



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
MESTRADO EM FITOTECNIA

ELIDAYANE DA NÓBREGA SANTOS

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SALINEIRA COMO FONTE  
DE CÁLCIO E MAGNÉSIO PARA O CULTIVO INICIAL DO CAJUEIRO ANÃO  
PRECOCE**

MOSSORÓ/RN

2022

ELIDAYANE DA NÓBREGA SANTOS

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SALINEIRA COMO FONTE  
DE CÁLCIO E MAGNÉSIO PARA O CULTIVO INICIAL DO CAJUEIRO ANÃO  
PRECOCE**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição e irrigação

Orientador: Prof. Dr. José Francismar de Medeiros

MOSSORÓ/RN

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

S237a Santos, Elidayane da Nóbrega Santos.  
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA  
SALINEIRA COMO FONTE DE CÁLCIO E MAGNÉSIO PARA O  
CULTIVO INICIAL DO CAJUEIRO ANÃO PRECOCE. /  
Elidayane da Nóbrega Santos Santos. - 2022.  
77 f. : il.

Orientador: José Francismar de Medeiros.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2022.

1. Sal marinho. 2. Carago. 3. Água-mãe. 4.  
Anacardium occidentale. I. de Medeiros, José  
Francismar, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

ELIDAYANE DA NÓBREGA SANTOS

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SALINEIRA COMO FONTE  
DE CÁLCIO E MAGNÉSIO PARA O CULTIVO INICIAL DO CAJUEIRO ANÃO  
PRECOCE**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição e irrigação

Defendida em: 24 / 02 / 2022.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. José Francismar de Medeiros  
(UFERSA)



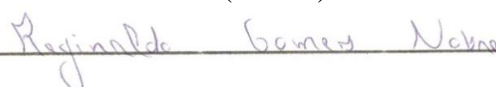
---

Prof. Dr. Eudes de Almeida Cardoso  
(UFERSA)



---

Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha  
(UFCEG)



---

Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre  
(UFERSA)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu bom Deus por me permitir realizar mais esse sonho. Tantas tribulações que ocorreram neste período, mas eu sempre tive o senhor como força para lutar e prosseguir determinada nesta jornada.

Agradeço a minha mãe, minha maior torcedora e apoiadora. A cada dificuldade que eu lhe contava, surgia com alternativas e incentivo. Ouvia-me quase todas as noites, me compreendia e motivava sempre. Minha base, minha fortaleza. Obrigada por ser essa mãe tão maravilhosa em minha vida.

Agradeço a minha irmã Edilayne, por me apoiar e incentivar nessa trajetória. Sua ajuda foi de grande importância para mim.

Agradeço a Lamark por estar nessa fase ao meu lado, me ouvindo e por acreditar em mim.

Agradeço ao meu orientador por seus ensinamentos que foram de importância ímpar para construção desse trabalho e para o meu aprendizado.

Agradeço à Banca Examinadora, Eudes de Almeida, Josinaldo Lopes e Reginaldo Gomes por cada contribuição para este trabalho. São grandes professores e pesquisadores de quem tive a honra de ser aluna.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa, que foi necessária para minha permanência no programa.

Agradeço a Gabriela Carvalho por sua amizade e sempre que podia estava disposta me ajudar. A Mathias por toda a ajuda na reta final das análises, que chegou num momento em que eu tanto precisava. A Maik, Jessica e Dácio pela ajuda sempre que puderam na pesquisa. A Leonardo e a Vanessa pela leitura no IRGA. E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A intensidade do processo é proporcional ao valor do propósito.

Autor desconhecido.

## RESUMO

A indústria salineira instalada no estado do Rio Grande Norte é responsável por mais de 90% da produção de sal (cloreto de sódio) do Brasil. Entretanto, gera a produção de subprodutos que são descartados nos rios, mares e no solo sem nenhum tratamento, mas eles são ricos em  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e S, nutrientes fundamentais para o crescimento vegetal. O cajueiro é uma cultura relevante para região Nordeste do Brasil, contudo, mesmo cultivado em solos de baixa fertilidade há lacunas na literatura quanto à sua nutrição mineral, em especial na fase inicial de crescimento. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade técnica do aproveitamento de resíduos da indústria salineira como fonte de cálcio e magnésio para o cultivo inicial do cajueiro anão precoce. Foi realizado ensaio em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, durante o período de 22 de abril a 15 de outubro de 2021. Foram testadas quatro doses de carago determinadas para atingir 40% (sem aplicação); 50; 70 e 90% de saturação de bases. A cada dose testada, foi adicionada uma dose padrão de água-mãe correspondente a 100% do magnésio recomendado, equivalente à concentração no solo de  $1,0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de magnésio. Também foram testadas quatro doses de água-mãe, determinadas em função da necessidade de magnésio no solo para elevar os níveis a 0,26 (sem aplicação); 0,5; 1,0 e 2,0  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , acrescentada uma dosagem padrão de carago para elevar a soma de bases para 70%. Além de uma testemunha absoluta, que foi o solo original, testou-se um tratamento com produto comercial, feito com gesso agrícola para elevar a soma de bases para 70% da CTC e elevação do Mg para  $1,0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  usando sulfato de magnésio. Cada parcela constou de dois vasos contendo 11 L de material de solo, com duas plantas em cada inicialmente, ficando apenas uma planta após 60 dias, com os tratamentos repetidos quatro vezes. Foram realizadas avaliações referentes ao crescimento, fisiologia e nutrição mineral da planta aos 60 dias após a semeadura (DAS) e aos 174 DAS, como também foram avaliadas características químicas do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As equações de regressão foram utilizadas para as doses de carago e água-mãe. A testemunha absoluta foi confrontada com as doses de carago e as de água-mãe e o tratamento comercial pelo teste de média (Dunnet,  $\alpha=0,05$ ). O carago e água-mãe apresentaram potencial para correção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo, respectivamente. O carago potencializou a concentração de S no solo nas camadas 0-20 cm e em 20-40 cm. Estes resíduos não afetaram negativamente a salinidade do solo. As variáveis associadas ao crescimento e às trocas gasosas não foram afetadas pelos tratamentos testados, exceto o diâmetro aos 174 DAS.

**Palavras-chave:** Sal marinho. Carago. Água-mãe. *Anacardium occidentale*.

## ABSTRACT

The salt industry installed in the state of Rio Grande Norte is responsible for more than 90% of the production of salt (sodium chloride) in Brazil. However, it generates the production of by-products that are discarded in rivers, seas and in the soil without any treatment, but they are rich in  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and S, essential nutrients for plant growth. Cashew is a relevant crop for the Northeast region of Brazil, however, even cultivated in low fertility soils, there are gaps in the literature regarding its mineral nutrition, especially in the initial phase of growth. In this sense, this work aimed to study the technical feasibility of using residues from the salt industry as a source of calcium and magnesium for the initial cultivation of early dwarf cashew. A test was carried out in a greenhouse at the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró - RN, during the period from April 22 to October 15, 2021. Four doses of carago were tested, determined to reach 40% (without application); 50; 70 and 90% base saturation. A standard dose of mother liquor corresponding to 100% of the recommended magnesium was added to each tested dose, equivalent to the concentration in the soil of  $1.0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  of magnesium. Four doses of mother liquor were also tested, determined according to the need for magnesium in the soil to raise levels to 0.26 (without application); 0.5; 1.0 and  $2.0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , added a standard dosage of carago to raise the sum of bases to 70%. In addition to an absolute control, which was the original soil, a treatment with a commercial product, made with agricultural gypsum, was tested to raise the sum of bases to 70% of CEC and elevation of Mg to  $1.0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  using sulfate of magnesium. Each plot consisted of two pots containing 11 L of soil material, with two plants in each initially, leaving only one plant after 60 days, with treatments repeated four times. Evaluations regarding plant growth, physiology and mineral nutrition were carried out at 60 days after sowing (DAS) and at 174 DAS, as well as chemical characteristics of the soil. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA). Regression equations were used for carago and mother liquor doses. The absolute control was compared with carago and mother liquor doses and the commercial treatment by the mean test (Dunnett,  $\alpha=0.05$ ). Carago and mother liquor showed potential for correction of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  in the soil, respectively. The carago potentiated the concentration of S in the soil in the 0-20 cm and 20-40 cm layers. And these residues did not negatively affect the salinity of the soil. The variables associated with growth and gas exchange were not affected by the treatments tested, except for the diameter at 174 DAS.

**Keywords:** Sea salt. Damn. Mother water. *Anacardium occidentale*.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Fluxograma geral do processo da industrialização do sal. ....	19
<b>Figura 2-</b> Temperatura média (°C) e umidade média (%) ocorrida durante o período de condução do ensaio.....	24
<b>Figura 3-</b> Localização da casa de vegetal utilizada para instalação do ensaio (A). Experimento instalado na casa de vegetação (B). UFERSA, Mossoró-RN.....	25
<b>Figura 4-</b> Avaliação da altura de planta (A) e diâmetro do caule (B). ....	30
<b>Figura 5 -</b> Medição do comprimento (A) e largura (B) de folha para avaliação da área foliar. Folhas passando na esteira do medidor de área foliar (C). Leituras das trocas gasosas utilizando o IRGA em folhas totalmente expandidas (D). ....	31
<b>Figura 6-</b> Coleta das folhas e caule da primeira planta (A), pesagem da massa seca (B). ....	32
<b>Figura 7-</b> Moinho tipo Willey (A), mufla (B) e amostras sendo diluídas em ácido nítrico e filtradas (C).....	32
<b>Figura 8-</b> Coleta do solo com cano marcando 10 e 20 cm (A, B) e preparo das amostras de solo, secagem, destorroamento e peneiramento (C). ....	33
<b>Figura 9-</b> Altura da planta (A), diâmetro do caule (B), número de folhas (C), área foliar (D), massa seca da folha- MSF (E) e massa seca do caule- MSC (F) de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021. ....	36
<b>Figura 10-</b> Taxa de transpiração (A), condutância estomática (B) e taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (C) de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.....	39
<b>Figura 11-</b> Temperatura da folha- Tleaf (A) déficit de pressão de vapor- VDP (B), eficiência instantânea do uso da água- EUA (C) eficiência intrínseca do uso da água- EiUA (D) de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021. ....	40
<b>Figura 12-</b> Teor de cálcio- Ca <sup>2+</sup> (A), magnésio- Mg <sup>2+</sup> (B), enxofre- S (C) e fósforo-P (D), sódio-Na <sup>+</sup> (E) e potássio- K <sup>+</sup> (F) na folha de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.	42
<b>Figura 13-</b> Teor de cálcio- Ca <sup>2+</sup> (A), magnésio- Mg <sup>2+</sup> (B), enxofre- S (C) e fósforo-P (D), sódio-Na <sup>+</sup> (E) e potássio- K <sup>+</sup> (F) no caule de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.	46

<b>Figura 14-</b> Potencial hidrogeniônico- pH (A), condutividade elétrica- CE (B), hidrogênio + alumínio (C), alumínio- Al (D), sódio- Na <sup>+</sup> (E) e potássio- K <sup>+</sup> (F) em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 0-10 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.....	49
<b>Figura 15-</b> Teor de cálcio- Ca <sup>2+</sup> (A), magnésio- Mg <sup>2+</sup> (B), enxofre- S (C) e fósforo- P em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 0-10 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.....	51
<b>Figura 16-</b> Potencial hidrogeniônico- pH (A), condutividade elétrica- CE (B), hidrogênio + alumínio (C), alumínio- Al <sup>3+</sup> (D), sódio- Na <sup>+</sup> (E) e potássio- K <sup>+</sup> (F) em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 10-20 cm do solo. Mossoró-RN, 2021. ....	54
<b>Figura 17-</b> Teor de cálcio- Ca <sup>2+</sup> (A), magnésio- Mg <sup>2+</sup> (B), enxofre- S (C) e fósforo- P (D) em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 10-20 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.....	56
<b>Figura 18-</b> Altura da planta (A) e diâmetro do caule (B) de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021. ....	58
<b>Figura 19-</b> Teor de cálcio- Ca <sup>2+</sup> (A), magnésio- Mg <sup>2+</sup> (B), enxofre- S (C), potássio- K <sup>+</sup> (E) e sódio- Na <sup>+</sup> (E) na folha de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.....	59
<b>Figura 20-</b> Teor de cálcio- Ca <sup>2+</sup> (A), magnésio- Mg <sup>2+</sup> (B), enxofre- S (C) e sódio-Na <sup>+</sup> (D) em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 0-20 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.....	62
<b>Figura 21-</b> Teor de cálcio- Ca <sup>2+</sup> em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 20-40 cm do solo. Mossoró-RN, 2021. ....	65

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Atributos químicos do solo utilizado no ensaio. ....	25
<b>Tabela 2-</b> Caracterização química do carago seco a 65° C.....	26
<b>Tabela 3-</b> Caracterização química da água-mãe coletada na salina Iracema próxima a região de Areia Branca-RN. A água-mãe coletada apresentou densidade de 35 ° Bé. ....	26
<b>Tabela 4-</b> Concentração final do solo calculado que deveria ficar após aplicação dos corretivos e suas doses aplicadas.....	27
<b>Tabela 5-</b> Média dos dados e ANOVA para as variáveis de crescimento.....	35
<b>Tabela 6-</b> Média dos dados e resumo da ANOVA para variáveis de trocas gasosas. ....	38
<b>Tabela 7-</b> Média dos dados e resumo da ANOVA para os nutrientes na folha. ....	41
<b>Tabela 8-</b> Média dos dados e ANOVA para os nutrientes no caule. ....	45
<b>Tabela 9-</b> Média dos dados e ANOVA para os nutrientes analisados na camada de 0-10 cm. ....	48
<b>Tabela 10-</b> Média dos dados e ANOVA para os nutrientes analisados na camada de 10-20 cm. ....	53
<b>Tabela 11-</b> Média dos dados e ANOVA para altura e diâmetro.....	57
<b>Tabela 12-</b> Média dos dados e ANOVA para os nutrientes na folha.....	60
<b>Tabela 13-</b> Média dos dados e resumo da ANOVA para os nutrientes analisados na camada de 0-20 cm e 20-40 cm. ....	63

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Área Foliar
Al <sup>3+</sup>	Alumínio
AlSO <sup>4</sup>	Sulfato de Alumínio
A.M	Água-mãe
ANOVA	Análise de Variância
Bé	Graus Baumé
BSwh	Classificação Climática de Köppen
C	Carago
Ca <sup>+2</sup>	Cálcio
CaO	Óxido de Cálcio
CE	Condutividade Elétrica
CCP 76	Clone de cajueiro anão-precoce
CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	Ureia
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro Quadrado
Cmol <sub>c</sub>	Centimol de Carga
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
CV	Coefficiente de Variação
DAS	Dias Após a Semeadura
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
Dm <sup>-3</sup>	Decímetro Cúbico
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DPV	Força Motriz
D.s.m <sup>-1</sup>	DeciSiemens por Metro
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Eficiência Instantânea do Uso de Água
EiUA	Eficiência Intrínseca do Uso de Água
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
g	Gramas
g/L	Gramas por Litro
gs	Condutância Estomática

H <sup>+</sup>	Hidrogênio
h	Hora
ha <sup>-1</sup>	Hectare
H <sub>2</sub> O	Fórmula da Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
K <sup>+</sup>	Potássio (K <sup>+</sup> )
KNO <sub>3</sub>	Nitrato de Potássio
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfato de Potássio
Kg	Quilograma
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico
mL	Mililitro
mm	Milímetro
MAP	Fosfato Monoamônico
MAPK	Proteína-Quinases Ativadas por Mitógenos
mg	Miligrama
Mg <sup>+2</sup>	Magnésio
MgCO <sub>3</sub>	Carbonato de Magnésio
MgCl <sub>2</sub>	Cloreto de Magnésio
MgSO <sub>4</sub>	Sulfato de Magnésio
N	Nitrogênio
Na <sup>+</sup>	Sódio
NaBr	Brometo de Sódio
NaCl	Cloreto de Sódio
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato de Amônio Monobásico
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPM	Concentração em Partes por Milhão
PVC	Policloreto de vinila
Quadr.	Quadrática
RN	Rio Grande do Norte
ROS	Espécies Reativas de Oxigênio
S	Enxofre
SO <sub>3</sub>	Trióxido de Enxofre

Trat	Tratamento
TNT	Tecido Não Tecido
Tleaf	Temperatura da Folha
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
VPD	Déficit de Pressão de Vapor
W	Oeste

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$	Alfa
*	Asterisco
®	Marca registrada
%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
$\mu$	Micro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 Aspectos gerais da atividade salineira</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2 Rejeitos da produção do sal</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.1 Carago/gipsita</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.2 Água-mãe</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3 Aspectos gerais da cultura do cajueiro</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4 Cálcio e magnésio nas plantas</b> .....	<b>23</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1 Local de estudo, coleta e caracterização do solo e dos resíduos.</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2 Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3 Instalação e condução do experimento</b> .....	<b>28</b>
<b>3.4 Variáveis avaliadas</b> .....	<b>29</b>
<b>3.4.1 Primeira etapa</b> .....	<b>29</b>
<b>3.4.2 Segunda etapa de coleta de dados</b> .....	<b>33</b>
<b>3.5 Análise estatística</b> .....	<b>33</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1 Primeira etapa de avaliação (ponto de enxertia)</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1.1 Crescimento</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1.2 Trocas gasosas</b> .....	<b>37</b>
<b>4.1.3 Nutrientes na folha</b> .....	<b>40</b>
<b>4.1.4 Nutrientes no caule</b> .....	<b>44</b>
<b>4.1.5 Química do solo (camada de 0-10 cm)</b> .....	<b>47</b>
<b>4.1.6 Química do solo (camada de 10-20 cm)</b> .....	<b>52</b>
<b>4.2 Segunda etapa de avaliação</b> .....	<b>57</b>
<b>4.2.1 Altura e diâmetro</b> .....	<b>57</b>
<b>4.2.2 Nutrientes na folha</b> .....	<b>58</b>
<b>4.2.3 Química do solo (camada de 0-20 cm)</b> .....	<b>61</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>66</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O sal marinho é um produto não perecível, com uso significativo pela população, obtido de fonte renovável e inesgotável. No Brasil, a indústria salineira constitui uma forte atividade socioeconômica, com destaque para a Região Nordeste, sendo o Rio Grande do Norte o estado nordestino com maior produção de sal, fabricando cerca de 95% da produção total do país (DNPM, 2016). Desta totalidade, aproximadamente 13,5% são exportados para países como a Nigéria, Estados Unidos, Canadá e Uruguai (ALVES, 2011).

Na produção do sal, dois tipos de resíduos são descartados: o carago/gipsita (sulfato de cálcio di-hidratado) e a água-mãe, que podem ocasionar problemas ao meio ambiente, tais como atingir manguezais, poluição das águas (mares e rios) e do solo (SILVA et al., 2017; SILVA, 2019). Desta forma, considerando a importância da produção salina para a economia nacional, mais atenção deve ser dada às questões ambientais, visando a contribuir para uma produção sustentável (PINHEIRO, 2016).

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é frutífera genuinamente brasileira de impacto social e econômico para região nordeste do país (SOUSA, 2018; SANTOS et al., 2019). O Brasil está entre os principais produtores de castanha de caju no mundo, ocupando a sétima posição, de acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAOSTAT, 2020). No entanto, em termos de produtividade, apresenta baixo rendimento comparando-se a países como Nigéria, Índia e Costa do Marfim (SANTOS, 2017; AMORIM, 2019). Dentre os fatores que acarretam baixo rendimento no Brasil, podemos citar o fato dos pomares serem, em grande parte, formados por plantas gigantes de pé-franco (SERRANO & PESSOA, 2016). Atualmente, embora os agricultores possuam genótipos melhorados, estes ainda resultam em baixa produtividade (COSTA, 2019).

A ausência de informações e da adoção de técnicas de cultivo, a acidez natural e a baixa fertilidade dos solos brasileiros comprometem o sucesso das plantas melhoradas, as quais demandam maior aporte de nutrientes para desempenhar plenamente seu potencial genético (NATALE et al., 2012). Outrossim, para atingirem bom rendimento os clones requerem o uso da irrigação, que nem sempre é feita adequadamente devido à escassez hídrica (ARAÚJO, 2017). No entanto, ressalta-se que o custo do fertilizante e a ausência de quantidades significativas de resultados experimentais são os principais fatores que provocam a não utilização de adubação no cajueiro. Todavia, o uso de corretivos do solo e fertilizantes, aliado a cultivares mais produtivas, pode ajudar a melhorar seu sistema de produção

(OLIVEIRA et al., 2013; SOARES et al., 2014).

A qualidade das mudas de cajueiro influencia diretamente na produtividade do pomar e qualidade do fruto, e quando é baixa, acarreta maiores custos de manutenção (SANTOS, 2017). De acordo com Soares et al. (2014), o desenvolvimento de métodos e tecnologias que auxiliam na obtenção de mudas mais vigorosas pode melhorar o desempenho e crescimento das plantas em campo, resultando em plantas com maior homogeneidade, sanidade e menor mortalidade após o pomar estar instalado.

