção de CO<sub>2</sub> e menos perda de H<sub>2</sub>O, que é alcançada quando os estômatos estão parcialmente fechados, permitindo um melhor uso da água pela planta.

#### **4 CONCLUSÕES**

Em virtude dos fatos mencionados, a aplicação de composto orgânico produzido a base de resíduos da agroindústria de coco verde ao solo auxiliou em um bom desempenho das plantas, mas considerada limitação pela salinidade presente na água utilizada na irrigação.

O tratamento que apresentou as maiores respostas, como área foliar, massa fresca e massa seca de parte aérea, foi o tratamento de 500 g vaso<sup>-1</sup> de composto a base de resíduo do coco verde em relação ao controle, seguida pelo tratamento de 250 g vaso<sup>-1</sup> e 750 g vaso<sup>-1</sup>, independente da salinidade condicionada. Estes tratamentos apresentaram limitação de

respostas pela salinidade da água de irrigação, mas mesmo assim o ES até o nível de 2,5 dS m<sup>-1</sup> proporcionou condição para crescimento e desenvolvimento da cultura em condições de casa de vegetação. Desta forma, a aplicabilidade do composto orgânico produzido com este resíduo é uma alternativa para a produção de alface, considerando a disponibilidade do material e o custo/benefício.

## REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, B.; OLORUNWA, O. J.; WILSON, J. C.; BARICKMAN, T. C. Morphological and physiological response of different lettuce genotypes to salt stress. *Stresses*, v. 1, n. 4, p. 285-304, 2021. Disponível em: [Stresses | Free Full-Text | Morphological and Physiological Response of Different Lettuce Genotypes to Salt Stress \(mdpi.com\)](https://doi.org/10.3390/stresses1040021) DOI: <https://doi.org/10.3390/stresses1040021> Acesso em: 22 de jan. de 2023.
- ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas**: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228p.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA. 2012. 400 p.
- ALVES, K. D. N. A.; DE ALMEIDA, G. M.; DOS SANTOS LOBATO, W. T.; DE SOUZA, A. M. B.; DE SOUZA, A. A. S.; VIDAL, D. J. F.; PEREIRA, W. C. Estudo da evolução do cultivo de coco em municípios do estado do Pará e nos estados brasileiros produtores. *Revista Agroecossistemas*, v. 10, n. 2, p.209-224, 2018.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução H. R. Gheyi - Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BARRAL, D. S. Avaliação das trocas gasosas na cultura da couve-flor (*Brassica oleracea* var. Botrytis) submetidas a diferentes tensões de água no solo e doses de boro. Capanema, Pará. **TCC** (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019. 53 f
- BARTHA, C.; FODORPATAKI, L.; MARTINEZ-BALLESTA, M. D. C.; POPESCU, O.; CARVAJAL, M. Sodium accumulation contributes to salt stress tolerance in lettuce cultivars. *JOURNAL OF APPLIED BOTANY AND FOOD QUALITY-ANGEWANDTE BOTANIK*, v. 88, p. 42-48, 2015. DOI: :10.5073/JABFQ.2015.088.008
- BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; CRUZ, J. S.; SOUSA, E. C.; SILVA, L. A. Rendimento do feijão-caupi adubado com diferentes doses de biofertilizante orgânico produzido através da biodegradação acelerada de resíduos do coqueiro no município de Trairí-ce. *Irriga*, Botucatu, edição especial, p. 423-437, 2012. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v1n01p423>
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A.; GOMES, L. A. A. Função de produção da berinjela irrigada em ambiente protegido. *Irriga*, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 10-22, 2010.
- BOITEX, L. S.; SUINAGA, F. A.; FONSECA, M. E. N.; REIS, A.; PINHEIRO, J. B.; BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Livraria Freiras bastos S.A. 5ª ed. Rio de Janeiro. Brasil, 2009.

CASTAÑARES, J.L.; BOUZO, C.A.; Effect of exogenous melatonin seed germination and seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.) under salt stress. **Hortic Plant J** 5:79–87, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2019.01.002>

CAVALCANTE, F. L. et al Recuperação de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: **INCTSal**, parte V, p. 425-448, 2010.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 04, p. 533-535, 2002.

COSTA, R.S. Respostas fisiológicas, nutricionais e produtivas em plantas de feijão-de-corda cultivadas sob fontes de adubos. **Dissertação** (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará - 2020.

CRUZ, C. D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 547-552, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

GOULART, R. G. T.; DOS SANTOS, C. A.; DE OLIVEIRA, C. M.; COSTA, E. S. P.; DE OLIVEIRA, F. A.; ANDRADE, N. F.; DO CARMO, M. G. F. Desempenho agrônomo de cultivares de alface sob adubação orgânica em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, [s. l.], 8(3), 2018. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i3.3011>

FAO, 2008: FAO Land and Plant Nutrition Management Service. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agl/agllspush>

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção agrícola Municipal**, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. 22 Nov. 2019.

KIEHL, E. J. Novos Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: 1ª edição do autor, 2010. KOPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. Gebrüder Borntraeger, Berlin, p. 1–44. 1936.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B. D.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantina**. Campinas, v.64, n.3, 2005, p.339-347. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000300004>

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00064-3](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00064-3)

LACERDA, C.F. **Interação salinidade x nutrição mineral**. In: NOGUEIRA, R.J.C. et al. (eds.). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, 2005.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L.; GUIMARÃES, F. V.; DA SILVA, F. L.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 221-230, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000200005>

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 1. ed. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

Li, F.; Yuan, Y.; Gong, P.; Imazumi, Y.; Na, R.; Shimizu, N. Comparative effects of mineral fertilizer and digestate on growth, antioxidant system, and physiology of lettuce under salt stress. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, p. 1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13580-022-00492-w>

LIMA, M. F. **BRS Leila – Alface**. Folder/Folheto/Cartilha. EMBRAPA Hortaliças. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1070799/brs-leila-alface> Acesso em: 18 de Ago. 2022.

MAGALHÃES, A. S. G.; ALMEIDA NETO, M. P.; BEZERRA, M. N.; FEITOSA, J. Superabsorbent hydrogel composite with minerals aimed at water sustainability. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 304–313, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20130039>

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2005.

MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos. **Dissertação (Mestrado)** - Campina Grande: UFPB, 1992. 173 p.

MELO, J. L. M. Polímero hidrorretentor alternativo para horticultura em condições salinas. 2021. **Dissertação (Mestrado)** - Fortaleza: UFC, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, 2021. 83 p.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

De OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. D. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 36-40, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100007>

PEIXOTO, C. P. **Princípios de fisiologia vegetal: teoria e prática / organização Clovis Pereira Peixoto**. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Pod, 2020. 256 p.

PEIXOTO, C. P. Curso de fisiologia vegetal. **Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**, v. 177, 2011.

PEREIRA NETO, J. T. On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting-a low cost technology approach. University of Leeds, Inglaterra, p. 839-845, 1987.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B. de CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de classificação de solos – 5. ed. rev. e ampl.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094003/2/SiBCS2018ISBN9788570358004.pdf> Acesso em: 28 de Nov. de 2022.

SEIXAS, P. T. L.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; NASCIMENTO, I. R.; BARBOSA, L. C. A. Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 852-858, 2013.

SILVA, A.; NASCIMENTO, M.; TANAN, T.; OLIVEIRA, U.; LIMA, J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface crespa. **Enciclopédia biosfera**, v. 14, n. 26, 2017. DOI: 10.18677/EnciBio\_2017B28

SILVA, D. A. O.; SANTOS, W. M.; SILVA, T. S. S.; FERNANDES, S. P.; CARNEIRO, P. T.; DOS SANTOS, C. G. Desempenho da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Ambientale**, v. 10, n.3, p. 32-41, 2018. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/56>

SILVA, W. C. Respostas do feijão-caupi à diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante. **Dissertação** (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, 2016. 73p. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19289/1/2016\\_dis\\_wcsilva.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19289/1/2016_dis_wcsilva.pdf)

SILVA, W. R. D.; SALOMÃO, L. C.; PEREIRA, D. R.; DE OLIVEIRA, H. F.; PEREIRA, A. I. D. A.; CANTUÁRIO, F. S. Irrigation levels and use of hydro retainer polymer in greenhouse lettuce production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 406–412, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n6p406-412>

SILVA, F. G. D.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. D.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. D. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 19, n.10, 2015, p. 946-952. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. Ames: Iowa State University Press, 1948. 503 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

ZUFFO, A. M.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; SILVA, L. M. A.; SILVA, R. L.; MENEZES, K. O. Análise de crescimento em cultivares de alface nas condições do sul do Piauí. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 2, p. 145-153, abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663020005>

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se, em condições de casa de vegetação, sob o uso de água salina para irrigação e adubação usando composto orgânico a base de resíduos da agroindústria de carnaúba, na dosagem de 250 g vaso<sup>-1</sup>, as plantas de alface apresentaram as melhores respostas em relação ao controle para as variáveis biométricas/produzidas, a exemplo o número de folhas, área foliar e massa fresca de parte aérea. Já para as respostas de trocas gasosas, como taxa fotossintética e condutância estomática, os melhores valores foram observados nas plantas adubadas com composto orgânico a base de resíduo da agroindústria do coco, na dosagem de 500 g vaso<sup>-1</sup> em relação ao controle, independente da salinidade submetida.