Buscar informações acerca do comportamento de resíduos que não têm finalidade tecnológica ou comercial, em solos de baixa fertilidade, visando à sua utilização na agricultura, atendendo às necessidades de correção de solo, suprimento de nutrientes como cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) é de fundamental importância, pois pode possibilitar a redução dos impactos ambientais negativos provocados pelo descarte destes resíduos e a obtenção de mais informações para uso como fertilizantes ecológicos. Com base no exposto, neste trabalho objetivou-se estudar a viabilidade técnica do aproveitamento de resíduos da indústria salineira como fonte de cálcio e magnésio para o cultivo inicial do cajueiro anão precoce.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Aspectos gerais da atividade salineira**

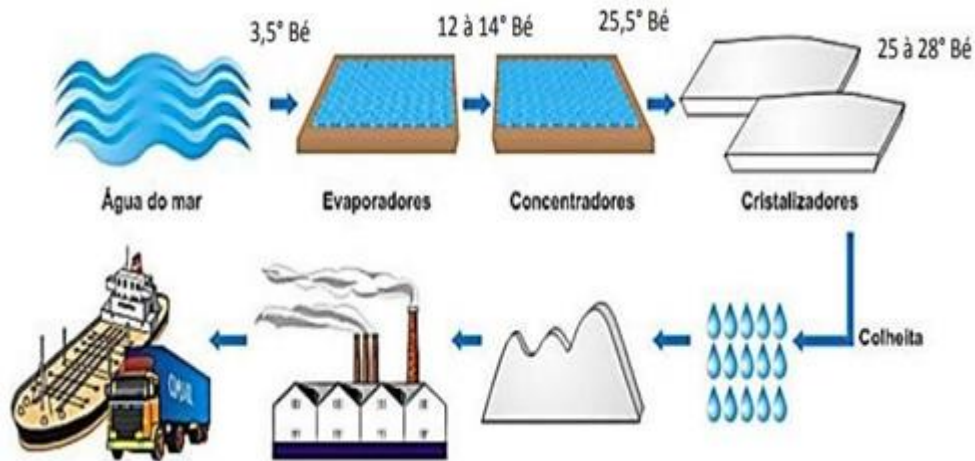
Há milhares de anos o homem tem feito uso das salinas, e as primeiras referências à extração de sal da água do mar vieram da China (COSTA et al., 2013). A China e os Estados Unidos são os maiores produtores de sal e o Brasil ocupa a oitava posição no ranking de produção mundial (MENDES et al., 2012).

No Brasil, a produção de sal é concentrada praticamente no Rio Grande do Norte, produzindo em média anualmente 6,0 milhões toneladas, segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2016). Seis municípios deste estado têm destaque para produção salineira no país; por serem localizadas no litoral setentrional da região, estas cidades se qualificam com excelência para produzirem o sal, com mercado tanto nacional quanto para exportação (MAIA, 2011). Estas cidades apresentam condições edafoclimáticas favoráveis para prática dessa atividade, como temperatura elevada, ventos constantes, pouca chuva com solos planos e baixa permeabilidade (FERNANDES et al, 2020).

Esta atividade é responsável por empregar de forma direta e indireta mais que 70.000 pessoas. O sal apresenta uma diversidade de usos, como a produção de cloro, hidróxido de sódio, soda cáustica, vidro, plástico, sabão, fabricação de papel e celulose, tratamento de água, indústria química e têxtil, tendo comprovação em mais de 14000 aplicações (DNPM, 2016; RIBEIRO et al., 2016; PEREIRA, 2017), incluindo-se o consumo humano alimentício e pecuarista.

O sal é proveniente do mar e também das rochas, recebendo as denominações de sal marinho e salmeça, respectivamente, apresentando quase a mesma composição (ALVES, 2011). A principal fonte é o mar, as áreas de manejo da extração do sal marinho recebem o nome de salinas, sendo a evaporação solar o método mais tradicional de obtenção (LOPES, 2010; MEDEIROS et al., 2018). Além da energia solar, utiliza-se a energia eólica para se realizar a evaporação da água marinha, com posterior cristalização e precipitação do cloreto de sódio em um cristalizador, onde é coletado e lavado para eliminação das impurezas (SILVA, 2001). Podemos observar a seguir as etapas no fluxograma geral do processo da industrialização do sal pelas salineiras na Figura 1.

**Figura 1-** Fluxograma geral do processo da industrialização do sal.



Fonte: Adaptado por Pereira (2017).

## 2.2 Rejeitos da produção do sal

Os rejeitos da produção do sal são o carago e a água-mãe, além de materiais orgânicos, os quais são eliminados por precipitação. Na fase de produção deste produto, nos evaporadores o carago inicia sua precipitação quando atinge 25° graus baumé (Bé), neste momento em que ele é depositado no fundo do tanque de armazenamento. Devido à grande quantidade que é produzida, este rejeito constitui um problema na produção, devendo ser retirado do local (SILVA, 2001; SALINOR, 2020). Após o início da precipitação do sal, ou seja, a cristalização (25 a 28 °Bé), 50 a 60% do cloreto de sódio são precipitados, quando é feita a drenagem da água-mãe para o mar (ALVES, 2011). De acordo com o autor citado, este descarte é realizado para se evitar que o magnésio presente nesta água cristalize junto ao sal e prejudique o processo.

### 2.2.1 Carago/gipsita

Gomes et al. (2020) estimam que em cerca de 100 partes de H<sub>2</sub>O existem 3,5 tipos de minerais na solução e em 100 partes do sal contém 3,6 partes de carago. Estes autores relatam que este subproduto residual tem sido dispensado no solo sem qualquer isolamento da área, ou descartado diretamente no mar ou rio. A utilização do carago na indústria cimenteira como gesso pode ser viabilizada se este resíduo for submetido a processo de calcinação (GOMES, 2012).

Costa et al. (2013) constataram que o carago das salinas possui qualidade semelhante

ao gesso comercial. Diante disto, se sugere seu uso na agricultura na medida em que apresenta como vantagens ser ambientalmente sustentável, de fácil obtenção e com baixo custo de aquisição. Resultados de pesquisa têm evidenciado a eficiência do gesso em aumentar os teores de cálcio e enxofre, além de transportar nutrientes catiônicos para subsuperfície do solo e redução o alumínio tóxico no perfil do solo (FARIA et al., 2003; AMARAL et al., 2017).

O gesso, por apresentar rápida mobilidade após ser dissolvido no solo, favorece a maior exploração do solo pelas raízes, permitindo, por conseguinte, que as plantas tenham maior absorção de água, o que contribui para o crescimento e aumento da produtividade das culturas (RAMPIM et al., 2013). Além disto, por fornecer um maior suprimento de  $\text{Ca}^{2+}$ , contribui para tornar as plantas mais tolerantes aos estresses abióticos impostos pelo déficit hídrico, uma vez que o cálcio atua como sinalizador a estresses, além das demais funções estruturais que este nutriente desempenha nas plantas. De acordo com Inagaki (2016), pesquisas experimentais em campo mostraram que em virtude da redução do  $\text{Al}^{+3}$  e incremento de  $\text{Ca}^{2+}$ , ocorre uma contribuição indireta na biomassa aérea e radicular.

Faria et al. (2003), estudando a ação do calcário e gesso nas características do solo, verificaram que quando aplicados conjuntamente promoveram incrementos no pH e nos níveis de  $\text{Ca}^{2+}$  (aumento de 60%), com redução do alumínio (até 68,7%), o que colabora para melhorar o solo em profundidade. Vale destacar que o gesso agrícola não tem o objetivo de corrigir acidez do solo (COSTA, 2017). Amaral et al. (2017) verificaram que o gesso agrícola tem a capacidade de reduzir o alumínio tóxico no solo até nas camadas mais profundas (até 40 cm). Nesse trabalho, os autores verificaram a neutralização do alumínio a partir da dose mínima de gesso em um Latossolo Vermelho distroférico. Outros autores também verificaram diminuição dos teores de alumínio pela aplicação do gesso (RAMPIM et al., 2013; NORA et al., 2014). Essa diminuição é um indicativo do possível efeito do gesso no solo para converter o alumínio tóxico em compostos mais estáveis, que são menos tóxicos para as plantas (INAGAKI, 2016).

O alumínio tóxico pode provocar problemas para o crescimento das plantas, bem como interferir na translocação de outros nutrientes essenciais; Oliveira et al. (2002) citam que o solo ácido, juntamente ao  $\text{Al}^{3+}$ , provoca a formação de combinações químicas que prejudicam a translocação de fósforo e potássio.

### 2.2.2 Água-mãe

O mineral magnesita ( $MgCO_3$ ) é a fonte principal de magnésio, com 47,8% de  $MgO$  em sua composição, podendo ser obtido também das olivinas e da água-mãe (DNPM, 2001). A chamada água-mãe é a salmoura gerada na produção de sal nas salinas, que ao atingir 25 °Bé é drenada para o mar, pois neste nível apresenta grande tendência de formar compostos de Sulfato de magnésio ( $MgSO_4$ ), Brometo de sódio ( $NaBr$ ), Cloreto de magnésio ( $MgCl_2$ ) e elevar a concentração de Cloreto de potássio ( $KCl$ ) (SILVA, 2001). Fernandes et al. (2020) observaram na composição da água-mãe 82,8g/L e 62,3g/L de  $MgCl_2$  e  $MgSO_4$ , respectivamente. Segundo Ferrari (2002), anualmente oito milhões de  $m^3$  de água-mãe são jogados no mar, sendo assim totalmente desperdiçada. Contudo, a água-mãe vem sendo indicada para uso industrial no setor salineiro para produção de óxido de magnésio, pois além de possuir valores expressivos desse elemento ela é isenta de qualquer uso ou tratamento (FERNANDES et al., 2020).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) é responsável por monitorar o descarte da água-mãe por meio de satélites, pois só pode ser descartado na maré alta, na medida em que contém elevados teores nítricos que são nocivos à biota marinha, podendo promover a destruição de plantas e animais e resultando em danos irreparáveis a todo o meio ambiente do rio caso não seja feita desta forma o descarte (SILVA, 2019). Além disto, de acordo com o previsto na licença ambiental, a água-mãe só pode ter seu descarte durante quatro horas por dia (SILVA et al., 2017). Nos anos de 1986 a 1996, o descarte das águas-mãe contribuiu para a redução de 28 ha nas áreas de mangue da cidade de Grossos-RN (PETTA et al., 2004).

### 2.3 Aspectos gerais da cultura do cajueiro

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é pertencente ao gênero sapindales e à família Anacardiaceae. É uma fruteira originária da América tropical de ocorrência natural no Brasil (SANTOS et al., 2019). O cajueiro é uma árvore frutífera de clima tropical e é exigente em calor, cuja temperatura média de melhor desenvolvimento é de 27 °C, suportando temperaturas na faixa de 33 a 35 °C (AMORIM, 2019). É uma planta de ciclo perene e possui tamanhos diversos (PINHO, 2018).

Solos bem-drenados com boas quantidades de nutrientes e que não tenham toxicidade por alumínio, pH entre 4,5 - 6,5, com uma saturação por bases de pelo menos 25%, e CTC

superior a 8 cmol/dm<sup>3</sup> solo são considerado por Barros et al. (1993) como mais apropriados para esta cultura.

Os cajueiros-anão-precoce e o comum são os dois tipos comercializados no Brasil e são pertencentes à única espécie do gênero *A. occidentale* a ser explorada de forma econômica (FREITAS, 2014). O principal produto é amêndoa da castanha, que é seu fruto verdadeiro, o pedúnculo também é utilizado na produção de sucos, polpas, doces, além de ser retirado o líquido da casca para produção de tinta, verniz, resina fenólica e pó de fricção (MENDONÇA; MENDONÇA, 2013).

Os principais produtores brasileiros de caju são o estado do Ceará, Piauí e o Rio Grande do Norte, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). O Brasil produziu anualmente entre os anos de 1994 a 2018 em média 108.712,3 toneladas, segundo os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2018). Em 2020, obteve uma produção de 151,2 mil toneladas, com aumento de 8,5% em relação ao ano anterior, porque seu cultivo é na maioria em sequeiro e naquele ano no Nordeste choveu mais e de forma regular, contribuindo para o aumento. Porém, até décadas atrás, a cultura do cajueiro foi considerada sem desempenho econômico, no entanto, em 1968 teve início no aumento das áreas de exploração, chegando nos dias mais atuais a se tornar uma das principais oportunidades de emprego no Nordeste do país, sendo a atividade desenvolvida principalmente por pequenos agricultores, além da ocorrência da colheita na entressafra de outras culturas, auxiliando na fixação do homem ao campo (OLIVEIRA et al., 2013; ALMEIDA, 2017). No entanto, a maioria dos pomares de cajueiros ainda é velha, com plantas gigantes oriundas de sementes, além do baixo uso de tecnologias e manejos, o que resulta ainda numa baixa produtividade.

No início do seu desenvolvimento comercial, os produtores não conheciam o suficiente sobre esta cultura, o que se refletiu de forma negativa nos dias atuais no Nordeste do Brasil (COSTA, 2019). Todavia, apesar do cajueiro ser considerado uma planta rústica, para viabilizar economicamente seu cultivo e aumentar sua produtividade, é importante adotar técnicas de cultivo (SERRANO; OLIVEIRA, 2013). Na Nigéria, os teores de nutrientes nas folhas e castanhas nas principais áreas de produção de cajus estão abaixo da faixa considerada apropriada, o que se reflete seu plantio em solo de baixa fertilidade (AIKPOKPODION et al., 2009).

## 2.4 Cálcio e magnésio nas plantas

O cálcio está presente em todas as partes da planta, atuando como sinalizador (mensageiro secundário) a *estresses* como o déficit hídrico, sinalizador de hormônios e confere a rigidez estrutural (COSTA, 2017; GIROTTO, 2019). Tem participação nas respostas ao estresse na cascata MAPK, que atua junto com fatores de transcrição gênica envolvidos na regulação da tolerância ao sal, com produtos que podem possibilitar equilíbrio entre a geração e remoção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e na estabilização da homeostase osmótica (SOUZA, 2012). É componente da lamela média da parede das células, é importante como cofator de algumas enzimas (TAIZ et al., 2017). Os sintomas de deficiência de  $\text{Ca}^{2+}$  na cultura do cajueiro progridem lentamente, apesar de surgir prematuramente na planta, com os sintomas surgindo nas folhas mais novas, onde é formado ondulações nas bordas que se dobram para o interior da folha e entre as nervuras (OLIVEIRA et al., 2000). Devido à baixa mobilidade do cálcio no floema da planta, o suprimento deste nutriente é requerido frequentemente (LACERDA, 2007).

O magnésio é necessário à ativação de enzimas (mais de 300) que atuam na transferência de fosfato, na respiração vegetal, fotossíntese e síntese de ácidos nucleicos, além de fazer parte da composição da clorofila (LACERDA, 2007; EMBRAPA, 2020). É um nutriente fundamental para ativação da Rubisco, enzima que catalisa a primeira grande etapa de fixação de carbono na planta. Esta enzima é essencial para as plantas e a mais abundante na terra, interferindo na regulação de potenciais osmóticos e controle de permeabilidade das membranas (BUCHANAN, GRUISSEM, JONES, 2015). Os sintomas apresentados em sua carência são caracterizados por clorose internerval, com início na nervura principal e progredindo até a borda das folhas mais velhas, uma vez que este nutriente é móvel no floema (EMBRAPA, 2020).

Oliveira et al. (2013) apresentaram os nutrientes mais exportados pelo cajueiro na seguinte sequência:  $\text{N} > \text{K} > \text{P} = \text{Mg} > \text{S} > \text{Ca}$ . Cavalcante Júnior et al (2002) determinaram os acúmulos de nutrientes em diferentes genótipos de cajueiro aos sessenta dias de semeadura na seguinte ordem:  $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{S}$ . Corroborando com o apresentado por estes autores, Natale e Rozane (2018), analisando dados nacionais, relataram que o cálcio ( $\text{Ca}$ : 2-8  $\text{g kg}^{-1}$ ) está na quarta e o magnésio ( $\text{Mg}$ : 2,3-3,1  $\text{g kg}^{-1}$ ) na quinta posição da faixa apropriada dos macronutrientes nas folhas maduras do cajueiro colhidas e analisadas no verão. No entanto, estes autores relatam uma divergência dos resultados em alguns trabalhos.



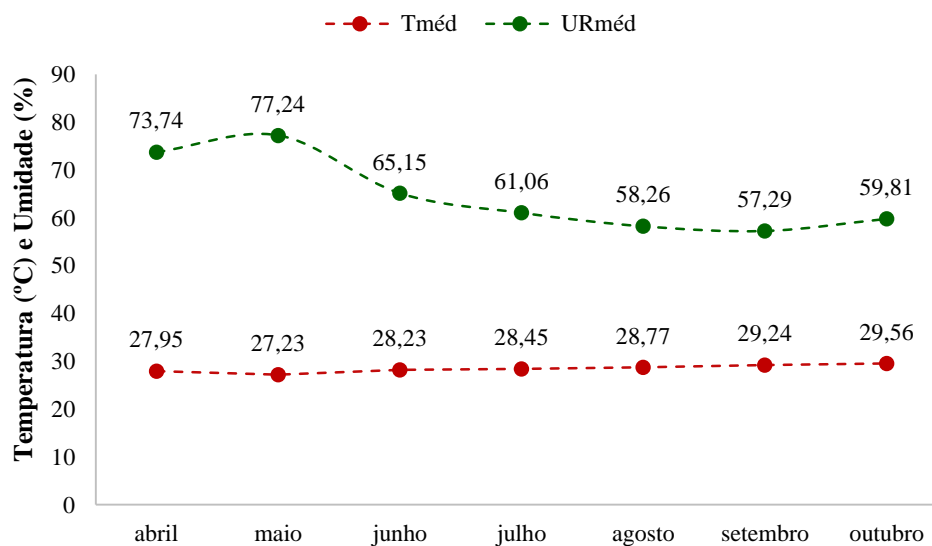
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de estudo, coleta e caracterização do solo e dos resíduos

O ensaio foi desenvolvido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró-RN, localizada a 6° 47' 57" S e 38° 40' 23" W (Figura 3A, 3B). A casa de vegetação possui 7,0 x 24 m, pé direito de 3,5 m, cobertura em arco de polietileno transparente tipo difusor de 150 micras e laterais de sombrite tipo monofilar com 50% de sombreamento. O clima da região é semiárido, caracterizado por Köppen como quente e seco do tipo BSwH. A precipitação anual média é estimada em 673,9 mm, a temperatura média de 27 °C e umidade relativa do ar média de 68,9 % (ALVARES, 2013).

A temperatura e umidade média ocorrida durante o período de condução da pesquisa estão representadas na Figura 2.

**Figura 2-** Temperatura média (°C) e umidade média (%) ocorrida durante o período de condução do ensaio.



Fonte: Dados obtidos na estação meteorológica da UFERSA, Mossoró-RN, 2021.

**Figura 3-** Localização da casa de vegetal utilizada para instalação do ensaio (A). Experimento instalado na casa de vegetação (B). UFERSA, Mossoró-RN.



Fonte: (A) Google earth (2021); (B) Própria do Autor (2021).

O solo utilizado é um Latossolo Vermelho-Amarelo, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do solo da Embrapa (2018). O solo foi adquirido nas proximidades do município de Serra do Mel-RN. Uma amostra composta desse solo foi posta para secagem ao ar livre, seguida de destorroamento e passada em peneira de malha de 2 mm. Após essa etapa, a amostra foi analisada quimicamente por meio de procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (TEIXEIRA et al., 2017). Foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH) em H<sub>2</sub>O, condutividade elétrica (CE) pela suspensão solo-água, os teores de fósforo (P) disponível, cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) trocáveis, hidrogênio (H<sup>+</sup>) + alumínio (Al<sup>3+</sup>) e alumínio (Al<sup>3+</sup>), com os resultados expostos na Tabela 1.

**Tabela 1-** Atributos químicos do solo utilizado no ensaio.

pH	CE <sub>1:2,5</sub>	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>
H <sub>2</sub> O	μS cm <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
5,5	70,33	0,21	0,07	0,07	0,64	0,26	1,03	1,54	0,05

Fonte: Própria do autor (2021). Serra do Mel-RN, 2021.

O carago e a água-mãe foram coletados na salina Iracema, localizada na região próxima à cidade de Areia Branca – RN, no ano de 2019. Em parceria a esta pesquisa, outros dois trabalhos de tese foram desenvolvidos. Um destes estudando a água-mãe e outro, o carago. Assim, foi fornecida por esses autores a composição química do carago e água-mãe (COSTA, 2021; SANTOS, 2021), destacando que a análise é referênte ao mesmo material utilizado nesta pesquisa. Para realização da análise química, o carago foi triturado e seco a 65° C, dissolvido na proporção de 1,0 g/L de água destilada (Tabela 2). A caracterização

química da água-mãe a 35 ° Bé está representada na Tabela 3.

**Tabela 2-** Caracterização química do carago seco a 65° C.

CE*	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	S	HCO <sub>3</sub>	B	Cl <sup>-</sup>	Cu	Mn	Fe	Zn	Ni	Cd	Pb	
dS m <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>									
1,35	7,4	8,1	0,65	204,5	12	85,2	33,5	0,21	186,1	0	0	10,3	84,3	2,9	2,8	0,7	9,15

\* Passado em peneira de 20 mesh. Dissolvido em água na concentração de 1,0 g/L.

Fonte: Costa (2021).

**Tabela 3-** Caracterização química da água-mãe coletada na salina Iracema próxima a região de Areia Branca-RN. A água-mãe coletada apresentou densidade de 35 ° Bé.

pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>
H <sub>2</sub> O	dS m <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
8,60	770	17,0	10,9	2,0	81,0	206,0	1,90	0,80

Fonte: Santos (2021).