Em ambos os estudos, o limite de salinidade da água de irrigação que proporcionou o maior crescimento e desenvolvimento das plantas de alface foi observado em 2,5 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica na água, observando reduções gradativas nos parâmetros estudados à medida que se aumentou esta condição para plantas de alface.

Mais relatos e estudos referentes ao comportamento dos resíduos agroindustriais aplicados a agricultura e associados a estresses, precisam ser feitos e devem iluminar os modos de uso e reuso destes recursos de forma aplicada, sobretudo em uma escala local, observando as respostas vegetais, sejam elas morfológicas, fisiológicas e/ou produtivas.

## REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, B.; OLORUNWA, O. J.; WILSON, J. C.; BARICKMAN, T. C. Morphological and physiological response of different lettuce genotypes to salt stress. **Stresses**, v. 1, n. 4, p. 285-304, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/stresses1040021>
- ALVES, M. O.; COELHO, J. D. **Tecnologia e relações sociais de produção no extrativismo da carnaúba no nordeste brasileiro**. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural (SOBER), 2006, Fortaleza, Anais... p44. Fortaleza: 2006. DOI: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.147510>
- ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA. 2012. 400 p.
- ALVES, K. D. N. A.; DE ALMEIDA, G. M.; DOS SANTOS LOBATO, W. T.; DE SOUZA, A. M. B.; DE SOUZA, A. A. S.; VIDAL, D. J. F.; PEREIRA, W. C. Estudo da evolução do cultivo de coco em municípios do estado do Pará e nos estados brasileiros produtores. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p.209-224, 2018.
- AMORIM, A.V.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M.A.; PRISCO, J.T.; LACERDA, C.F. Respostas fisiológicas de plantas adultas de cajueiro anão precoce à salinidade. **Revista ciência agrônômica**, Fortaleza, v.41, n.1, p. 113-121, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20100016>
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução H. R. Gheyi - Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BARRAL, Deiviane de Souza; SOUZA, Renan de. Avaliação das trocas gasosas na cultura da couve-flor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) submetidas a diferentes tensões de água no solo e doses de boro. Capanema, Pará. 2019. 53 f. **TCC** (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia.
- BARTHA, C.; FODORPATAKI, L.; MARTINEZ-BALLESTA, M. D. C.; POPESCU, O.; CARVAJAL, M. Sodium accumulation contributes to salt stress tolerance in lettuce cultivars. **JOURNAL OF APPLIED BOTANY AND FOOD QUALITY-ANGEWANDTE BOTANIK**, v. 88, p. 42-48, 2015. DOI: :10.5073/JABFQ.2015.088.008
- BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; CRUZ, J. S.; SOUSA, E. C.; SILVA, L. A. Rendimento do feijão-caupi adubado com diferentes doses de biofertilizante orgânico produzido através da biodegradação acelerada de resíduos do coqueiro no município de Trairí-ce. **Irriga**, Botucatu, edição especial, p. 423-437, 2012. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v1n01p423>
- BEZERRA, R. U.; DE ARAÚJO VIANA, T. V.; DE AZEVEDO, B. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; LIMA, A. D. Produção e qualidade da abóbora maranhão sob influência de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Irriga**, v. 25, n. 1, p. 87-101, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n1p87-101>
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A.; GOMES, L. A. A. Função de produção da berinjela irrigada em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 10-22, 2010.
- BOITEX, L. S.; SUINAGA, F. A.; FONSECA, M. E. N.; REIS, A.; PINHEIRO, J. B.; LIMA, M. F. **BRS Leila** – Alface. Folder/Folheto/Cartilha. EMBRAPA Hortaliças. 2017. Disponível

em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1070799/brs-leila-alface>. Acesso em: 13 nov. 2022.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da Natureza e propriedade dos solos**. Livraria Freiras bastos S.A. 5ª ed. Rio de Janeiro. Brasil, 2009.