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). As plantas foram conduzidas em vasos de policloreto de vinila (PVC) de capacidade de 11 litros com 50 cm de altura e 20 cm de diâmetro, torneiras com registro em sua base para controlar a drenagem. O volume do vaso foi determinado visando a analisar a planta na fase inicial de crescimento (até 174 dias após a semeadura- DAS) e poder analisar o efeito do carago na liberação de cálcio na profundidade de 40 cm. Cada parcela constou de dois vasos com duas plantas em cada vaso, com quatro repetições, totalizando 144 plantas inicialmente. Ao atingir o ponto de enxertia, uma das plantas de cada vaso foi coletada para análises, permanecendo somente uma planta por vaso até o final do cultivo (72 plantas).

Foram testadas quatro doses de carago determinadas para atingir 40% (sem aplicação); 50; 70 e 90% de saturação de bases. A cada dose testada, foi adicionada uma dose padrão de água-mãe correspondente a 100% do magnésio recomendado, equivalente à concentração no solo de 1,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> de magnésio. Também foram testadas quatro doses de água-mãe, determinadas em função da necessidade de magnésio no solo para elevar os níveis a 0,26 (sem

aplicação); 0,5; 1,0 e 2,0  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , acrescentado uma dosagem padrão de carago para elevar a soma de bases a 70%. Além de uma testemunha absoluta, que foi o solo original, testou-se um tratamento com produto comercial, feito com gesso agrícola, para elevar a soma de bases para 70% da CTC e elevação do Mg para 1,0  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  usando sulfato de magnésio. O tratamento comercial foi utilizado para compará-lo com a testemunha. No total, foram testados nove tratamentos, pois há um tratamento comum entre as doses de carago e água-mãe, sendo este a dose padrão de carago (70% da soma de bases) + a dose padrão de água-mãe (1,0  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ). Assim, por este contraste se repetir, foi aplicado apenas uma vez.

A correção do solo, por meio dos tratamentos, foi feita com base na recomendação de Holanda et al. (2017) para correção do teor de cálcio e magnésio em solos do grupo Barreiras, como o latossolo, utilizando como fonte de cálcio o carago e de magnésio a água-mãe.

Na Tabela 4, foram calculadas as concentrações de cálcio e magnésio no solo estimada pela aplicação das doses de carago e água-mãe. Tais informações foram utilizadas para confecção dos gráficos, pois as doses de carago e água-mãe estão em unidades diferentes (g/vaso e mL/vaso, respectivamente).

**Tabela 4-** Concentração final do solo calculado que deveria ficar após aplicação dos corretivos e suas doses aplicadas.

Concentração de $\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )		Concentração de $\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ )	
<b>C0</b>	0,64	A.M0	0,26
<b>C1</b>	1,26	A.M1	0,5
<b>C2</b>	1,76	A.M2	1,0
<b>C3</b>	2,27	A.M3	2,0
Doses de carago (g/vaso)		Doses de água-mãe (mL/vaso)	
<b>C0</b>	0	A.M0	0
<b>C1</b>	3,47	A.M1	4,94
<b>C2</b>	6,25	A.M2	10
<b>C3</b>	11,8	A.M3	19,74

C- Carago e A.M- Água-Mãe. Os níveis C2 e A.M2 são as doses consideradas padrões conforme Holanda et al. (2017).

### 3.3 Instalação e condução do experimento

O ensaio foi instalado em 22 de abril e conduzido até o dia 15 de outubro de 2021. Houve duas etapas de avaliação, sendo a primeira aos 60 DAS e 114 após a primeira etapa, objetivando avaliar a planta na fase de muda e em um período maior de crescimento.

Para enchimento dos vasos, o solo foi seco ao ar, peneirado e homogeneizado. Uma camada de brita foi posta nos primeiros 5 cm dos vasos e cobertos com uma manta do tipo tecido não tecido (TNT).

O carago inicialmente foi passado em peneira de 20 mesh, sua aplicação foi feita nos primeiros 20 cm de solo, misturando-se a essa camada as doses correspondentes a cada tratamento. A adubação de fundação foi realizada conjuntamente à adição dos tratamentos com carago, utilizando as fontes fosfato monoamônico-  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (MAP) e sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) para fornecimento de fósforo (2,61 g de MAP) e potássio (1,78 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), respectivamente, com base na análise de solo. Durante o experimento, aplicou-se nitrogênio de forma parcelada utilizando como fontes a ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) e o nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) na dose de 2,8 g e 4,54 g, respectivamente, juntamente com duas aplicações de fósforo (1,64 g de MAP).

A água-mãe foi diluída em água destilada (proporção 1:11) no volume que fosse suficiente para todas as repetições. Para sua aplicação, foi calculado o volume que correspondesse a cada tratamento (50, 100 e 200 mL, que corresponderam às doses 4,94, 10 e 19,74 mL/vaso de água-mãe, respectivamente). A estas quantidades, foram acrescentadas quantidades de água destilada para completar um volume de 2000 mL e em seguida adicionou-se ao solo, quantidade que deixou o solo na capacidade de campo. A adição destes tratamentos ocorreu antes da semeadura para correção do solo.

A semeadura das castanhas deu-se nos vasos no dia seguinte à aplicação dos tratamentos, com duas castanhas em cada vaso. O clone de cajueiro utilizado foi o anão-precoce CCP 76, as castanhas foram doadas por um produtor do município de Serra do Mel-RN. As irrigações foram feitas diariamente de acordo com a necessidade da planta, onde foram instalados tensiômetros para monitoramento da umidade do solo. As medições foram feitas diariamente antes da irrigação. Utilizou-se água destilada para irrigação, realizada manualmente com auxílio de proveta graduada. Outros tratos culturais realizados no ensaio constaram de capinas manuais para retirada de ervas daninhas e esscarificação na superfície do solo dos vasos para descompactação.

### 3.4 Variáveis avaliadas

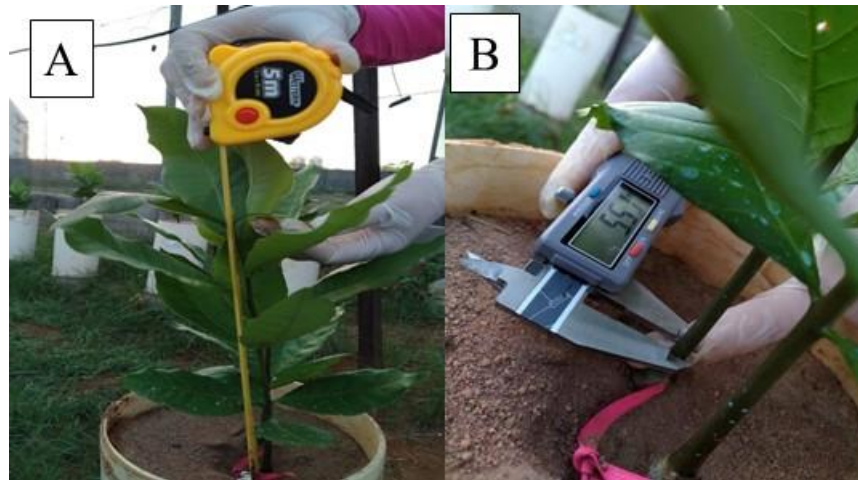
As avaliações seguiram em duas etapas, a primeira fase de avaliações foi realizada quando a planta atingiu o estágio de muda pronta pra enxertia aos 60 dias da sementeira. Corrêa et al. (1995) indicam que as mudas que estão aptas à enxertia devem apresentar de 16 a 25 cm de altura, diâmetro mínimo de 0,4-0,5 cm e 10 folhas verdadeiras. A segunda fase ocorreu aos 114 dias após o final da primeira fase. Na segunda etapa de avaliação, são apresentadas apenas as principais variáveis, devido ao tempo curto para discussão de todas as variáveis analisadas. É importante frisar que este trabalho foi desenvolvido no período pandêmico, o que contribuiu para atrasar a instalação da pesquisa e redução do tempo de análise e discussão dos dados. Devido a problemas com falta de técnicos, equipamentos sem manutenção, restrição ao acesso à universidade, ocasionada pelo isolamento social imposto pelos órgãos competentes (Diretoria da UFERSA, Prefeitura e Governo do Estado) durante a vigência do mestrado.

#### 3.4.1 Primeira etapa

##### Crescimento e trocas gasosas

A altura da planta foi medida utilizando-se fita métrica, medindo a partir do colo da planta até o ápice do meristema apical (Figura 4A). O diâmetro do caule foi mensurado utilizando o paquímetro digital (Figura 4B), medição aproximadamente a 3 cm acima do solo. O número de folhas foi obtido por contagem manual das folhas.

**Figura 4-** Avaliação da altura de planta (A) e diâmetro do caule (B).

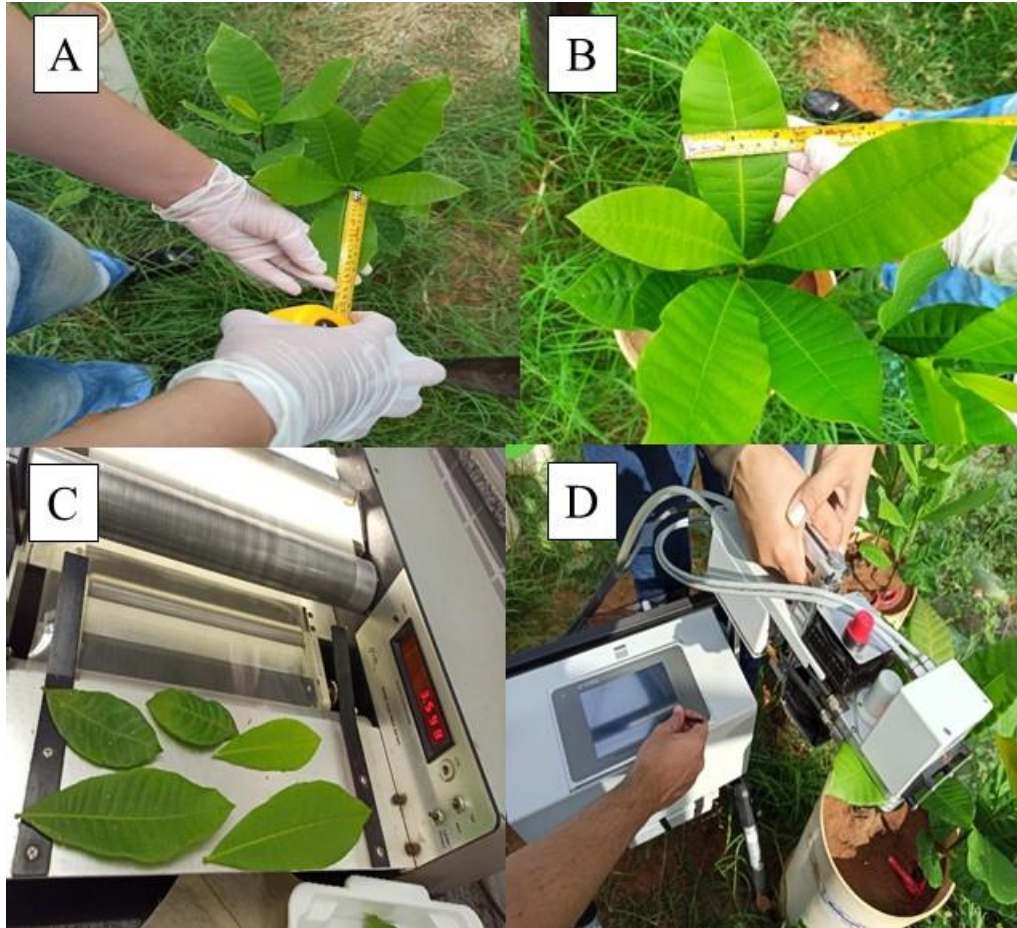


Fonte: Própria do Autor (2021).

Determinou-se a área foliar (AF) empregando-se o método não destrutivo, no qual foram avaliadas apenas as folhas com pelo menos 1,5 cm de comprimento e metade de sua área fotossintética ativa (MEDEIROS, 2018) (Figuras 5A e 5B). O resultado foi calculado pela fórmula corrigida pelo equipamento medidor de área foliar. Para isto, separou-se amostras de seis folhas considerando as folhas do ápice à base final da planta, sendo ao todo nove parcelas escolhidos de forma aleatória. Posteriormente, cada amostra selecionada foi passada na esteira do equipamento medidor de área foliar para obtenção do fator de correção (Figura 5C).

As trocas gasosas foram mensuradas utilizando-se o equipamento portátil de gás infravermelho, IRGA (Modelo Gfs 3000 da marca Walz). As medições iniciaram às 9h00 e se estenderam até 11h00, com irradiação de  $1200 \mu\text{mol.m}^{-2}$  e 400 ppm de  $\text{CO}_2$  (Figura 5D). As leituras foram feitas em folhas totalmente expandidas e fotossinteticamente ativas (Figura 5D). Mensurou-se os valores de condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A), temperatura da folha (Tleaf), déficit de pressão de vapor (VPD). A partir desses dados, foram estimadas a eficiência instantânea do uso da água pela relação A/E (EUA) e a eficiência intrínseca do uso da água dado por A/Gs (EiUA).

**Figura 5** - Medição do comprimento (A) e largura (B) de folha para avaliação da área foliar. Folhas passando na esteira do medidor de área foliar (C). Leituras das trocas gasosas utilizando o IRGA em folhas totalmente expandidas (D).



Fonte: Própria do Autor (2021).

Nessa fase, foi realizada a coleta de uma das plantas de cada parcela, separando-se folhas e caule (Figura 6A). Este material foi exposto à temperatura de 65 °C em estufa com circulação de ar. Foram selecionadas duas amostras para medição do peso, até atingir peso constante. Após este procedimento, foram pesadas as amostras para obtenção do peso seco (Figura 6B).



**Figura 6-** Coleta das folhas e caule da primeira planta (A), pesagem da massa seca (B).

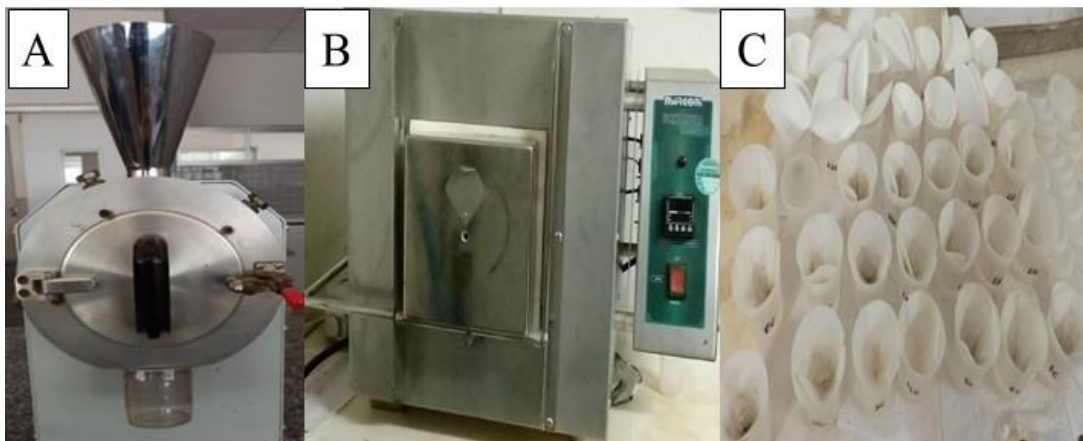


Fonte: Própria do Autor (2021).

### Nutrientes na planta

De posse das folhas e caules secos, procedeu-se à moagem deste material em moinho do tipo Willey (Figura 7A). O método de extração utilizado para determinação de P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e S se deu pela decomposição a seco a partir do incineramento em mufla a 500 °C e diluídas em ácido nítrico (Figura 7B e 7C). Com o extrato obtido, foram determinados os teores destes nutrientes seguindo os procedimentos descritos por Silva (2009).

**Figura 7-** Moinho tipo Willey (A), mufla (B) e amostras sendo diluídas em ácido nítrico e filtradas (C).



Fonte: Própria do Autor (2021).

## Análise química do solo

Coletou-se uma amostra de solo de cada parcela nas camadas de 0-10 e 10-20 cm (Figura 8A). As amostras foram secas, destorroadas e peneiradas (Figura 8B) para posteriormente serem analisados os elementos químicos no solo P, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>+H, Al<sup>3+</sup> e S, como os valores de pH (em água) e CE (TEIXEIRA et al., 2017).

**Figura 8** - Coleta do solo com cano marcando 10 e 20 cm (A, B) e preparo das amostras de solo, secagem, destorroamento e peneiramento (C).



Fonte: Própria do Autor (2021).

### 3.4.2 Segunda etapa de coleta de dados

Aos 114 dias após as mudas atingirem o ponto de enxertia, foram feitas as avaliações de crescimento (altura e diâmetro), nutricional (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e S na folha) e as químicas do solo (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e S), seguindo as mesmas metodologias descritas anteriormente na primeira etapa de avaliação (SILVA, 2009; TEIXEIRA et al., 2017). Para análise química do solo, analisou-se a camada de 0-20 cm. Na camada de 20-40 cm, foi analisado o teor de Ca<sup>2+</sup>.

## 3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para efeito da significância. As equações de regressão foram utilizadas para as doses de carago dentro da dose padrão de água-mãe e para as doses de água-mãe dentro das doses padrão de carago. A testemunha absoluta foi confrontada com as doses de carago, as de água-mãe e com o

tratamento comercial pelo teste de média (Dunnett,  $\alpha=0,05$ ), utilizando-se o *software* SISVAR®.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Primeira etapa de avaliação (ponto de enxertia)**

#### *4.1.1 Crescimento*

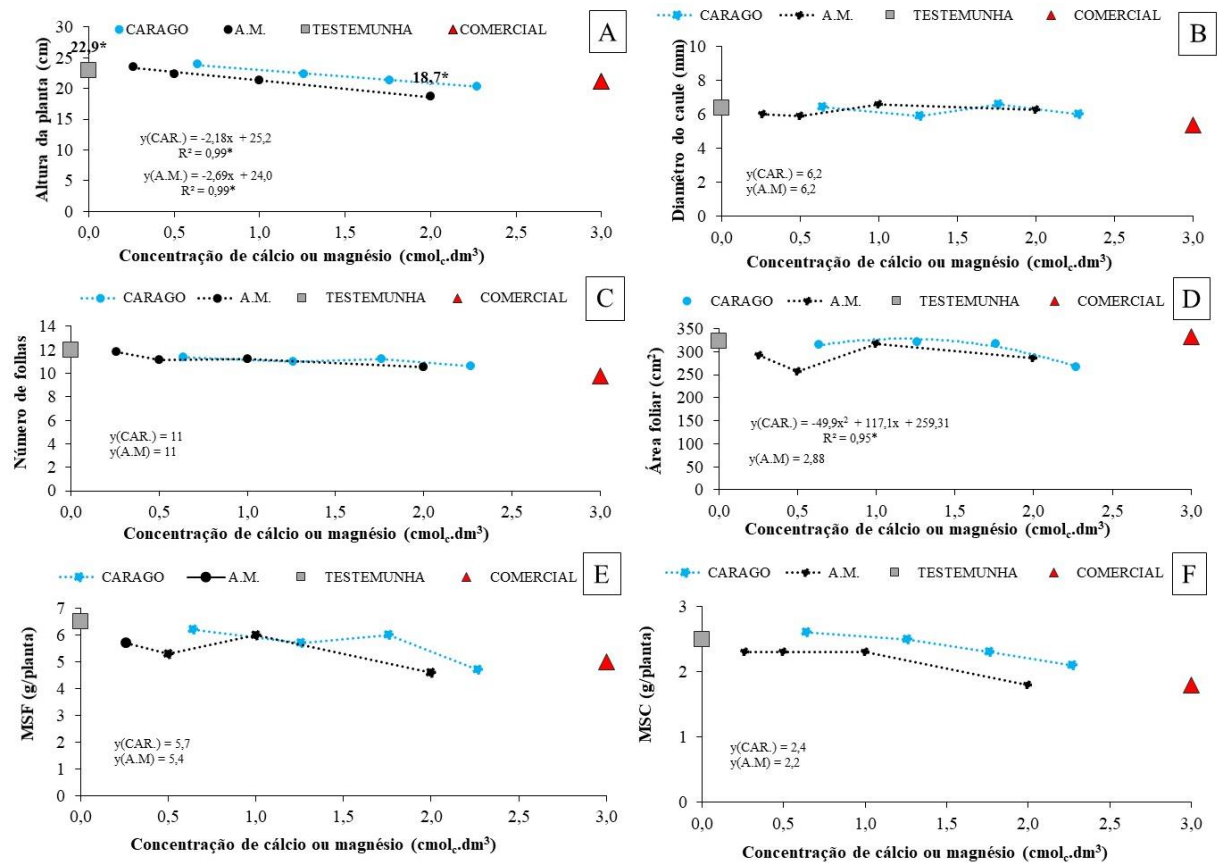
Houve efeito significativo para altura da planta em função das doses de carago e água-mãe, e para a área foliar pelas doses de carago a 1% de probabilidade. Porém, quando comparadas à testemunha absoluta, não foi verificada diferença entre os tratamentos testados (Tabela 5), exceto para dose de 19,74 mL de água-mãe em relação à altura da planta (18,7 cm A.M- 22,9 cm testemunha), Figuras 9A e 9B, respectivamente. Em relação às demais variáveis de crescimento, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca de folha e massa seca de caule não apresentaram interferência pelos tratamentos propostos (Tabela 5).