BASSOI, L. H. Crescimento e distribuição de raízes de videiras e sua relação com a prática da irrigação. **Comunicado técnico Nº 76**, Abril, EMBRAPA, 1998. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/131596/1/COT76.pdf>. Acesso em: 11 out. 2022.

CARRIJO, Osmar Alves; LIZ, Ronaldo Setti de; MAKISHIMA, Nozomu. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 04, p. 533-535, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/PQsvvcv3dgWRHGTYD9qsFML/abstract/?lang=pt>. 11 nov. 2022.

CARVALHO, K.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVEIRA, M. H.; CABRAL, C. E.; LEITE, N. Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **Enciclopédia Biosfera**, [s. l.], v. 8, n. 15, p. 1445–1553, 2012. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/rucula%20submetida%20a%20adubacao.pdf>. Acesso em: 11 out. 2022.

CASTAÑARES, José Luis; BOUZO, Carlos Alberto; Effect of exogenous melatonin seed germination and seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.) under salt stress. **Hortic Plant J** 5:79–87, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468014119300202>. Acesso em: 11 nov. 2022.

COSTA, Rafael Santos. Respostas fisiológicas, nutricionais e produtivas em plantas de feijão-de-corda cultivadas sob fontes de adubos. **Dissertação** (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará - 2020.

CRUZ, C. D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 547-552, 2016.

CAVALCANTE, F. Lorival; DOS SANTOS, Rivaldo V.; HERNANDEZ, Fernando F. F> GHEYI, Hans R.; DIAS, Thiago J. Recuperação de solos afetados por sais. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds). **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. Parte V, p. 425-448.

DE ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228p.

DE OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. D. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 36-40, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/Cn6DmfxK8VHPDGctFZv6CJQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

FAO, 2008: **FAO Land and Plant Nutrition Management Service**. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agl/agllspush>. Acesso: 1 ago. 2022.

FERNANDES, G. S. T.; LIMA, E. D. A.; ALVES, A. U.; BRITO, V. A.; SOARES, L. C. Condicionamento agrometeorológico em cultivares de alface. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, p. 505-514, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/gszXp7QMg9PFYHvLSGMpP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 7 set. 2022.

GRACIANO, E. S.; NOGUEIRA, R. J.; LIMA, D. R.; PACHECO, C. M.; SANTOS, R. C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 15, n. 8, p. 794-800, 2011.

GOULART, R. G. T.; DOS SANTOS, C. A.; DE OLIVEIRA, C. M.; COSTA, E. S. P.; DE OLIVEIRA, F. A.; ANDRADE, N. F.; DO CARMO, M. G. F. Desempenho agrônômico de cultivares de alface sob adubação orgânica em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, [s. l.], 8(3), 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/3011>. Acesso em: 9 set. 2022.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção agrícola Municipal**, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>. 22 Nov. 2019.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B. D.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantina**. Campinas, v.64, n.3, 2005, p.339-347. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/myGdTBbsV3ZFvXhKbfrwNm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2022.

KIEHL, Edmar José. **Novos Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: 1ª edição do autor, 2010.

KOPPEN, Wladimir Peter. **Das geographische System der Klimate**. Gebrüder Borntraeger, Berlin, p. 1-44. 1936.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, p.107-120, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847202000643>. Acesso em: 1 nov. 2022.

LACERDA, Claudivan Feitosa de. Interação salinidade x nutrição mineral. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, p. 127-137, 2005.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L.; GUIMARÃES, F. V.; DA SILVA, F. L.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 221-230, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/Pz354ZKtCtcvF9KxWVHWLwB/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 nov. 2022.

LARCHER, Walter; DE ASSIS PRADO, Carlos Henrique Britto. **Ecofisiologia vegetal**. 1. ed. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LI, F.; YUAN, Y.; GONG, P.; IMAZUMI, Y.; NA, R.; SHIMIZU, N. Comparative effects of mineral fertilizer and digestate on growth, antioxidant system, and physiology of lettuce under

salt stress. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, p. 1-13, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13580-022-00492-w>. Acesso em: 22 fev. 2023.

LIMA, M. F. **BRS Leila – Alface**. Folder/Folheto/Cartilha. EMBRAPA Hortaliças. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1070799/brs-leila-alface> Acesso em: 18 ago. 2022.

MAGALHÃES, A. S. G.; ALMEIDA NETO, M. P.; BEZERRA, M. N.; FEITOSA, J. Superabsorbent hydrogel composite with minerals aimed at water sustainability. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 304–313, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/8gKjTQkyKHmVZJNJtXqnxH/?lang=en&format=html>. Acesso em: 13 jan. 2023.

MARENCO, Ricardo Antonio; LOPES, Nei Fernandes. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2005. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/36224>. Acesso em: 29 nov. 2022.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 674p.

MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos. 1992. 173 p. **Dissertação** (Mestrado) - Campina Grande: UFPB, 1992.

MELO, José Lucas Martins. Polímero hidroretentor alternativo para horticultura em condições salinas. 2021. 83 p. **Dissertação** (Mestrado) - Fortaleza: UFC, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, 2021.

MUNNS, Rana. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. **Plant, Cell & Environment**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 15–24, 1993. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3040.1993.tb00840.x>. Acesso em: 11 dez. 2022.

MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>. Acesso em: 11 set. 2022.

NASCIMENTO, E. B.; SILVA, J. L. M.; ALMEIDA, L. V.; LEÇA, R. Al. **A Cera de Carnaúba: Origem, Produção e Mercados**. 2018. Disponível em: [ww.fecilcam.br/anais/viii\\_eepa/arquivos/12-03.pdf](http://ww.fecilcam.br/anais/viii_eepa/arquivos/12-03.pdf). Acesso em: 13 jan. 2023.

PEIXOTO, Clovis Pereira. **Princípios de fisiologia vegetal: teoria e prática**. (Org.) Clovis Pereira Peixoto. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Pod, 2020. 256 p.

PEIXOTO, Clovis Pereira. Curso de fisiologia vegetal. **Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**, v. 177, 2011.

PEREIRA NETO, J. T. On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting-a low cost technology approach. **University of Leeds**, Inglaterra, p. 839-845, 1987.

RICHARDS, Lorenzo Adolph. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alcali soils**. Washington, DC: USDA, 1954. 160p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B. de CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de classificação de solos** – 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094003/2/SiBCS2018ISBN9788570358004.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

SEIXAS, P. T. L.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; NASCIMENTO, I. R.; BARBOSA, L. C. A. Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 852-858, 2013. Disponível em: [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/09/914690/efeito-da-adubacao-mineral-na-producao-de-biomassa-e-no-teor-e-\\_28B2gzG.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/09/914690/efeito-da-adubacao-mineral-na-producao-de-biomassa-e-no-teor-e-_28B2gzG.pdf). Acesso em: 1 out. 2022.

SILVA, A.; NASCIMENTO, M.; TANAN, T.; OLIVEIRA, U.; LIMA, J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface crespa. **Enciclopédia biosfera**, v. 14, n. 26, 2017. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/711>. Acesso em: 1 out. 2022.

SILVA, D. A. O.; SANTOS, W. M.; SILVA, T. S. S.; FERNANDES, S. P.; CARNEIRO, P. T.; DOS SANTOS, C. G. Desempenho da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Ambientale**, v. 10, n.3, p. 32-41, 2018. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/56>

SILVA, Wesley Costa. Respostas do feijão-caupi à diferentes lâminas de irrigação com água salina e doses de biofertilizante. **Dissertação** (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, 2016. 73p. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19289/1/2016\\_dis\\_wcsilva.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19289/1/2016_dis_wcsilva.pdf). Acesso em: 19 out. 2022.

SILVA, F. G. D.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. D.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. D. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 19, n.10, 2015, p. 946-952. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/k7CjkCCTnXCZZRYn4ZFG4DL/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 17 out. 2022.

SILVA, W. R. D.; SALOMÃO, L. C.; PEREIRA, D. R.; DE OLIVEIRA, H. F.; PEREIRA, A. I. D. A.; CANTUÁRIO, F. S. Irrigation levels and use of hydro retainer polymer in greenhouse lettuce production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 406–412, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/MMfh5wrywJQcMdN56whXTKH/abstract/?lang=en>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SNEDECOR, George W.; COCHRAN, William G. **Statistical methods**. Ames: Iowa State University Press, 1948. 503p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

WILLADINO, Lilia; CAMARA, Terezinha. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, 2010. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/tolerancia%20das%20plantas.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2022.

ZUFFO, A. M.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; SILVA, L. M. A.; SILVA, R. L.; MENEZES, K. O. Análise de crescimento em cultivares de alface nas condições do sul do Piauí. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 2, p. 145-153, abr. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/sxnB84pcJtCDPJw5G6rRtSF/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2022.