**Tabela 5-** Média dos dados e ANOVA para as variáveis de crescimento.

<b>Trat</b>	<b>Altura</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>NF</b>	<b>MSF</b>	<b>MSC</b>	<b>AF</b>
<b>Médias</b>						
<b>C0M0</b>	22,90	6,42	12,00	6,47	2,49	322,55
<b>C1M2</b>	22,41	5,92	11,00	5,71	2,51	321,15
<b>C2M2</b>	21,41	6,62	11,19	5,95	2,35	317,91
<b>C3M2</b>	20,32	6,00	10,63	4,68	2,07	265,63
<b>C2M0</b>	23,58	6,02	11,75	5,75	2,27	292,20
<b>C2M1</b>	22,33	5,93	11,06	5,29	2,31	256,70
<b>C0M2</b>	23,93	6,43	11,44	6,22	2,64	315,64
<b>C2M3</b>	18,66*	6,16	10,50	4,55	1,85	285,12
<b>C2M2-Com</b>	21,21	5,42	9,75	4,96	1,82	333,18
<b>Média geral</b>	21,86	6,10	11,03	5,51	2,26	301,12
<b>CV (%)</b>	8,7	8,8	11,5	19,9	23,5	12,40
<b>F(Trat.)</b>	3,02ns	1,78ns	1,16ns	1,53ns	1,19ns	2,12ns
<b>Dms (Dunnett)</b>	3,77	1,06	2,50	2,17	1,05	73,87
<b>Estatística F</b>						
<b>Carago d. AM</b>	2,57ns	1,59ns	0,29ns	1,52ns	0,86ns	1,99ns
<b>Linear</b>	4,22*	2,50ns	0,71ns	3,44ns	0,01ns	5,95*
<b>Quadr.</b>	0,99ns	1,67ns	0,12ns	1,11ns	2,27ns	0,01ns
<b>AM d. Carago</b>	4,78**	1,30ns	0,66ns	1,28ns	0,78ns	1,808ns
<b>Linear</b>	13,94**	0,08ns	0,02ns	1,62ns	0,01ns	0,00ns
<b>Quadr.</b>	0,20ns	1,76ns	0,49ns	1,42ns	1,22ns	5,38ns

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta. Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms = Diferença mínima significativa. Quadr. = Quadrático.

**Figura 9-** Altura da planta (A), diâmetro do caule (B), número de folhas (C), área foliar (D), massa seca da folha- MSF (E) e massa seca do caule- MSC (F) de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.



\* Significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \*, representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

Analisando as doses isoladas, o carago reduziu a altura das mudas em 17,6% e da água-mãe para 18,2%, considerando as menores doses em relação às maiores (Figura 9A). Entretanto, essa redução foi pouco expressiva, considerando que apenas a maior dose de A.M diferiu da testemunha. Em relação ao diâmetro do caule, mesmo não diferindo estatisticamente, os valores médios do diâmetro do caule (5,4 - 6,6 mm) obtidos neste trabalho estão adequados para utilização dos porta-enxertos para enxertia (Figura 9B). Os porta-enxertos devem apresentar diâmetro em média de 5 mm, contudo diâmetros maiores podem favorecer o pegamento da enxertia, porque se relaciona à maior contração de fotoassimilados (BARROS et al., 1993; MELO, 2008). Contudo, para as demais variáveis de crescimento, o resultado desta pesquisa corroboram com os encontrados por Serrano et al. (2018), não verificando diferença significativa para as características biométricas estudadas

(diâmetro do caule, número de folhas e massa seca do caule) em função do incremento das doses de gesso agrícola na produção de mudas de cajueiro-anão CCP 76. Este fato foi atribuído pelos autores à constante irrigação, que pode ter diminuído o efeito dos tratamentos com gesso por este possuir grande solubilidade em água e ter influenciado diretamente na velocidade de reação de hidrólise desses compostos (SERRANO et al., 2018; BORKERT et al., 1987).

Observando a Figura 9D, a área foliar, em relação às doses isoladamente, registrou diferença apenas para as doses de carago, com uma resposta quadrática, com máximo de 328,0 cm<sup>2</sup> na concentração de 0,71 cmol<sub>c</sub>cm<sup>3</sup> de cálcio. Contudo, este valor não diferiu da testemunha. Diante do exposto, observa-se que a utilização de carago, água-mãe e do tratamento comercial não incrementou o crescimento inicial das mudas de cajueiro anão CCP 76 em relação à testemunha; por outro lado, as mudas estiveram dentro dos padrões exigidos para enxertia (SERRANO & CAVALCANTE JUNIOR, 2016; CORRÊA et al., 1995). De acordo com Santos (2017), pesquisas apontam que o cajueiro anão tem sido responsivo à adubação apenas quando avaliado no período pós-enxertia, comportamento associado ao estado inicial da planta, pois nesta fase de produção de porta enxertos as plantas podem estar ainda sendo supridas pelos nutrientes presentes no tecido de reserva (cotilédones).

#### 4.1.2 Trocas gasosas

As trocas gasosas das mudas de cajueiro anão CCP 76 não responderam aos tratamentos testados, exceto para temperatura da folha e déficit de pressão de vapor (DPV) em função das doses de carago, não diferindo, porém, da testemunha (Tabela 6).

**Tabela 6-** Média dos dados e resumo da ANOVA para variáveis de trocas gasosas.

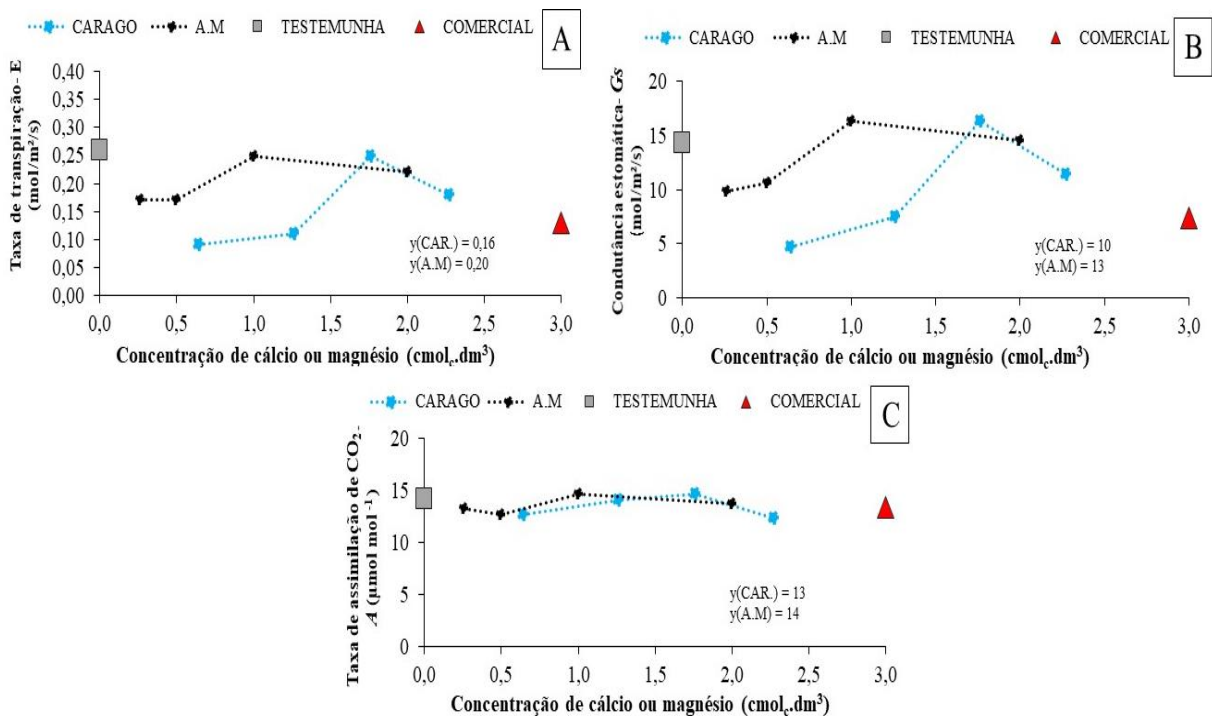
<b>Trat</b>	<b>Tleaf</b>	<b>E</b>	<b>VPD</b>	<b>G<sub>s</sub></b>	<b>A</b>	<b>EUA</b>	<b>EiUA</b>
<b>Médias</b>							
<b>C0M0</b>	27,97	0,26	18,71	14,13	14,25	70,37	1,35
<b>C1M2</b>	26,48	0,11	15,51	7,53	14,10	181,02	2,86
<b>C2M2</b>	26,92	0,25	16,37	16,35	14,70	80,79	1,38
<b>C3M2</b>	26,85	0,18	16,23	11,40	12,33	146,94	2,51
<b>C2M0</b>	27,33	0,17	17,28	9,85	13,24	92,91	1,51
<b>C2M1</b>	27,14	0,17	16,90	10,65	12,69	154,34	2,60
<b>C0M2</b>	28,04	0,09	18,99	4,73	12,64	158,93	3,00
<b>C2M3</b>	26,97	0,22	16,49	14,58	13,74	149,34	2,62
<b>C2M2-Com</b>	26,76	0,13	16,14	7,43	13,38	150,83	4,88
<b>Média geral</b>	27,16	0,18	16,96	10,74	13,45	131,72	2,52
<b>CV</b>	2,9	81,6	10,6	87,3	12,2	85,6	105,3
<b>F(Trat.)</b>	1,78ns	0,69ns	1,73ns	0,66*	0,97ns	0,49ns	0,68ns
<b>Dms (Dunnett)</b>	1,58	0,28	3,55	18,48	3,25	222,45	5,24
<b>Estatística F</b>							
<b>Carago d. AM</b>	2,84*	1,04ns	2,88*	1,16ns	1,91ns	0,59ns	0,31ns
<b>Linear</b>	4,66*	1,65ns	6,99**	2,62ns	0,02ns	0,01ns	0,00ns
<b>Quadr.</b>	1,09ns	1,10ns	1,15ns	0,85ns	5,03ns	0,00ns	0,53ns
<b>AM d. Carago</b>	0,21ns	0,32ns	0,21ns	0,44ns	1,08ns	0,45ns	0,26ns
<b>Linear</b>	0,62ns	0,02ns	0,01ns	0,56ns	0,02ns	1,04ns	0,37ns
<b>Quadr.</b>	0,01ns	0,43ns	0,16ns	0,49ns	1,69ns	0,01ns	0,15ns

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta. Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms = Diferença mínima significativa. Quadr. = Quadrático.

A temperatura da folha reduziu de 29,9 °C para 26,6 °C quando submetidas às concentrações de cálcio de 0,64 e 2,0 mol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>, respectivamente (Figura 12A). A diminuição do déficit de pressão de vapor ocasionada pelas doses de carago não interferiu na transpiração

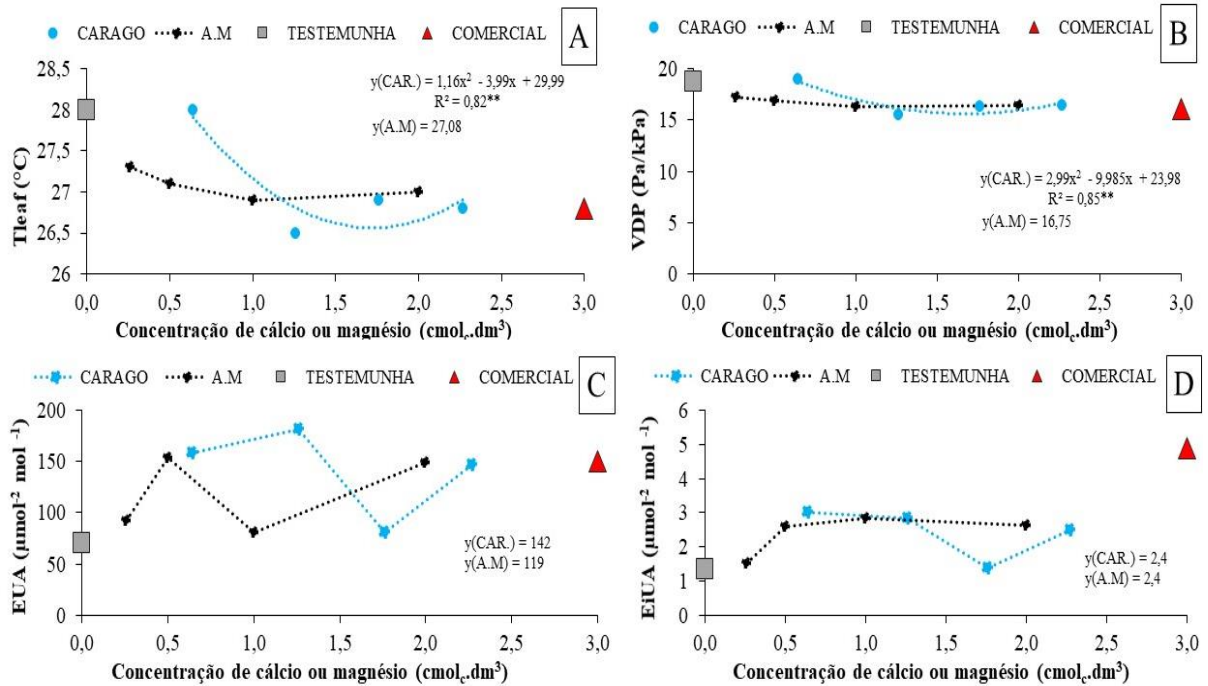
das folhas (Figura 10A, 11B). Segundo Oliveira (2019), o DPV é a força motriz para o movimento da água das folhas para o meio ambiente, ou seja, o processo de transpiração, e quanto maior for o déficit de pressão de vapor, mais água será eliminada das folhas. De acordo com o autor, o aumento da temperatura afeta o DPV proporcionalmente. Assim, verifica-se que as folhas das mudas do cajueiro anão se mantiveram praticamente inalteradas pelos tratamentos suas trocas gasosas.

**Figura 10-** Taxa de transpiração (A), condutância estomática (B) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (C) de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.





**Figura 11-** Temperatura da folha- Tleaf (A) déficit de pressão de vapor- VDP (B), eficiência instantânea do uso da água- EUA (C) eficiência intrínseca do uso da água- EiUA (D) de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.



\*\* Significativo a 0,01 pelo teste F.

#### 4.1.3 Nutrientes na folha

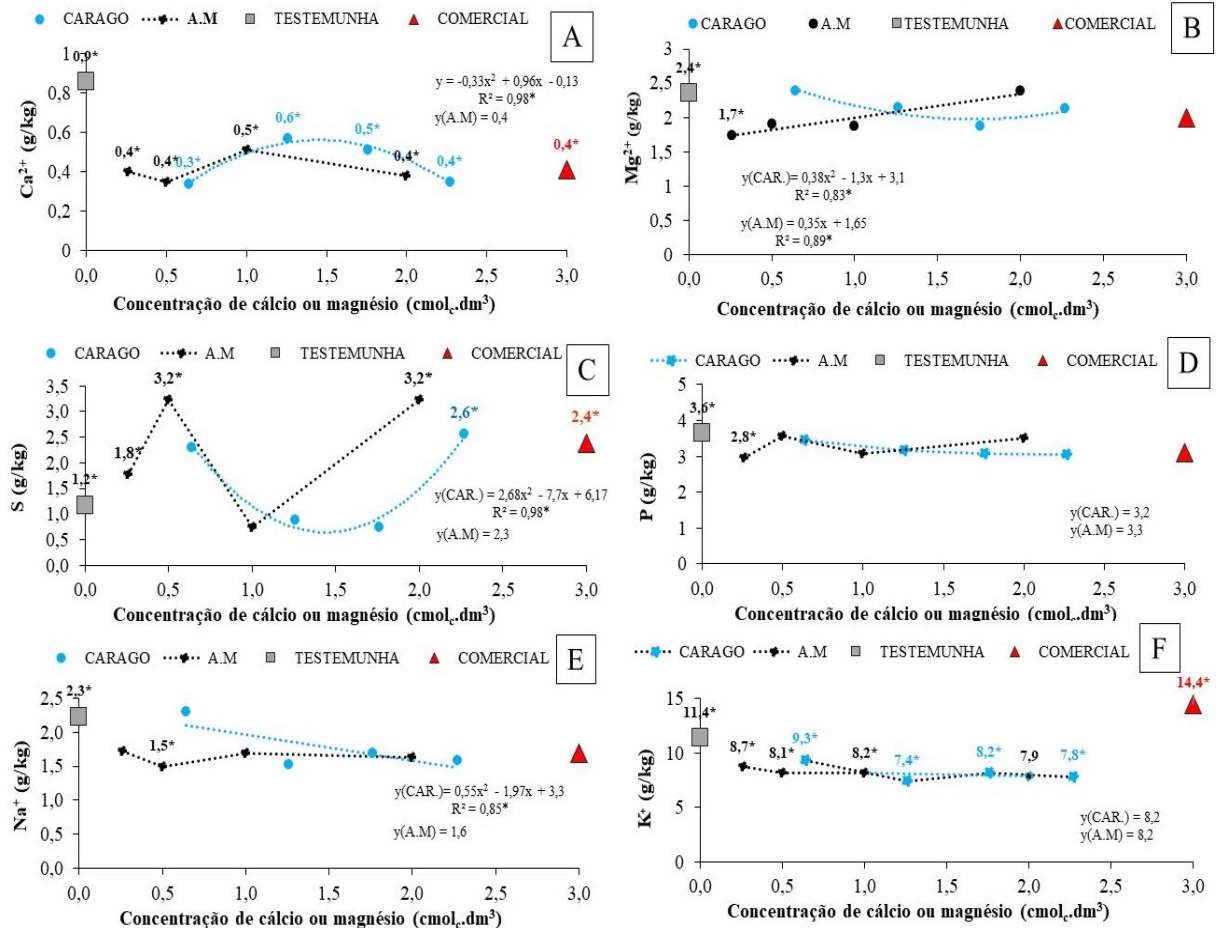
O teor de  $\text{Ca}^{2+}$  na testemunha (0,9 g/kg) foi superior a todos os tratamentos; observando de forma isolada, apenas as doses de carago afetaram significativamente o teor de cálcio (Tabela 7), obedecendo a um padrão parabólico com valor máximo de 0,6 g/kg, correspondente à concentração  $1,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{cm}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{2+}$  (dose 3,47 g/vaso) (Figura 12A).

**Tabela 7-** Média dos dados e resumo da ANOVA para os nutrientes na folha.

<b>Trat</b>	<b>S</b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>
<b>Médias</b>						
<b>C0M0</b>	1,17	2,23	11,40*	3,64	0,86*	2,35
<b>C1M2</b>	0,89	1,53*	7,42	3,16	0,57	2,15
<b>C2M2</b>	0,75	1,69	8,15	3,08	0,51	1,87
<b>C3M2</b>	2,57*	1,56	7,82	3,05	0,33	2,13
<b>C2M0</b>	1,78	1,72	8,70	2,80*	0,41	1,74*
<b>C2M1</b>	3,24*	1,50	8,12	3,56	0,35	1,91
<b>C0M2</b>	1,81*	2,30	9,34	3,46	0,34	2,39
<b>C2M3</b>	2,30	1,63	7,88	3,50	0,38	2,39
<b>C2M2-Com</b>	2,38*	1,69	14,39	3,10	0,41	1,99
<b>Média geral</b>	1,88	1,76	9,24	3,28	0,46	2,10
<b>CV</b>	27,6	20,6	9,2	10,3	9,9	12,7
<b>F(Trat.)</b>	10,29*	2,66*	28,67*	2,34*	54,69*	3,22*
<b>Dms (Dunnett)</b>	1,02	0,72	1,67	0,66	0,09	0,53
<b>Estatística F</b>						
<b>Carago d. AM</b>	10,82**	3,90*	3,81*	1,26ns	28,24**	2,49ns
<b>Linear</b>	6,60*	5,82*	3,81ns	2,74ns	2,51ns	2,09ns
<b>Quadr.</b>	25,83**	3,58*	3,54*	1,01ns	73,9**	4,65*
<b>AM d. Carago</b>	16,06*	0,30ns	0,67ns	3,14**	8,92**	4,46*
<b>Linear</b>	0,07ns	0,01ns	1,54ns	2,46ns	0,01ns	11,79**
<b>Quadr.</b>	2,55ns	0,09ns	0,24ns	0,07ns	6,22ns	0,85**

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta (\* apenas na testemunha indica que diferiu de todos os tratamentos). Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms = Diferença mínima significativa. Quadr. = Quadrático.

**Figura 12-** Teor de cálcio-  $\text{Ca}^{2+}$  (A), magnésio-  $\text{Mg}^{2+}$  (B), enxofre- S (C) e fósforo-P (D), sódio- $\text{Na}^+$  (E) e potássio-  $\text{K}^+$  (F) na folha de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.



\* Significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \*, representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

O fato da testemunha ter acumulado mais o  $\text{Ca}^{2+}$  do que os demais tratamentos pode estar relacionado a baixas condições deste nutriente no solo, gerando na planta necessidade de acumulá-lo. Outra hipótese é a competição entre os nutrientes com adição da dose padrão de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , uma vez que o  $\text{Ca}^{2+}$  compete com outros cátions, como o próprio  $\text{Mg}^{2+}$ . Assim, a relação  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  recomendada pode não ter sido a ideal para a planta nessa fase de crescimento e tipo de solo, pois o tratamento comercial também foi determinado para fornecer 100% da dose recomendada e apresentou comportamento semelhante às doses de carago e água-mãe. A influência do cálcio, como nutriente, está relacionada diretamente ao seu equilíbrio com outros nutrientes, como  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Todavia, o comportamento da relação cálcio e magnésio está associado ao tipo de solo e planta (PRIMAVESI, 2002). Contudo, vale destacar que este comportamento não afetou o crescimento e trocas gasosas das mudas.

Quanto ao  $Mg^{2+}$ , a testemunha (2,4 g  $kg^{-1}$ ) apresentou diferença significativa apenas em relação à menor dosagem de água-mãe (0 ml de água-mãe + dose padrão de carago) (1,7 g  $kg^{-1}$ ), ao passo que para os demais tratamentos a diferença não foi significativa (Tabela 7). Analisando-se as doses entre si, a aplicação de água-mãe aumentou o teor de  $Mg^{2+}$  em 34,87% linearmente, ao passo que o carago mostrou uma resposta quadrática decrescente, sendo o ponto de mínimo a concentração de 1,94  $cmol_c.cm^3$  de  $Ca^{2+}$  (2,0 g  $kg^{-1}$ ) (Figura 12B). Este resultado mostra pouca interferência dos tratamentos no teor de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  na folha das mudas nessa fase de avaliação (60 DAS). Com base nisso, supõe-se que a planta nesta fase ainda esteja utilizando suas reservas (SANTOS, 2017).

Para o teor de S, somente a maior dose de carago (11,8 g/vaso) apresentou diferença significativa (Tabela 7). A testemunha (1,4 g  $kg^{-1}$ ) foi inferior ao teor de S obtido nas concentrações de 0,26, 0,5 e 2  $cmol_c.cm^3$  de magnésio (1,2; 3,2; 3,2 g  $kg^{-1}$ , respectivamente) e para a 2,27  $cmol_c.cm^3$  do cálcio (2,6 g  $kg^{-1}$ ), bem como do tratamento comercial (2,4 g  $kg^{-1}$ ). Os teores de S na folha obtidos pelas mudas de cajueiro estão acima dos teores foliares de S encontrados por Serrano et al. (2012), (0,13-0,18 g  $kg^{-1}$ ) estudando substratos orgânicos e adubo de liberação lenta na produção de mudas de cajueiro-anão-precoce. Conforme Lima et al. (2003), a interpretação do comportamento do S em mudas de cajueiro anão-precoce adubadas é limitada pela carência de estudos relacionados.

Para os teores de P,  $Na^+$  e  $K^+$ , não foram constatadas diferenças significativas em relação ao aumento das doses de carago e água-mãe, com exceção para o sódio em função das doses de carago (Tabela 7). A testemunha (2,5 g  $kg^{-1}$ ) mostrou-se superior apenas na concentração de 0,5  $cmol_c.cm^3$  de magnésio para o  $Na^+$  (1,5 g  $kg^{-1}$ ), o mesmo ocorreu para o P (Figura 12E). Para  $K^+$ , a testemunha (11,4 g  $kg^{-1}$ ) apresentou maior concentração deste nutriente em todas as doses testadas, menos para o tratamento comercial (Figura 12D, 12E e 12F).

O aumento das doses de carago promoveu diminuição do sódio na folha em 49,4%. Este aspecto é importante, uma vez que, o  $Na^+$  é tóxico para as plantas. Certamente houve inibição competitiva. Assim, enfatiza-se que para os valores apresentados nesta pesquisa não foram identificados problemas de toxicidade. De acordo com Martins (2019), o efeito desse elemento para o desenvolvimento do cajueiro ainda não é claro.

Borges (2012) relatou que o gesso agrícola não apresentou efeito sobre o teor de  $K^+$  e P nas folhas de cana-de-açúcar. Apesar de não ter ocorrido diferença para o teor de P na folha do cajueiro anão neste trabalho, é importante ressaltar que os teores encontrados estão acima

do valor foliar máximo estimado ( $1,63 \text{ g kg}^{-1}$ ) por Costa (2019) com aplicação de  $500 \text{ g planta}^{-1}$  de farinha de ossos sem o uso de hidrogel em cajueiro anão-precoce.

#### 4.1.4 Nutrientes no caule

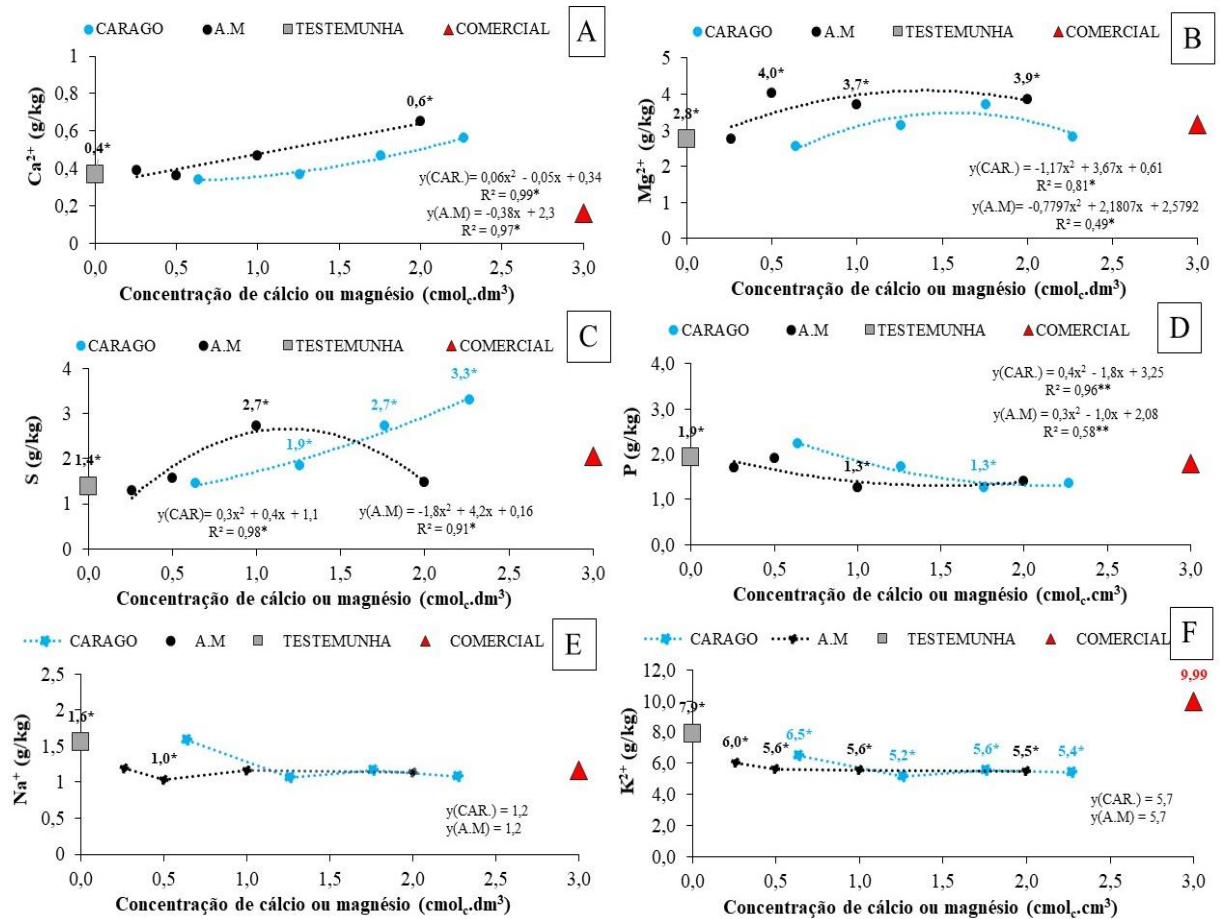
Confrontando os demais tratamentos com a testemunha, houve diferença para o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  no caule apenas na maior dose de água-mãe,  $19,74 \text{ mL/vaso}$  ( $0,6 \text{ gkg}^{-1}$ ), que se mostrou superior à testemunha ( $0,4 \text{ gkg}^{-1}$ ), (Tabela 8). O teor de  $\text{Ca}^{2+}$  foi incrementado em função das doses testadas de carago e água-mãe em 71,36% e 42,94%, respectivamente (Figura 13A). Desta forma, tal desempenho reafirma o observado na folha (Figura 12A), pois foi verificada pouca influência das concentrações de cálcio adicionadas ao solo no teor deste nutriente, tendo em vista que as doses de carago foram semelhantes à testemunha. Dessa forma, é reforçada a baixa exigência desse elemento apresentado pela planta nesta fase, pois adição do cálcio não incrementou seu crescimento e trocas gasosas.

**Tabela 8-** Média dos dados e ANOVA para os nutrientes no caule.

<b>Trat</b>	<b>S</b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>
<b>Médias</b>						
<b>C0M0</b>	1,39	1,55	7,92*	1,92	0,37	2,75
<b>C1M2</b>	1,85*	1,06	5,15	1,72	0,37	3,14
<b>C2M2</b>	2,73*	1,17	5,66	1,27*	0,47	3,71*
<b>C3M2</b>	3,31*	1,08	5,43	1,36*	0,56	2,82
<b>C2M0</b>	1,29	1,20	6,04	1,69	0,39	2,77
<b>C2M1</b>	1,56	1,04*	5,64	1,91	0,36	4,03*
<b>C0M2</b>	1,44	1,59	6,48	2,23	0,34	2,55
<b>C2M3</b>	1,47	1,13	5,47	2,41	0,65*	3,86*
<b>C2M2-Com</b>	2,05	1,17	9,99	1,79	0,16	3,16
<b>Média geral</b>	1,90	1,22	6,42	1,81	0,41	3,20
<b>CV</b>	23,3	20,6	9,2	17,4	29,1	14,7
<b>F(Trat.)</b>	9,78*	2,66*	28,67*	5,39*	5,54ns	5,33*
<b>Dms (Dunnett)</b>	0,87	0,50	1,16	0,62	0,23	0,93
<b>Estatística F</b>						
<b>Carago d. AM</b>	14,52*	3,90*	3,81*	7,55*	2,85ns	4,53*
<b>Linear</b>	41,59**	5,82*	3,81ns	15,81**	8,17**	0,64ns
<b>Quadr.</b>	0,32**	3,58*	3,54ns	6,29**	0,01*	11,84**
<b>AM d. Carago</b>	8,72**	0,30ns	0,67ns	9,04**	4,69**	5,79**
<b>Linear</b>	0,82ns	0,01ns	1,54ns	8,40**	12,43**	6,25*
<b>Quadr.</b>	18,11**	0,09ns	0,24ns	9,62**	1,10**	5,97**

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta (\* apenas na testemunha indica que diferiu de todos os tratamentos). Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms = Diferença mínima significativa. Quadr. = Quadrático.

**Figura 13-** Teor de cálcio-  $\text{Ca}^{2+}$  (A), magnésio-  $\text{Mg}^{2+}$  (B), enxofre- S (C) e fósforo-P (D), sódio- $\text{Na}^+$  (E) e potássio-  $\text{K}^+$  (F) no caule de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.



\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \* representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

O teor de  $\text{Mg}^{2+}$  teve um incremento mais pronunciado nas doses de água-mãe com máximo de  $4,1 \text{ gkg}^{-1}$  na concentração  $1,76 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$ , tendo sido todas as doses corrigidas com a água-mãe superiores à testemunha ( $2,8 \text{ gkg}^{-1}$ ), (Figura 13B). O teor de  $\text{Mg}^{2+}$  em relação aos tratamentos com carago, mesmo diferindo entre si, não diferiram da testemunha. O tratamento comercial também foi semelhante à testemunha. Desta forma, verifica-se que adição de 10 mL/vaso de água-mãe induziu maior absorção de magnésio no caule do cajueiro.

Em relação ao S, o acúmulo deste nutriente foi mais pronunciado do que na folha (Figura 12C). As doses de carago elevaram a concentração de S em 146,8% da menor para maior dose ( $1,4-3,3 \text{ gkg}^{-1}$ ), sendo também superior à testemunha ( $1,4 \text{ gkg}^{-1}$ ). Nas doses de água-mãe, apenas a dose 10 mL/vaso ( $2,7 \text{ gkg}^{-1}$ ), diferiu da testemunha (Figura 13C).

Contudo, a dose 11,8 gkg<sup>-1</sup> de carago proporcionou melhor resultado, o que pode favorecer as plantas, tendo em vista que S exerce papel importante no metabolismo das plantas, por fazer parte da constituição de compostos dos vegetais como acetil-CoA, glutatona e proteínas (BORGES, 2012).

Para P, a testemunha (1,9 gkg<sup>-1</sup>) apresentou valor superior ao obtido na concentração 1,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup> de magnésio (1,3 gkg<sup>-1</sup>) e 1,76 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup> de cálcio (1,3 gkg<sup>-1</sup>). Em relação apenas às doses, observou-se redução com aumento das doses de carago e água-mãe (Figura 13D), não interferindo, porém, no crescimento das mudas.

O teor de Na<sup>+</sup> no caule apresentou comportamento semelhante ao observado nas folhas (Figura 12E). A testemunha foi semelhante a todos os tratamentos, exceto para concentração 0,5 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup> de magnésio, sendo que esta apresentou valor inferior (1,0 gkg<sup>-1</sup>) à testemunha (Figura 13E). Este comportamento é positivo, pois mesmo as concentrações de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> que diferiram da testemunha apresentaram menores teores de Na<sup>+</sup> no caule.

Por sua vez, K<sup>+</sup> acumulou mais na testemunha absoluta (7,9 gkg<sup>-1</sup>) do que nos demais tratamentos, exceto para o tratamento comercial (9,9 gkg<sup>-1</sup>). Entretanto, mesmo os teores de K<sup>+</sup> não diferindo entre os tratamentos, observou-se que todos eles apresentaram valores altos desse elemento no caule (5,2-6,5 gkg<sup>-1</sup>) (Figura 13F).

De forma geral, quanto à resposta à adubação, é preciso considerar o tempo de avaliação, reforçando a hipótese de que nesta fase inicial de produção das mudas do cajueiro anão a planta pode não responder aos estímulos dos nutrientes adicionados, devido à quantidade presente já existente em seus tecidos neste período ser suficiente.

#### 4.1.5 Química do solo (camada de 0-10 cm)

Na camada de 0-10 cm do solo, o pH praticamente não sofreu alteração, pois comparando-se os demais tratamentos com a testemunha absoluta não houve efeito significativo para esta variável (Tabela 9). Observando-se as doses isoladamente, apenas a água-mãe proporcionou pequeno aumento (Figura 14A). Esse comportamento já é esperado, pois o gesso praticamente não tem efeito sobre o pH do solo. Todavia, os valores de pH encontram-se na faixa apropriada para o cajueiro (4,5 e 6,5), de acordo com Barros et al. (1993) e Ribeiro et al. (2008).

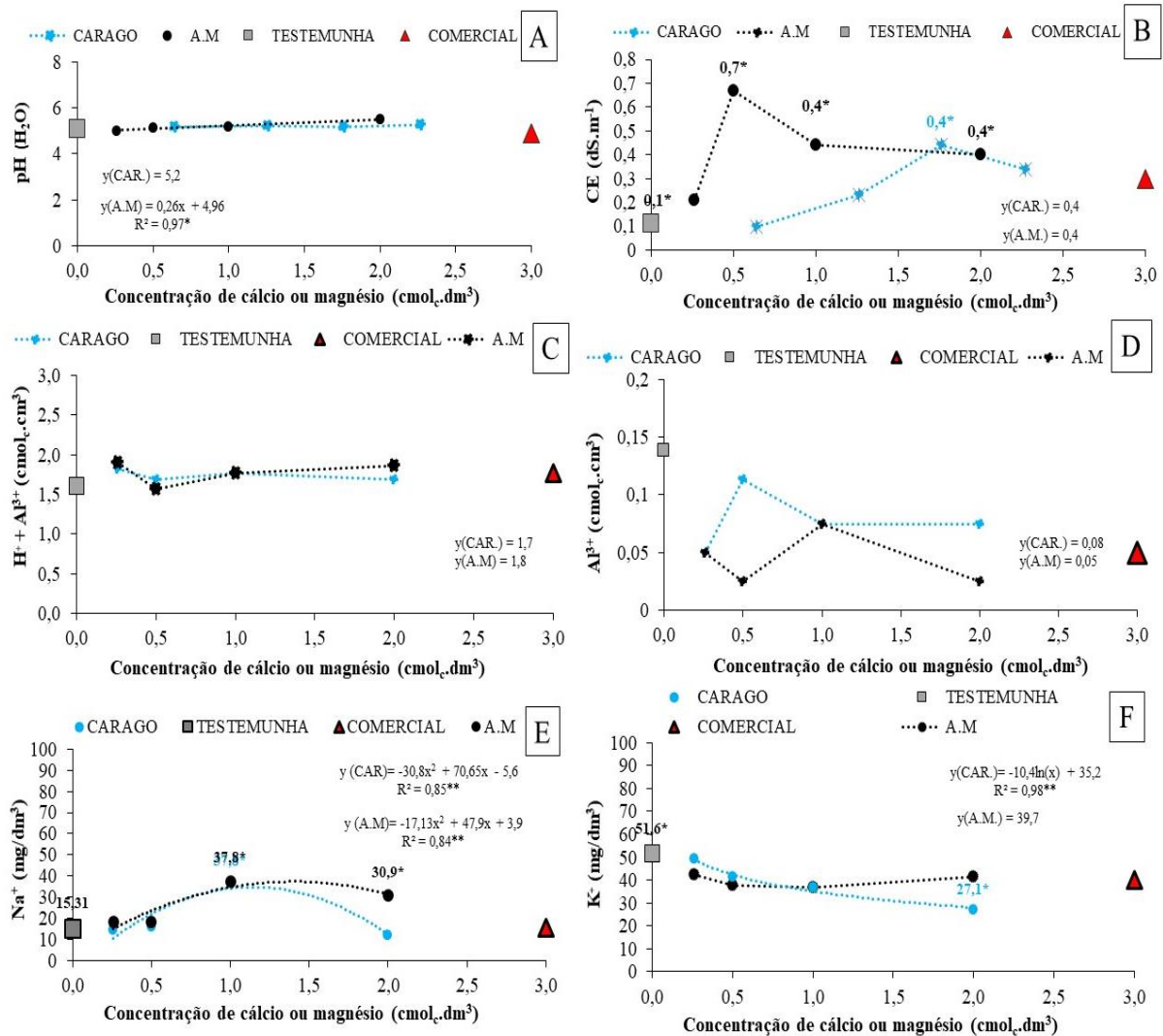


**Tabela 9-** Média dos dados e ANOVA para os nutrientes analisados na camada de 0-10 cm.

<b>Camada 0 – 10 cm</b>										
<b>Trat</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup></b>	<b>S</b>
<b>Médias</b>										
<b>C0M0</b>	5,09	0,11	0,55*	1,02*	0,13	74,65	15,31	51,63	1,61	20,22*
<b>C1M2</b>	5,23	0,23	1,15	1,09	0,22	71,61	15,83	41,58	1,69	52,13
<b>C2M2</b>	5,18	0,44*	1,95	0,81	0,35	53,07	37,18*	36,92	1,77	150,95
<b>C3M2</b>	5,28	0,34	2,53	0,75	0,13	62,02	11,88	27,12*	1,69	147,46
<b>C2M0</b>	5,01	0,21	2,38	0,92	0,38	58,50	18,20	42,56	1,90	81,71
<b>C2M1</b>	5,13	0,67*	2,00	0,85*	0,34	59,30	18,47	37,91	1,57	208,28
<b>C0M2</b>	5,19	0,10	0,41	1,80*	0,60	58,66	14,25	49,18	1,82	13,96
<b>C2M3</b>	5,49	0,40*	1,20	1,35	0,22	51,95	30,85*	41,58	1,86	228,46
<b>C2M2-Com</b>	4,89	0,30	1,45	0,66	0,29	28,80*	15,57	40,11	1,77	59,07
<b>Média geral</b>	5,16	0,31	2,04	1,03	0,07	57,62	19,73	40,96	1,74	106,92
<b>CV</b>	4,71	38,61	16,08	31,49	83,54	21,44	28,06	19,57	9,21	109,50
<b>F(Trat.)</b>	1,96ns	9,20**	19,64**	6,26**	1,86ns	4,57**	9,39**	3,13*	1,90ns	14,20**
<b>Dms (Dunnett)</b>	0,48	0,24	0,65	0,64	0,11	24,37	10,92	15,81	0,32	30,02
<b>Estatística F</b>										
<b>Carago d. AM</b>	0,14ns	6,18**	29,25**	12,23**	0,86ns	1,59ns	17,89**	5,30**	0,60ns	81,92**
<b>Linear</b>	0,22ns	9,74**	83,78**	24,72**	0,07ns	0,02ns	0,00ns	15,85**	0,74ns	189,03**
<b>Quadr.</b>	0,05ns	6,50**	2,96**	2,91**	1,04ns	0,00ns	30,70**	0,04**	0,06ns	26,52**
<b>AM d. Carago</b>	2,83ns	10,23**	8,3**	1,25**	0,74ns	0,37ns	11,57**	0,47ns	3,35*	74,94**
<b>Linear</b>	8,26**	0,66ns	23,85**	4,28*	0,14ns	0,84ns	16,50**	0,00ns	0,27ns	125,37**
<b>Quadr.</b>	0,12*	13,82**	0,20**	2,79ns	0,43ns	0,01ns	6,68**	1,40ns	4,48ns	11,51**

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta (\* apenas na testemunha indica que diferiu de todos os tratamentos). Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms = Diferença mínima significativa. Quadr.= Quadrático.

**Figura 14-** Potencial hidrogeniônico- pH (A), condutividade elétrica- CE (B), hidrogênio + alumínio (C), alumínio- Al (D), sódio- Na<sup>+</sup> (E) e potássio- K<sup>+</sup> (F) em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 0-10 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.



\* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \*, representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

A CE nesta camada não se ajustou a um modelo matemático em função das doses de carago e água-mãe (Figura 14B). No entanto, a testemunha (0,1 dSm<sup>-3</sup>) apresentou menor condutividade elétrica do que o solo corrigido com água-mãe (0,4-0,7 0,1 dSm<sup>-3</sup>), exceto a dose 0 mL/vaso, que foi semelhante a testemunha, além do tratamento comercial. Para o carago, a dose 6,25 g/vaso foi a única que diferiu da testemunha. Contudo, mesmo a água-mãe tendo elevado a condutividade elétrica do solo em relação à testemunha, não foram verificados problemas para a planta. Além disto, os valores obtidos nesta pesquisa (0,1-0,7)

estão abaixo do limite de tolerância ( $1,48 \text{ dSm}^{-1}$ ) sugerido por Carneiro et al. (2002), estudando a germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce sob salinidade da água de irrigação.

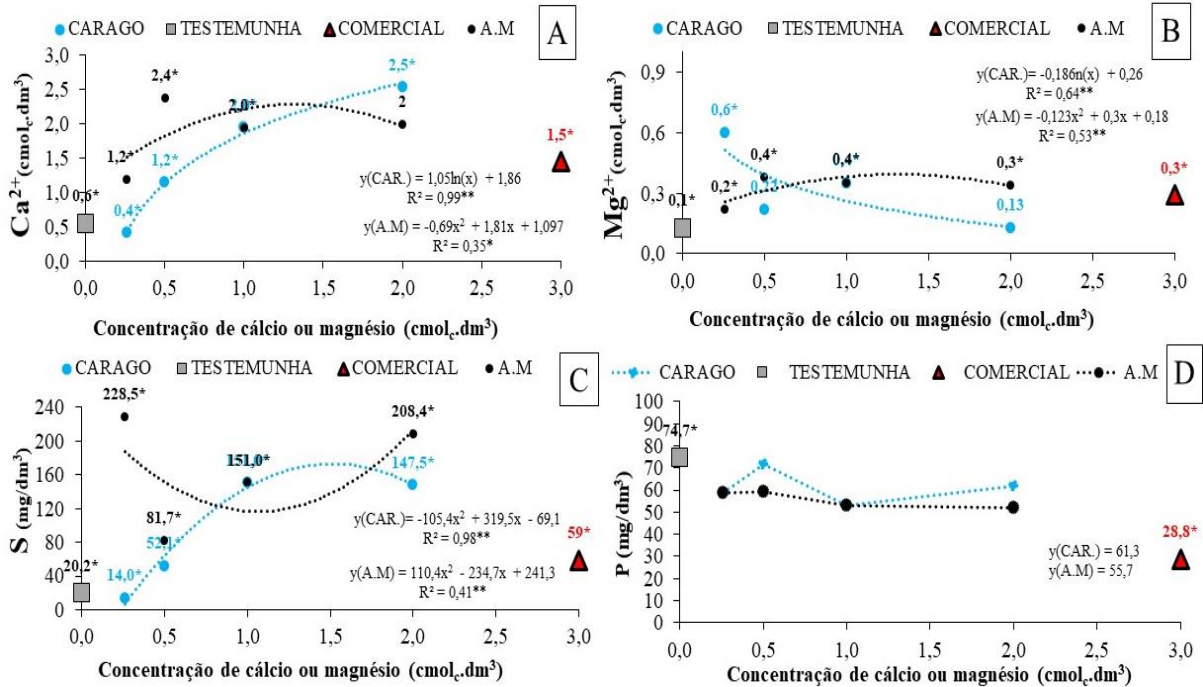
A acidez potencial e o alumínio não sofreram alteração pelos tratamentos testados, além de não diferirem da testemunha (Tabela 9). Este comportamento pode estar relacionado ao período de avaliação, que provavelmente foi curto para ter ocorrido algum efeito sob essas variáveis, pois depende da solubilização do carago, por exemplo, para que apresente influência nas reações. Outro ponto é que o pH está acima de 5,5, e pH acima deste valor tende a não apresentar problemas com acidez do solo.

As doses de carago e água-mãe apresentaram comportamento semelhante quanto à concentração de  $\text{Na}^+$  no solo, com uma resposta quadrática crescente, com máximo de  $34,9 \text{ mgdm}^{-3}$  e  $37,4 \text{ mgdm}^{-3}$ , respectivamente (Figura 14E). Para esta variável, a testemunha ( $15,3 \text{ mgdm}^{-3}$ ) diferiu da concentração  $1,26 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$  de cálcio e  $1,0$  de magnésio ( $37,8 \text{ mgdm}^{-3}$ ) e na  $2,0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$  de magnésio ( $30,9 \text{ mgdm}^{-3}$ ), sendo ambos superiores à testemunha (Figura 14E). Mesmo nas doses que promoveram maior concentração de sódio em relação à testemunha, foi verificada pouca influência na absorção pelas mudas.

Quanto ao potássio, nesta camada apenas a maior dose de carago,  $11,8 \text{ g/vaso}$  ( $27,1 \text{ mgdm}^{-3}$ ), diferiu da testemunha ( $51,6 \text{ mgdm}^{-3}$ ), com valor inferior. O teor de  $\text{K}^+$  teve um pequeno decréscimo nas doses de carago.  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  competem pelo mesmo sítio de adsorção no completo de troca catiônica, ao passo que para água-mãe não foram afetadas significativamente (Figura 14F). Oliveira et al. (1985) observaram que as doses de gesso a partir de  $1,0 \text{ t/ha}$  em um Latossolo vermelho reduziram a concentração de  $\text{K}^+$  na camada superficial do solo.

A concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo foi favorecida com as doses do carago e da água-mãe ( $1,2$ - $2,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$ ), apresentando maiores teores do que a testemunha ( $0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$ ), inclusive o tratamento comercial ( $1,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$ ). Apenas a menor dose de carago ( $0 \text{ g/vaso}$ ) foi inferior à testemunha. O incremento proporcionado pela adição crescente de carago foi de  $157,2\%$ . Observando o comportamento das doses de água-mãe, o valor máximo foi de  $2,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$  na concentração  $1,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$  de  $\text{Ca}^{2+}$  (Figura 15A). Cardoso e Morceli (2018) relataram que o gesso agrícola proporcionou aumento na concentração de cálcio e diminuição de magnésio em um latossolo vermelho distrófico argiloso. O mesmo comportamento foi observado neste trabalho (Figuras 15A, 15B).

**Figura 15-** Teor de cálcio-  $\text{Ca}^{2+}$  (A), magnésio-  $\text{Mg}^{2+}$  (B), enxofre- S (C) e fósforo- P em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 0-10 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.



\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \*, representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

As doses de água-mãe elevaram a concentração de magnésio no solo em relação à testemunha, com máximo de  $0,4 \text{ cmol}_c\text{dm}^3$  na concentração  $1,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^3$ . Por outro lado, o carago reduziu o teor de  $\text{Mg}^{2+}$  em função destes tratamentos e foi superior à testemunha até a concentração de  $1,0 \text{ cmol}_c\text{dm}^3$  de  $\text{Mg}^{2+}$  (Figura 15B). Caires et al. (1999) indicaram que a aplicação de gesso diminui gradativamente o teor de magnésio, devido à lixiviação proporcionada pelo aumento das doses de gesso. Yamada et al. (2007) relatam que aplicação de gesso pode aumentar as perdas de magnésio. Outros trabalhos verificaram lixiviação do  $\text{Mg}^{2+}$  da camada superficial para camadas mais profundas (MARTINS et al., 2002; CAIRES et al., 2003).

As doses de água-mãe apresentaram um modelo quadrático côncavo, no qual as doses abaixo e acima da mínima induziram a um maior acúmulo de S nesta camada. Diante deste compartimento, verifica-se que os dados não se ajustaram para uma explicação plausível. S apresenta comportamento bastante instável no solo (MALAVOLTA, 1980).

O teor de S foi maximizado na concentração  $1,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^3$  de cálcio em  $173,1 \text{ mgdm}^3$  de enxofre (Figura 15C). A partir da concentração  $1,26 \text{ cmol}_c\text{dm}^3$  de cálcio, todos os valores

foram superiores à testemunha. Duart (2019) também observou aumento do S no solo em função de doses de gesso.

As doses de carago e água-mãe não exerceram influência sobre a concentração de P na camada inicial do solo, contudo o tratamento comercial (28,8 mgdm<sup>3</sup>) obteve menor concentração em relação à testemunha (74,7 mgdm<sup>3</sup>), (Figura 15D). Rampim et al. (2013) verificaram que o gesso aumentou linearmente o teor de S disponível nas camadas de um latossolo vermelho de textura muito argilosa (0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade) cultivado com trigo e soja, mas P remanescente não foi influenciado e o P disponível aumentou.

#### 4.1.6 *Química do solo (camada de 10-20 cm)*

O pH, H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup> e Na<sup>+</sup> não foram influenciados pelos tratamentos, apenas o pH do tratamento comercial diferiu da testemunha (Tabela 10). A CE apresentou diferença para as doses de carago, no entanto apenas as doses de água-mãe e o tratamento comercial não foram semelhantes à testemunha (Tabela 10). Duart (2019), utilizando doses de gesso no cultivo de arroz irrigado, também não verificou alterações no pH do solo na camada 0-20 cm. O gesso não neutraliza o alumínio, mas modifica sua forma para uma menos tóxica (VAN RAIJ, 1991).

**Tabela 10-** Média dos dados e ANOVA para os nutrientes analisados na camada de 10-20 cm.

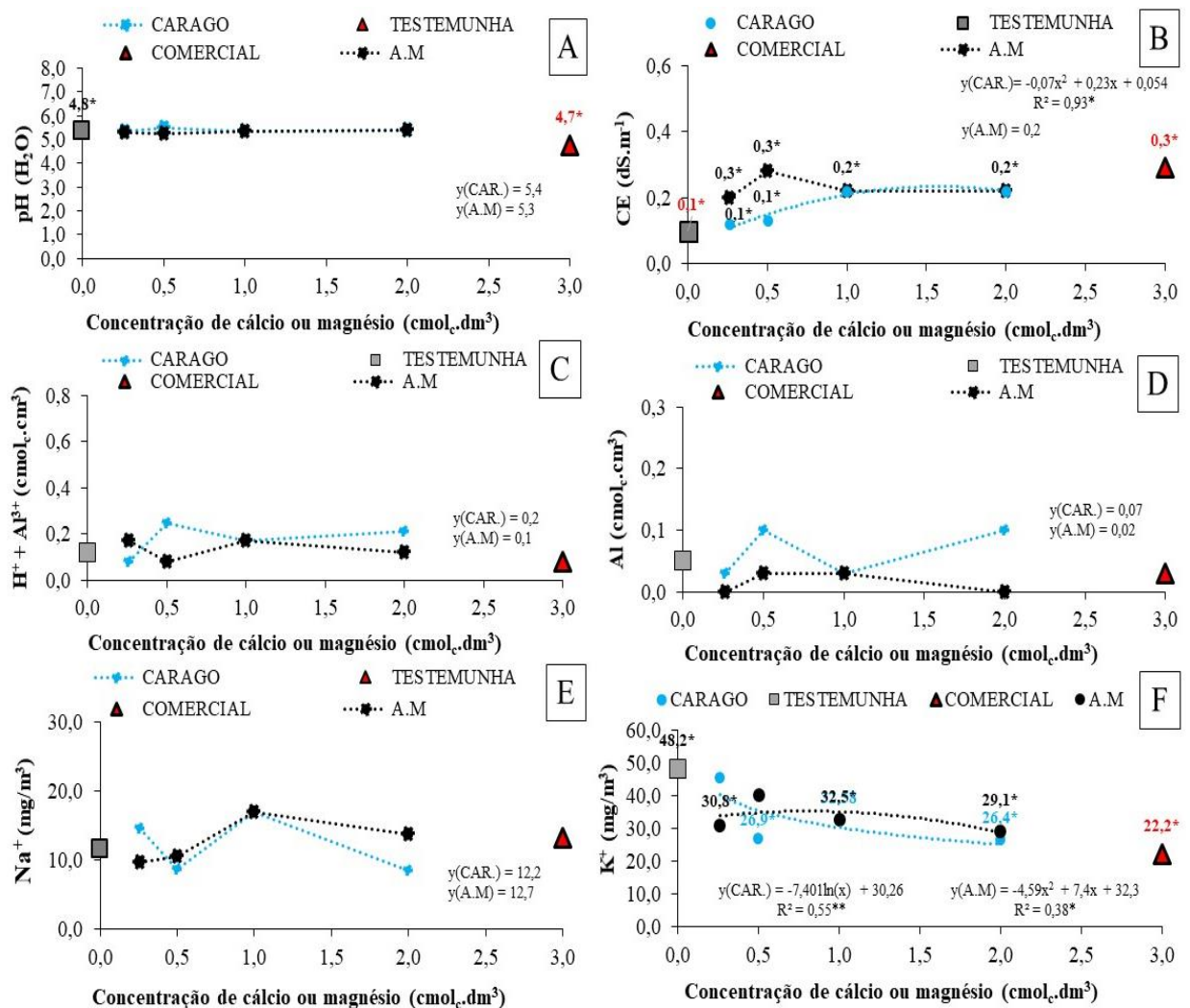
<b>CAMADA 10-20</b>										
<b>Trat</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>P</b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup></b>	<b>S</b>
<b>Médias</b>										
<b>C0M0</b>	5,33	0,10	0,86	0,97	0,05	21,63	11,62	48,20*	0,12	11,98*
<b>C1M2</b>	5,49	0,13	1,14	1,04	0,10	20,52	8,72	26,87	0,25	32,87
<b>C2M2</b>	5,33	0,22*	1,45	1,03	0,03	18,89	16,89	32,51	0,17	157,95
<b>C3M2</b>	5,41	0,22*	1,85	1,07	0,10	23,27	8,46	26,38	0,21	47,49
<b>C2M0</b>	5,32	0,20	1,72	0,51	0,00	20,84	9,77	30,80	0,17	83,26
<b>C2M1</b>	5,23	0,28*	1,63	1,00	0,03	30,54	10,56	41,09	0,08	17,15
<b>C0M2</b>	5,37	0,12	0,92	1,27	0,03	36,13	14,52	45,26	0,08	55,37
<b>C2M3</b>	5,39	0,22*	1,62	0,95	0,00	27,34	13,73	29,08	0,12	52,09
<b>C2M2-Com</b>	4,77*	0,29*	1,58	0,65	0,00	13,95	13,20	22,22	0,08	52,09
<b>Média geral</b>	5,29	0,20	1,42	0,94	0,04	23,68	11,94	33,60	0,14	60,63
<b>CV</b>	3,71	31,29	20,22	32,87	122,11	52,91	33,60	14,32	55,87	20,20
<b>F(Trat.)</b>	4,51**	4,96**	6,33**	2,16ns	3,25**	1,13ns	2,02ns	14,29**	2,19ns	53,19**
<b>Dms (Dunnett)</b>	0,39	0,12	0,57	0,61	0,09	24,72	7,92	9,49	0,16	24,20
<b>Estatística F</b>										
<b>Carago d. AM</b>	0,47ns	3,20*	8,03**	0,57ns	3,86*	1,56ns	4,43*	13,34**	3,15*	107,68**
<b>Linear</b>	0,00ns	7,16*	23,89**	0,65ns	3,16ns	1,57ns	2,21ns	21,88**	2,59ns	311,71**
<b>Quadr.</b>	0,00ns	0,45*	0,00**	0,96ns	0,02ns	2,98ns	0,79ns	7,56**	2,28ns	4,10*
<b>AM d. Carago</b>	0,468ns	1,48ns	0,64ns	2,42ns	0,43ns	0,76ns	2,63ns	4,92**	0,99ns	10,59**
<b>Linear</b>	0,58ns	0,00ns	0,29ns	2,66ns	0,03ns	0,13ns	2,94ns	2,46ns	0,07ns	0,01ns
<b>Quadr.</b>	0,33ns	1,24ns	1,36ns	4,01ns	1,20ns	0,01ns	2,59ns	4,56*	0,06ns	31,05**

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta (\* apenas na testemunha indica que diferiu de todos os tratamentos). Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms = Diferença mínima significativa. Quadr. = Quadrático.

De forma geral, para o Na<sup>+</sup> nesta camada, as concentrações foram inferiores às observadas na camada mais superficial do solo (Figura 16E). K<sup>+</sup> respondeu significativamente em função de todos os tratamentos. Confrontado a testemunha, os tratamentos foram significativamente diferentes, exceto a concentração 0,64 cmol<sub>c</sub>dm<sup>3</sup> de cálcio (Figura 16). A

testemunha absoluta ( $48,2 \text{ mgdm}^3$ ) obteve maior concentração de  $\text{K}^+$  em relação aos demais tratamentos ( $22,2\text{-}32,5 \text{ mgdm}^3$ ). Para doses de carago, o valor mínimo foi de  $25,5 \text{ mgdm}^3$  na concentração de  $1,7 \text{ cmol}_c\text{dm}^3$  de cálcio; para água-mãe, não houve ajuste pela equação (Figura 16F).

**Figura 16-** Potencial hidrogeniônico- pH (A), condutividade elétrica- CE (B), hidrogênio + alumínio (C), alumínio-  $\text{Al}^{3+}$  (D), sódio-  $\text{Na}^+$  (E) e potássio-  $\text{K}^+$  (F) em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 10-20 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.



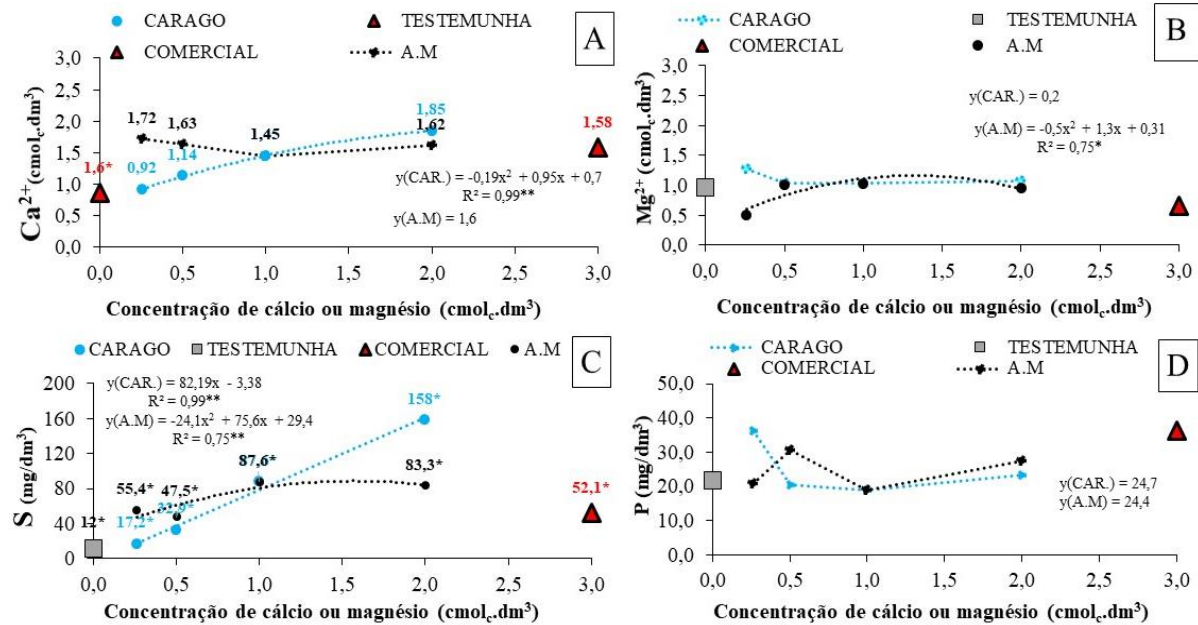
\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \*, representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

Cardoso e Morceli (2018) encontraram resultados semelhantes a este trabalho, pois o pH, alumínio, fósforo e potássio não apresentaram diferenças significativas na camada de 0-20 cm em função de doses de gesso agrícola em um Latossolo argiloso (Figura 16A, 16D e 17D). No entanto, a concentração de potássio apresentou alterações significativas pelas doses de gipsita, reduzidas com adição de cálcio (Figura 16F). Considerando que  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  são competidores, o aumento do  $\text{Ca}^{2+}$  pode ter favorecido para que ocorresse essa redução do teor de  $\text{K}^+$  no solo. Além disto, em solos arenosos o risco de lixiviação do  $\text{K}^+$  é alto, pois apresenta grande mobilidade no solo (RODRIGUES NETO et al., 2021). Outro facilitador é a alta concentração de  $\text{Ca}^{2+}$ , que pode contribuir para o deslocamento do  $\text{K}^+$  dos sítios na argila do solo, contribuindo, conseqüentemente, para sua lixiviação pela água de irrigação (CUSTÓDIO et al., 2005).

O teor de  $\text{Ca}^{2+}$  foi incrementado em função do aumento das doses de carago em 68,29%. A partir da concentração  $1,76 \text{ cmol}_c.\text{cm}^3$ , o efeito foi mais pronunciado do que a testemunha. As doses de água-mãe, mesmo não diferindo entre si, foram todas maiores que a testemunha (Figura 17A). Para  $\text{Mg}^{2+}$ , apenas as doses de água-mãe diferiram, mas para testemunha foram semelhantes (Figura 17B). A gipsita, por apresentar maior solubilidade, pode ter contribuído para que nesta camada tenha havido mais concentração do cálcio. Segundo Farias et al (2003), a combinação de calcário e gesso proporcionou aumento nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  para os níveis  $1,21\text{-}2,40 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e o magnésio para  $0,46\text{-}0,90 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  na profundidade de 0-20 cm. Duart (2019), estudando doses de gesso no cultivo de arroz irrigado, relatou aumento dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{S-SO}_4^{-2}$ , mas para o  $\text{Mg}^{2+}$  não houve efeito.



**Figura 17-** Teor de cálcio-  $\text{Ca}^{2+}$  (A), magnésio-  $\text{Mg}^{2+}$  (B), enxofre- S (C) e fósforo- P (D) em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 10-20 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.



\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \*, representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

A adição dos resíduos testados na correção do solo aumentou a concentração de S no solo em relação à testemunha, bem como o tratamento comercial. O teor de S nesta camada foi elevado com adição de carago em 270,2% quando elevou da dose 0 g/vaso para 11,8 g/vaso (Figura 17C). Para doses de água-mãe, o máximo foi de 87,6 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup> de S na concentração 1,6 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup> de magnésio (Figura 17C). Esse comportamento pode ser justificável pela presença do S na composição do carago e água-mãe e no tratamento comercial (sulfato de magnésio). Portanto, verificou-se que os resíduos disponibilizaram esse elemento até nesta camada. Assim como ocorreu na primeira camada a concentração de P, não houve interferência dos tratamentos em estudo (Figura 17D).

## 4.2 Segunda etapa de avaliação

### 4.2.1 Altura e diâmetro

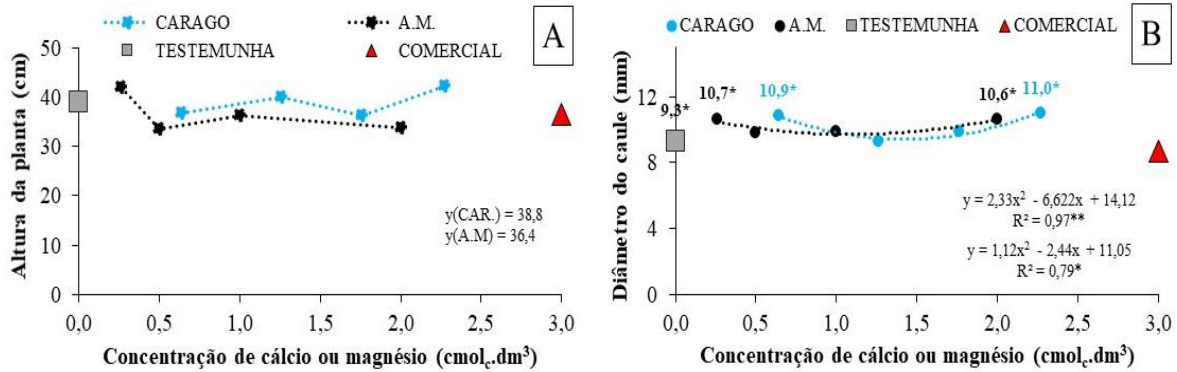
Aos 114 dias após a primeira fase de avaliação (174 DAS), foi verificado que a adição dos resíduos não apresentou efeito sobre a altura da planta das mudas de cajueiro anão-precoce. Além dos resíduos, o tratamento comercial também foi semelhante à testemunha (Tabela 11). Por outro lado, os extremos da dose de carago e água-mãe demonstraram diâmetro superior à testemunha (Figura 18B). Entretanto, a resposta côncava dificulta a interpretação do resultado.

**Tabela 11-** Média dos dados e ANOVA para altura e diâmetro.

<b>Trat</b>	<b>Altura</b>	<b>Diâmetro</b>
<b>Médias</b>		
<b>C0M0</b>	39,03	9,31
<b>C1M2</b>	39,98	9,30
<b>C2M2</b>	36,25	9,87
<b>C3M2</b>	42,25	11,03*
<b>C2M0</b>	42,11	10,66*
<b>C2M1</b>	33,47	9,62
<b>C0M2</b>	36,85	10,88*
<b>C2M3</b>	38,88	10,68*
<b>C2M2-Com</b>	36,65	8,71
<b>Média geral</b>	38,38	10,01
<b>CV</b>	12,5	5,1
<b>F(Trat.)</b>	1,44ns	10,66**
<b>Dms (Dunnett)</b>	9,45	1,00
<b>Estatística F</b>		
<b>Carago d. AM</b>	1,37ns	10,61**
<b>Linear</b>	1,86ns	1,99ns
<b>Quadr.</b>	0,38ns	25,47*
<b>AM d. Carago</b>	2,37ns	4,54**
<b>Linear</b>	0,11ns	0,68ns
<b>Quadr.</b>	4,81ns	11,23**

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias, o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta. Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms = Diferença mínima significativa. Quadr. = Quadrático.

**Figura 18-** Altura da planta (A) e diâmetro do caule (B) de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.

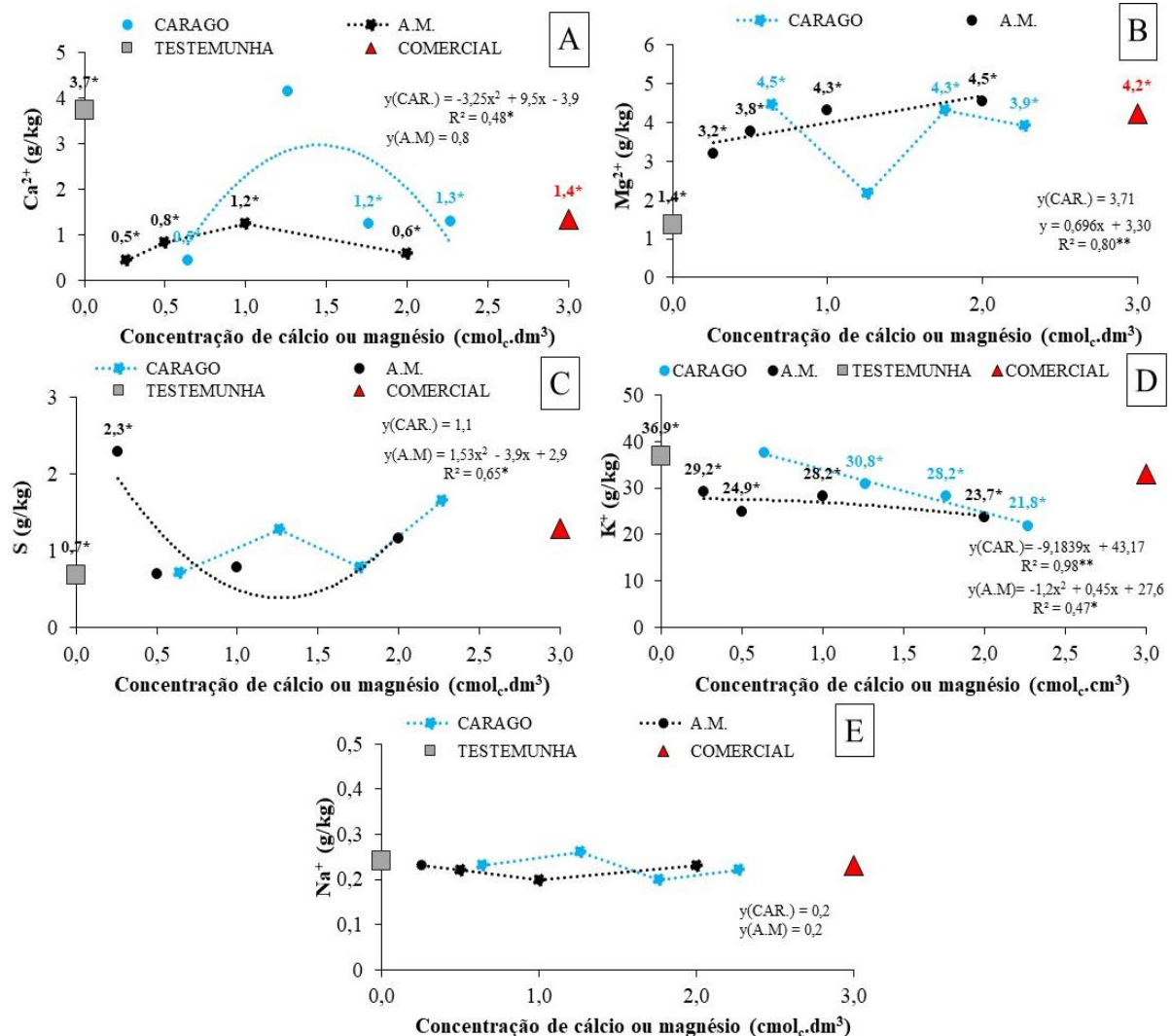


\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \* representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

#### 4.2.2 Nutrientes na folha

O comportamento do  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  aos 114 dias foi semelhante ao observado na primeira fase de avaliação (60 DAS). Em ambos os períodos, o teor destes nutrientes na folha foi maior na testemunha do que na maioria dos tratamentos (Figura 19A e 12A; 19D e 12F). Como discutido anteriormente, supõe-se que a baixa disponibilidade destes nutrientes contribuiu para seu acúmulo pela testemunha ou para inibição competitiva, pois a absorção de um dos cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ou  $\text{K}^{2+}$ ) pode influenciar na absorção do outro (MARSCHNER, 1995).

**Figura 19-** Teor de cálcio-  $\text{Ca}^{2+}$  (A), magnésio-  $\text{Mg}^{2+}$  (B), enxofre- S (C), potássio-  $\text{K}^+$  (E) e sódio-  $\text{Na}^+$  (E) na folha de mudas de cajueiro em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M). Mossoró-RN, 2021.



\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \*, representam as médias que diferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

O teor de  $\text{Ca}^{2+}$  na folha foi maximizado na concentração  $1,26 \text{ cmol}_c.\text{cm}^3$  de cálcio, contudo igualou-se à testemunha (Figura 19A). Por sua vez, a água-mãe promoveu menor acúmulo e as doses não difiram entre si (Tabela 12). O teor de  $\text{K}^+$  apresentou uma redução em função do aumento das doses de carago e água-mãe de 14,40% e 16,05%, respectivamente, mas o tratamento comercial não diferiu da testemunha (Figura 19D). Provavelmente, a redução do teor de  $\text{K}^+$  ocorrida na folha nesta etapa não interferiu no desenvolvimento das mudas, devido às aplicações de potássio realizadas em fundação e no decorrer do ensaio junto

à água de irrigação. Uma justificativa plausível para o menor acúmulo de potássio em função do aumento das doses de carago é a provável competição entre os cátions, uma vez que no solo e na planta ocorreu aumento da concentração de cálcio e magnésio. Almeida (2016) relata que a absorção de potássio pode ser reduzida pela alta concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo, pelo efeito de inibição competitiva. A absorção de um dos elementos  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  pode se beneficiar pela menor absorção de outro, pois eles competem de forma direta (MARSCHNER, 1995). Além disto, em solos arenosos o risco de lixiviação do  $\text{K}^+$  é alto, pois apresenta grande mobilidade no solo (RODRIGUES NETO et al., 2021).

**Tabela 12-** Média dos dados e ANOVA para os nutrientes na folha.

<b>Trat</b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>S</b>	<b>Na<sup>+</sup></b>
<b>Médias</b>					
<b>C0M0</b>	36,85	3,73	1,37	0,69	238,79
<b>C1M2</b>	30,81*	4,15	2,16	1,28	257,20
<b>C2M2</b>	28,16*	1,24*	4,30*	0,79	204,29
<b>C3M2</b>	21,83*	1,30*	3,92*	1,66	216,94
<b>C2M0</b>	24,93*	0,82*	3,19*	0,70	222,69
<b>C2M1</b>	23,71*	0,59*	3,77*	1,17	226,14
<b>C0M2</b>	37,42	0,45*	4,45*	0,79	225,68
<b>C2M3</b>	29,15*	0,63*	4,54*	2,29*	226,14
<b>C2M2-Com</b>	32,88	1,35*	4,23*	1,30	231,89
<b>Média geral</b>	29,53	1,58	3,55	1,19	22,9
<b>CV</b>	8,0	41,1	16,2	63,0	13,8
<b>F(Trat.)</b>	21,79**	18,02**	14,89**	2,03**	0,86ns
<b>Dms (Dunnett)</b>	4,68	1,28	1,13	1,47	62,08
<b>Estatística F</b>					
<b>Carago d. AM</b>	29,67**	24,99**	13,53**	1,27ns	2,06ns
<b>Linear</b>	87,09**	0,11ns	0,11ns	2,06ns	4,16ns
<b>Quadr.</b>	1,36**	22,41**	6,78*	0,24ns	0,49ns
<b>AM d. Carago</b>	4,76**	0,84ns	4,34*	3,83*	0,44ns
<b>Linear</b>	10,30**	0,02ns	11,49**	8,60**	1,18ns
<b>Quadr.</b>	0,00**	0,72ns	1,50**	1,38**	0,09ns

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta. Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms= diferença mínima significativa. Quadr. = Quadrático.

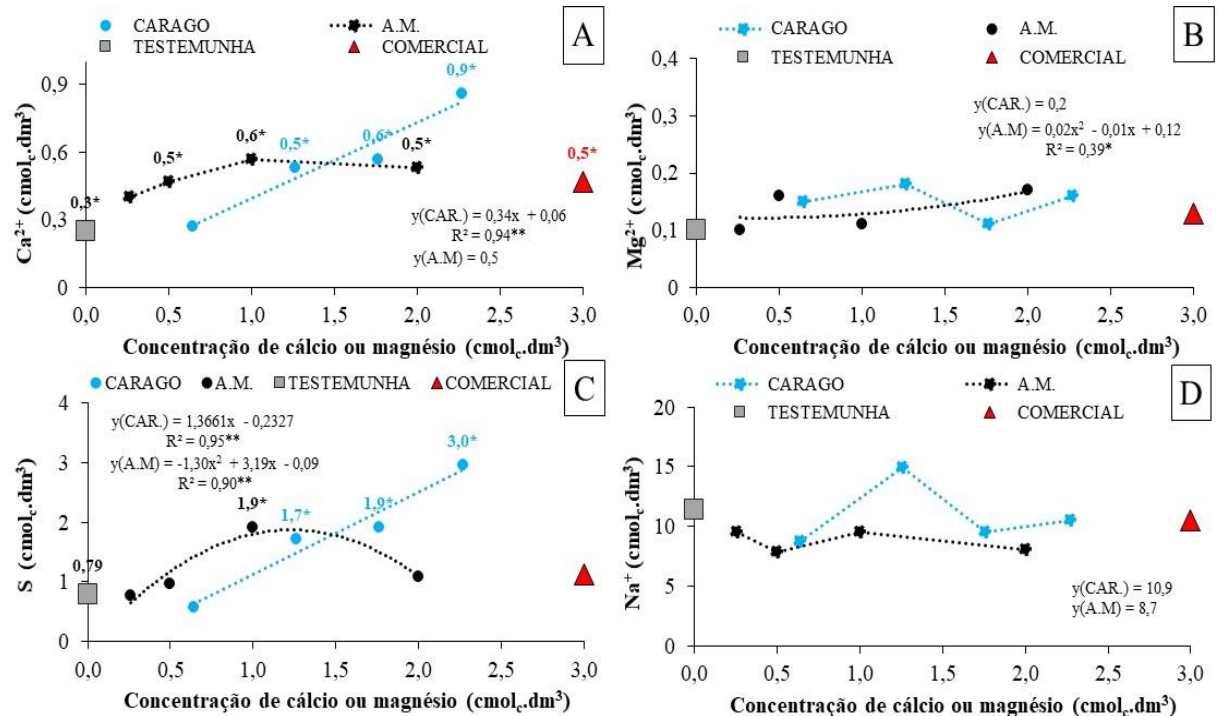
Quanto ao  $Mg^{2+}$  na folha, todos os tratamentos, exceto a concentração de  $1,76 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$  de cálcio, apresentaram maiores teores em relação à testemunha (Figura 19B). Sendo assim, observa-se que nesta fase de avaliação a planta extraiu mais magnésio do que no período inicial de avaliação, além de inicialmente o conteúdo de magnésio na folha não ter apresentado diferença relativamente à testemunha.

Nesta fase, o teor de S absorvido foi menos expressivo. As doses de carago não influenciaram o teor de S. Em relação às doses de água-mãe, a testemunha diferiu somente da menor dose (0 mL/vaso) (Figura 19C). O teor de  $Na^+$  manteve-se inalterado pelos tratamentos propostos (Figura 19E). Para esse elemento, também se apresentou semelhante ao observado nos 60 DAT, entretanto os teores foliares observados nesta etapa final foram bem inferiores ao verificado na primeira avaliação (Figura 12E). É importante destacar que os teores de sódio obtidos nesta presente pesquisa se encontram abaixo da faixa crítica relatada por Martins (2019) para o cajueiro-anão clone CCP 76, que variaram de 0,8 a 1,5 g/kg. Este comportamento é favorável, pois mesmo com um período maior os tratamentos não afetaram a absorção do  $Na^+$  na folha.

#### 4.2.3 *Química do solo (camada de 0-20 cm)*

O teor de  $Ca^{2+}$  nesta camada elevou-se em 199,6% com as doses de carago e não sofreu efeito pelas doses da água-mãe. No entanto, em relação à testemunha ( $0,2 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$ ) os demais tratamentos foram superiores ( $0,4-0,9 \text{ cmol}_c.\text{dm}^3$ ), exceto a menor dose de carago e água-mãe (0 g/vaso) (Figura 20A). Assim, verifica-se que adição de 11,8 g/vaso de carago proporcionou melhor resultado, com incremento expressivo em relação à menor dosagem.

**Figura 20-** Teor de cálcio-  $\text{Ca}^{2+}$  (A), magnésio-  $\text{Mg}^{2+}$  (B), enxofre- S (C) e sódio- $\text{Na}^+$  (D) em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 0-20 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.



\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com \*, representam as médias que deferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

Para o teor de  $\text{Mg}^{2+}$ , não houve efeito significativo, quando confrontada a testemunha com as doses de carago, água-mãe e o comercial (Tabela 13). Contudo, observa-se que nesta fase houve maior extração pela planta, além de que a constante irrigação pode ter contribuído para maior lixiviação do nutriente. De acordo com Custódio et al. (2005), o magnésio, quando adicionado na solução do solo, pode ser lixiviado pela água para camadas mais profundas.

**Tabela 13-** Média dos dados e resumo da ANOVA para os nutrientes analisados na camada de 0-20 cm e 20-40 cm.

Trat.	Na <sup>+</sup> 0 - 20	Mg <sup>2+</sup> 0 - 20	S 0 - 20	Ca <sup>2+</sup> 0 - 20	Ca <sup>2+</sup> 20 - 40
<b>Médias</b>					
<b>C0M0</b>	11,40	0,10	0,79	0,25	0,27
<b>C1M2</b>	14,94	0,18	1,72*	0,53*	0,49*
<b>C2M2</b>	9,57	0,11	1,91*	0,57*	0,54*
<b>C3M2</b>	10,49	0,16	2,96*	0,86*	0,76*
<b>C2M0</b>	7,89	0,16	0,96	0,47*	0,41
<b>C2M1</b>	8,10	0,17	1,08	0,53*	0,52*
<b>C0M2</b>	8,72	0,15	0,58	0,27	0,33
<b>C2M3</b>	9,56	0,10	0,78	0,40	0,43
<b>C2M2-Com</b>	10,54	0,13	1,13	0,47*	0,48*
<b>Média geral</b>	3,41	0,87	64,94	19,55	11,90
<b>CV (%)</b>	22,9	48,5	14,1	16,7	16,9
<b>F(Trat.)</b>	3,41*	0,87ns	64,94**	19,55**	11,90**
<b>Dms (Dunnett)</b>	4,58	0,13	0,37	0,16	0,16
<b>Estatística F</b>					
<b>Carago d. AM</b>	5,69**	0,83ns	108,56**	34,87**	19,09**
<b>Linear</b>	0,0ns	0,00ns	311,21**	101,31**	56,41**
<b>Quadr.</b>	3,43ns	0,32ns	5,15ns	0,41**	0,01**
<b>AM d. Carago</b>	0,61ns	1,14ns	28,64**	3,30*	2,47ns
<b>Linear</b>	1,38ns	2,21ns	0,76ns	2,19ns	0,00ns
<b>Quadr.</b>	0,16ns	0,03ns	59,74**	7,46*	7,34*

\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F; ns – não significativo. Nas médias, o \* indica que houve diferença significativa da testemunha absoluta. Trat.= tratamento. C= dose de carago; AM= dose de água-mãe. Com= comercial. CV= Coeficiente de variação. Dms = diferença mínima significativa. Quadr. = Quadrático.

Na segunda etapa, as doses de carago incrementaram linearmente em 347,1% a concentração de S no solo (Figura 20C). Com relação à água-mãe, apenas a concentração de 1,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup> de magnésio (1,9 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup>) diferiu da testemunha (0,8 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>3</sup>) (Figura 20C). Portanto, vem sendo verificado maior efeito do carago no fornecimento de S no solo em todas as camadas avaliadas, o que é esperado porque na composição do carago apresenta maiores quantidades.

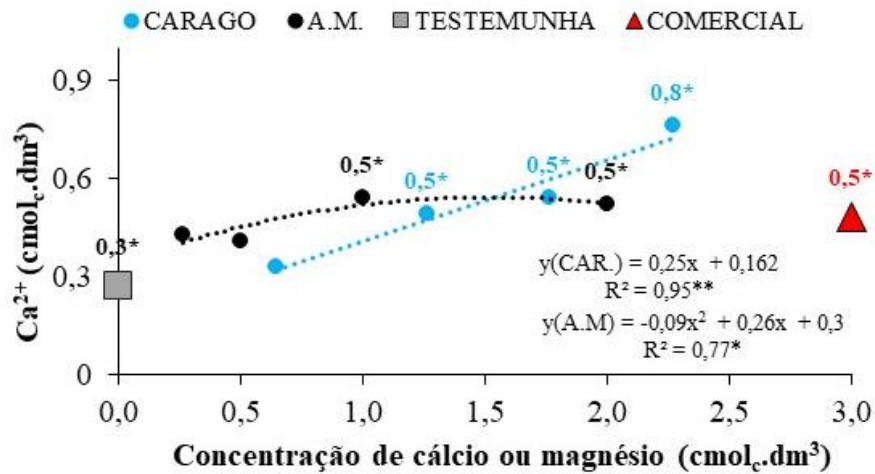
O teor de Na<sup>+</sup> não foi afetado pelos tratamentos estudados (Figura 20D), observando-se que o sódio sofreu pouca influência pelos tratamentos no solo e na planta nas duas fases de avaliação. Salienta-se que o solo no presente estudo é um solo arenoso, apresentando, portanto, alta porosidade e drenagem. O sódio é facilmente lixiviado em solos bem drenado porque é o cátion mais fraco retido no solo (MCBRIDE, 1994). Teores elevados de Na<sup>+</sup>



prejudicam o equilíbrio osmótico e, conseqüentemente, absorção de água, além de prejudicar o balanço nutricional (SCHOSSLER et al., 2012).

O teor de  $\text{Ca}^{2+}$  na camada de 20-40 cm (Figura 21A) apresentou comportamento similar ao obtido na camada 0-20 cm (Figura 20A). As doses de carago aumentaram o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  nesta camada linearmente em 126,55%; mesmo que em menores quantidades, pode-se perceber o efeito de liberação indicando tendência do carreamento deste elemento em profundidade proporcionado pelo carago (Figura 21). Pesquisas mostram que o gesso aumenta a concentração de cálcio na camada subsuperficial, o que corrobora com os resultados desta pesquisa (FARIA et al., 2003; SERAFIM et al., 2012; RAMOS et al., 2013; AMARAL et al., 2017). Além disso, as maiores doses de água-mãe também contribuíram para o acréscimo de cálcio no solo. Outro ponto é que a dissolução do gesso provoca a formação de pares iônicos neutros ( $\text{MgSO}_4$  e  $\text{CaSO}_4$ ) que contribui para aumentar a mobilidade desses elementos para profundidade (DIAS, 1992; CREMON et al., 2009).

**Figura 2-** Teor de cálcio-  $\text{Ca}^{2+}$  em função da concentração de cálcio (doses de carago) e magnésio no solo (doses de água-mãe-A.M) na camada 20-40 cm do solo. Mossoró-RN, 2021.



\*\* Significativo a 0,01 e \* significativo a 0,05 pelo teste F. Os valores que aparecem na série de dados com\* representam as médias que deferiram da testemunha. Na cor azul são as médias dos tratamentos do carago e preto da água-mãe.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O carago e água-mãe apresentaram potencial para correção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo, respectivamente. O carago potencializou a concentração de S no solo nas camadas avaliadas. E estes resíduos não afetaram negativamente a salinidade do solo.

As variáveis associadas ao crescimento e às trocas gasosas não foram afetadas pelos tratamentos testados, exceto o diâmetro na segunda etapa de avaliação. Assim, sugere-se que estes resíduos sejam testados em outras culturas cuja exigência destes nutrientes seja conhecida ou estudar a aplicação na cultura do cajueiro em um estágio de desenvolvimento mais avançado. Vale ressaltar que não há estudos desses resíduos com fins agrícolas, o que torna o trabalho inovador e proporciona informações para futuras pesquisas que venham a explorar mais o potencial desses subprodutos.

## REFERÊNCIAS

AIKPOKPODION, P. E.; ULOKO, B.; EDIBO, G. Nutrient dynamics in soil and cashew (*Anacardium occidentale* L.) leaf and kernel in Kogi State, Nigeria. **Journal of Applied Biosciences**, Nairobi, v. 25, p. 1573-1578, 2009.

ALMEIDA, M. L. B. **Qualidade e composição mineral de pedúnculos de clones de cajueiro-anão cultivados em Alto Santo e Beberibe, CE.** 93f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Piracicaba, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES, K. R. C. P. **Logística como ferramenta estratégica utilizada na minimização dos custos logísticos e maximização do desempenho econômico-financeiro: um estudo nas indústrias salineiras do Rio Grande do Norte.** 2011. 135f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

AMARAL, L. A.; ASCARI, J. P.; DUARTE, W. M.; MENDES, I. R. N.; SANTOS, E. S.; JULIO, O. L. L. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. **Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 35, p. 31-41, 2017.

AMORIM, F. F. V. R. **Doses de ferro no crescimento, trocas gasosas e eficiência nutricional de mudas enxertadas de cajueiro-anão.** 2019. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

ARAÚJO, E. B. G. **Produção de porta-enxerto de cajueiro anão precoce com águas salinizadas e doses de matéria orgânica.** 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2017.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, California, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.

BARROS, L. M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREA, M. P. F.; MESQUITA, A. L. M. Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão-precoce. **Embrapa-CNPAT**, Fortaleza, p. 1-65, 1993.

BEZERRA, C. J. E. **Análise comparativa entre as propriedades do gesso obtido de rejeito da produção de sal e gesso comerciais**. 2013. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

BORGES, D. H. D. A. **Efeito do silicato de cálcio e magnésio e do gesso agrícola no crescimento, produção e potencial hídrico da cana-de-açúcar**. 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: produção vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Lages, 2012.

BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; LANTMANN, A. F. Considerações sobre o uso do gesso na agricultura. **Embrapa**, Londrina, p. 1-5, 1987.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. 2. ed. Reino Unido: Editora American Society of Plant Biologist, 2015.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 275-286, 2003.

CARDOSO, S.; MORCELI, A. A. Efeito do gesso agrícola nos atributos químicos do solo em pastagem. **Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural**, Mato Grosso do Sul, v. 1, p. 1-16, 2018.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro-anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 199-206, 2002.

CAVALCANTI JÚNIOR, A. T.; BARROS, L. M. Jardins clonais e jardins de semente. In: BARROS, L. M. Caju produção: aspectos técnicos. **Embrapa**, Fortaleza, p. 95-131, 2002.

COSTA, D. F. S.; SILVA, A. A.; MEDEIROS, D. H. M.; LUCENA FILHO, M. A.; ROCHA, R. M.; LILLEBO, A. I.; SOARES, A. M. V. M. Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). **Sociedade & Natureza**, Caicó, v. 25, n. 1, p. 21-34, 2013.

COSTA, D. M. **Efeito da utilização de gesso na produtividade do milho para silagem**. 2017. 38f. Monografia (Bacharelado em Ciências Agrárias) - Instituto Ciências Agrárias- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unai, 2017.

COSTA, L. P. **Estercos de bovino e de frango no estabelecimento e desenvolvimento do cajueiro-anão**. 2019. 68f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia/Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Balanço Mineral Brasileiro. 2001. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-magnesita>. Acesso em: 17 jan. 2021.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral>. Acesso em: 22 jan. 2021.

DUART, V. M. **Calagem e uso de gesso agrícola na produção de arroz irrigado**. Ponta Grossa, 2019. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Nutrientes. 2020. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva\\_para\\_processamento/arvore/CONT000gr678d9z02wx5ok0id7g9o66bhpf8.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva_para_processamento/arvore/CONT000gr678d9z02wx5ok0id7g9o66bhpf8.html). Acesso em: 15 dez. 2020.

FAOSTAT. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Castanha de caju com casca. 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 04 mar. 2022.

FARIA, C. M. B.; COSTA, N. D.; FARIA, A. F. Ação de calcário e gesso sobre características químicas do solo e na produtividade e qualidade do tomate e melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 615-619, 2003.

FERNANDES, R. T. V.; CUNHA, G. N.; PINTO, A. R. M.; FRANÇA, C. J. B.; SILVA, J. M. C. I.; NASCIMENTO, L.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, J. F. Capacidade de diluição de efluentes da indústria salineira em estuários de regiões semiáridas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 217-234, 2020.

FERRARI, M. B. F. T. **Aproveitamento de águas-mães para recuperação do cloreto de magnésio usado na produção do magnésio metálico**. 2002. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

FREITAS, B. M. Plano de manejo para polinização da cultura do cajueiro: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica. **Funbio**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 1-52, 2014.

GIROTTI, C. F. **Cálcio e sinalização do restabelecimento vegetal após estresse mecânico**. 2019. 90f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2019.

GOMES, M. F. **Otimização do tempo e temperatura no processamento da gipsita oriunda dos cristalizadores da produção de sal para obter gesso de uso na construção civil.** 2012. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012.

GOMES, M. F.; GOMES, Y. F.; FREITAS, J. C. O.; MELO, M. A. F. **Caracterização química e mineralógica da gipsita oriunda dos cristalizadores da indústria salinera.**

Disponível em:  
[http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:5pAY3aqq5GwJ:scholar.google.com/+CHARACTERIZA%C3%87%C3%83O+QU%C3%8DMICA+E+MINERAL%C3%93GICA+DA+GIPSITA+ORIUNDA+DOS+CRISTALIZADORES+DA+IND%C3%9ASTRIA+SALINEIRA&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5](http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:5pAY3aqq5GwJ:scholar.google.com/+CHARACTERIZA%C3%87%C3%83O+QU%C3%8DMICA+E+MINERAL%C3%93GICA+DA+GIPSITA+ORIUNDA+DOS+CRISTALIZADORES+DA+IND%C3%9ASTRIA+SALINEIRA&hl=pt-BR&as_sdt=0,5). Acesso em: 27 out. 2020.

HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. D.; SCOTON, L. C.; DECHEN, A. R. Nutrição mineral do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). In: III - Absorção de nutrientes - nota prévia. **Anais d E.S.A. “Luíz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 32, p. 197-204, 1975.

HOLANDA, J. S.; DANTAS, J. A.; MEDEIROS, A. A.; FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J. F.; GUEDES, F. X. Indicações para Adubação de Culturas em Solos do Rio Grande do Norte. **Emparn**, Parnamirim, v. 1, p. 1-62, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola. 2020. Disponível em:  
<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72415>.  
 Acesso em: 27 nov. 2020.

INAGAKI, T. M. **Calagem e gessagem como estratégias para aumento do sequestro de carbono em plantio direto.** 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia, Universidade Estadual De Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

LACERDA, C. F. **Fisiologia Vegetal.** 2007. Disponível em:  
[http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/APOSTILA/APRESENTACAO\\_DA\\_APOSTILA.pdf](http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/APOSTILA/APRESENTACAO_DA_APOSTILA.pdf).  
 Acesso em: 17 jan. 2021.

LIMA, R. D. L. S. D.; OLIVEIRA, V. H. D.; FERNANDES, V. L. B.; HERNANDEZ, F. F. F. Acúmulo de N, K, Ca, Mg e S na matéria seca da parte aérea de mudas de cajueiro-anão-precoce submetidas a níveis crescentes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 25, p. 148-151, 2003.

LOPES, J. E. M. **Análise da cadeia de valor como instrumento de vantagem competitiva: um estudo na indústria salineira do Rio Grande do Norte**. 2010. 96f. Dissertação (Mestrado ciências contábeis) - Universidade Federal da Paraíba e da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

MAIA, M. T. A. **Circuito espacial de produção de sal: o uso do território do município de Macau/RN pelas indústrias salineiras**. 2011. 161f. Dissertação (Mestrado em Dinâmica e Reestruturação do Território) – Centro de Ciências, Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. 1. ed. São Paulo: CERES, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 3.ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 4. ed. Londres: Academic Press, 1995.

MARTINS, O. C.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARRO, N. F.; RIBEIRO, A. C. Resposta a aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso em solos. II Crescimento de raízes, absorção de nutrientes e produtividade da soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 45, n. 261, p. 451-466, 2002.

MARTINS, T. D. S.; SERRANO, L. A. L.; HAWERROTH, F.; TANIGUCHI, C.; MELO, D.; FEITOSA, M. Substratos comerciais e adubo de liberação lenta (NPK 16-08-12) na produção de porta-enxerto de cajueiro? CCP 06?, a pleno sol. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2, 2014, Ilhéus. **Anais de congresso (ALICE)**. Ilhéus: UESC, 2014. Disponível em:



<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1006968/1/RES14023.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2022.

MARTINS, T. S. **Folha-diagnóstica e faixa crítica de nutrientes em folhas de cajueiro-anão**. 2019. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MCBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. 1. ed. Nova York: Oxford University Press, 1994.

MEDEIROS, A. B. **Uso de prolina na produção de porta-enxerto de cajueiro sob irrigação com águas salinizadas**. 2018. 63 f. (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – PB, 2018.

MELO, J. K. H. **Avaliação de diferentes substratos na produção de porta-enxerto de tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.)**. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2008.

MENDES, A. et al. Produção de sal. Universidade do Porto, 2012. Disponível em: <https://alvarovelho.net/attachments/article/47/producaosal.PDF>. Acesso em: 04 mar. 2022.

MENDONÇA, V.; MENDONÇA, L. F. M. **Fruticultura Tropical: bananeira, cajueiro e mangueira**. 1. ed. Mossoró: Editora Edufersa, 2013.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S. E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012.

NATALE, W.; ROZANE, D. E. **Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas**. 1. ed. São Paulo: Editora UFV, 2018.

NORA, D. D.; AMADO, T. J.; BORTOLOTTI, R. F.; FERREIRA, A. O.; KELLER, C.; KUNZ, J. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 1-10. 2014.

OLIVEIRA, A. R. R. **Salinidade da água de irrigação na produção de fitomassa e acumulação de nutrientes no cajueiro anão precoce**. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa, v. 2, p.392-486, 2002.

OLIVEIRA, F. N. S.; DE AQUINO, A. R. L.; LIMA, A. A. C. Correção da acidez e adubação mineral em solos de Cerrado cultivados com cajueiro anão precoce enxertado. **Embrapa**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 1-32, 2000.

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; REYNIER, F. N. Efeito do fosfogesso na produção de feijão e arroz e no comportamento de alguns nutrientes. In: RIVALDO, O.F. **Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura**. Brasília, DF, 1985. p. 45-59.

OLIVEIRA, R. C. A. **Trocas gasosas de espécies arbóreas em resposta à variação de temperatura foliar**: efeito do ambiente topográfico na Amazônia Central. 2019. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

OLIVEIRA, V. H., TANIGUCHI, C. A. K., CRISÓSTOMO, L. A. **Nutrição mineral do cajueiro**. 2. ed. Fortaleza: Editora Ampla, 2013.

PETTA, R. A.; NASCIMENTO, S. V.; DUARTE, C. R. Análise do estudo multitemporal do uso e ocupação do município de Grossos/RN através de técnicas geoprocessamento. In:

Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju. 2004. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr2/pdfs/poster19.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2021.

PEREIRA, C. S. **Análise dos parâmetros físico-químicos de salmouras e do sal produzido pela salinor– salinas do nordeste S/A.** 2017. 47 f. Monografia (Engenharia Química) - Centro de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2017.

PINHEIRO, B. M. S. **Avaliação dos possíveis impactos da atividade salineira através do monitoramento da qualidade da água e sedimento do estuário Tomás-Galinhos em Galinhos/RN.** 2016. 112 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

PINHO, B. M. **Uso de diferentes substratos para a produção de mudas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.).** 2018. 45 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** 2. ed. São Paulo: Editora NBL, 2002.

RAMOS, B. Z.; TOLEDO, J. P. V. F.; LIMA, J. M. D.; SERAFIM, M. E.; BASTOS, A. R.; R., GUIMARÃES, P. T. G.; COSCIONE, A. R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 1018-1026, 2013.

RAMPIM, L.; CARMO LANA, M.; FRANDOLOSO, J. F. Fósforo e enxofre disponível, alumínio trocável e fósforo remanescente em Latossolo Vermelho submetido ao gesso cultivado com trigo e soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1623-1638, 2013.

RIBEIRO, J. L.; DO VAL, A. D. B.; DE ARAÚJO NETO, P. R. Recomendações técnicas para o cultivo do cajueiro anão-precoce na Região Meio-Norte do Brasil. **Embrapa**, Teresina, v. 1, p. 1-7, 2008.

RIBEIRO, R. H.; NOBRE, L. H. N.; NOBRE, F. C.; CALIL, J. F. Análise de viabilidade financeira de um investimento em uma empresa da indústria salineira com simulação de Monte Carlo. **Exacta**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 511- 525, 2016.

RODRIGUES NETO, J.; PEREIRA, D. P.; TORRES, J. L. R.; CARVALHO, F. J.; CHARLO, H. C. D. O. Potassium sources and calcium and magnesium doses in carrot crop fertilization. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 39, p. 127-132, 2021.

SALINOR. Salinas do Nordeste S/A. Disponível em: <http://www.salinator.com.br/indexen.html>. Acesso em: 17 out. 2020.

SANTOS, R. M. **Adubo de liberação controlada e foliar na produção de mudas de cajueiro-anão ‘BRS 226’**. 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R., ... & CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Embrapa**, Brasília, p. 1-355, 2018.

SANTOS, P. D.; SOUSA BARROS, E.; MACEDO RODRIGUES, R.; INÔ, C. F. A.; MEDEIROS, J. G. F.; DSILVA, J. V. B. Adubação mineral e orgânica na produção do cajueiro anão precoce. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2019.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F.; PIAUILINO, A. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1-16, 2012.

SERAFIM, M. E.; LIMA, J. M.; LIMA, V. M. P.; ZEVIANI, W. M.; PESSONI, P. T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p. 30-40, 2012.

SERRANO, L. A. L.; CAVALCANTI JUNIOR, A. T. Produção de mudas de cajueiro. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, v. 42, p. 1-43, 2016.

SERRANO, L. A. L.; FEITOSA, M. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; MARTINS, T. S.; MELO, D. S. Aplicação de calcário e gesso agrícola na produção de porta-enxerto de cajueiro ‘CCP 06’ e mudas de cajueiro-anão ‘CCP 76’. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, p. 1-31, 2018.

SERRANO, L. A. L.; MELO, D. S.; TANIGUCHI, C. A. K.; VIDAL NETO, F. D. C.; CAVALCANTE JÚNIOR, L. F. Porta-enxertos para a produção de mudas de cajueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 1237-1245, 2013.

SERRANO, L. A. L.; OLIVEIRA, V. H. Sistema de produção de caju: Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, p. 77-165, 2013.

SERRANO, L. A. L.; PESSOA, P. F. A. P. **Sistema de produção do caju**: aspectos econômicos da cultura do cajueiro. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016.

SERRANO, L. A. L.; FANTON, C. J.; MARTINS, A. G. Substratos orgânicos e adubo de liberação lenta na produção de mudas de cajueiro-anão-precoces. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza, v. 1, p. 1-25, 2012.

SILVA, S. L. P. **Uma análise da indústria salineira do Rio Grande do Norte baseada no modelo de estratégia competitiva de Porter**. 2001. 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes/editor técnico. **Embrapa**, Brasília, v. 2, p. 1-627, 2009.

SILVA, C. L. C.; GRIGIO, A. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; OLIVEIRA JUNIOR, H. S. Potencialidade da produção de óxido de magnésio a partir do efluente salino proveniente da produção de sal marinho no município de Grossos/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Natal, v. 10, n. 3, p. 894-905, 2017.

SILVA, S. L. P. **O desenvolvimento territorial do aglomerado produtivo da indústria salineira do RN.** 2019. 218f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SOARES, E. M. R.; BASEGGIO, E. A.; SENA, S. P.; PEREIRA, M. D. Emergência e desenvolvimento inicial de plântula de cupuaçu em substrato enriquecido com biofertilizante. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Dois Vizinhos, v. 9, n. 1, p. 176-184, 2014.

SOUSA, R. C. **Espécies das Ordens Diptera e Thysanoptera associadas ao cajueiro (Anacardium occidentale L.) no Brasil.** 2018. 44f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SOUZA, N. C. S. **Fotossíntese e proteção oxidativa em mudas de cajueiro expostas a uma alta pressão de CO<sub>2</sub> e salinidade.** 2012. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

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

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa**, Brasília, v. 3, p. 1-574, 2017.

TURKAN, I.; DEMIRAL, T. Recent developments in understanding salinity tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, Spain, v. 6, n. 1, p. 2-9, 2009.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação.** 3. ed. Piracicaba: Editora Potafos, 1991.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Informações recentes para otimização da produção agrícola. **Informações agrônômicas**, Campinas, n. 117, p. 1-28, 2007.