



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: SOLOS E NUTRIÇÃO DE
PLANTAS

WILIANA JÚLIA FERREIRA DE MEDEIROS

**RESPOSTAS E ADAPTAÇÕES DE PLANTAS JOVENS DE COQUEIRO-ANÃO-
VERDE À SALINIDADE DO SOLO E ENCHARCAMENTO**

FORTALEZA

2016

WILIANA JÚLIA FERREIRA DE MEDEIROS

RESPOSTAS E ADAPTAÇÕES DE PLANTAS JOVENS DE COQUEIRO-ANÃO-VERDE
À SALINIDADE DO SOLO E ENCHARCAMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

Coorientador: Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

M438r

Medeiros, Wiliana Júlia Ferreira de.

Respostas e adaptações de plantas jovens de coqueiro-anão-verde à salinidade do solo e encharcamento. / Wiliana Júlia Ferreira de Medeiros. – 2016.

93 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza, 2016.

Área de Concentração: Solos afetados por sais

Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

Coorientação: Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante

1. Coqueiro. 2. Solos – Salinidade - Ceará. 3. Agronomia. I. Título.

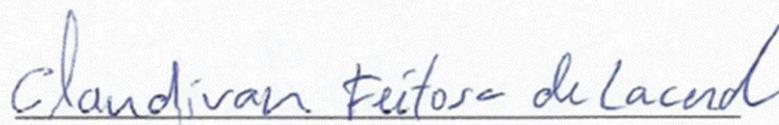
CDD 631.4

WILIANA JÚLIA FERREIRA DE MEDEIROS

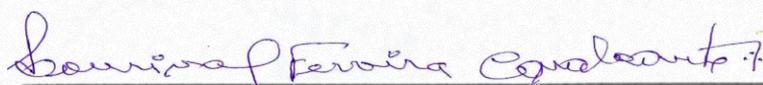
RESPOSTAS E ADAPTAÇÕES DE PLANTAS JOVENS DE COQUEIRO-ANÃO-VERDE
À SALINIDADE DO SOLO E ENCHARCAMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

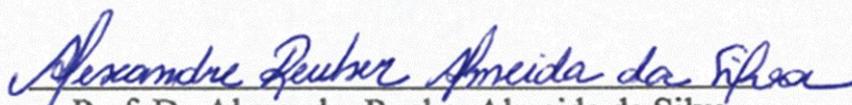
Aprovada em: 22/03/2016.



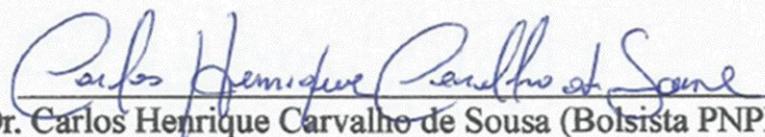
Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante (Coorientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dr. Alexandre Reuber Almeida da Silva
Instituto Federal do Piauí (IFPI)



Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa (Bolsista PNPB)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, irmãos e, em especial, ao meu
noivo, amigo e companheiro, Ítalo Oliveira.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos, força, sabedoria e perseverança para superar as adversidades.

À minha família, em especial, aos meus pais, Ângela e José (Tuta), aos meus irmãos Artur e Cleide, ao meu sobrinho Otávio e ao nosso pet Reck. Amo muito vocês!

Ao meu noivo, colega de equipe, amigo e companheiro, Ítalo Oliveira, por todo amor, dedicação e apoio dado durante essa fase. És muito especial, me ensinaste muitas coisas, e uma delas foi que por mais que o caminho esteja difícil, devo prosseguir, pois lá na frente, quando essa fase já estiver no final, olharei para trás e me sentirei vitoriosa. Obrigada, meu amor, por sempre estar ao meu lado, me dando forças para continuar. Te amo!

Ao Professor Claudivan Feitosa de Lacerda pela orientação, exemplo de professor/pesquisador, ensinamentos, acessibilidade e paciência.

Ao Professor Lourival Ferreira Cavalcante, pelo apoio financeiro dado à nossa pesquisa, amizade e carinho.

Ao Doutor Carlos Henrique Carvalho de Sousa, por toda ajuda prestada durante as avaliações fisiológicas do experimento.

Ao professor Alexandre Reuber Almeida da Silva, pelas valiosas sugestões na fase inicial do experimento.

À CAPES, pelo apoio financeiro, com a manutenção da bolsa de estudo.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTsal), pelo suporte financeiro que viabilizou a realização da pesquisa.

Aos colegas do Laboratório de Relações Solo-Água-Planta, Leila, Carlos Henrique, Régis, Jardelson, Aureliano, Mayara, Emanuelle, em especial, Ítalo, Maria da Saúde, Adriana e Davi, pela amizade e por toda a ajuda prestada na condução do experimento.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, professores e colegas da turma de mestrado: Jardelson, Jaciane, Ana Carolina, Carla e Dimitri, pelos ótimos momentos, horas de estudo, diversão e companheirismo.

Aos colegas Régis, Bruno, Edineide e Isabel, por terem me acolhido quando cheguei em Fortaleza, no início do curso de mestrado.

À equipe de apoio da Estação Agrometeorológica da UFC, em especial, ao Weverton e ao Ricardo, pela ajuda prestada durante o período experimental.

“O mistério gera curiosidade e a curiosidade é a base do desejo humano para compreender.”

(Neil Armstrong)

RESUMO

A cocoicultura, no Brasil, se destaca por sua importância econômica e social. O cultivo do coqueiro vem sendo introduzido em várias regiões do país, e a região Nordeste se destaca com as maiores plantações e produções. Atualmente, um dos principais problemas no setor agrícola, sobretudo, em regiões semiáridas, vem sendo o processo de salinização dos solos. O problema é acentuado mediante a utilização de águas com alta concentração de sais. Outro fator existente nos ambientes salinos é o excesso de água, notadamente, em solos argilosos e com drenagem deficiente. A utilização de espécies vegetais tolerantes à salinidade tem sido uma estratégia recomendada para promover a reabilitação de solos degradados pelo excesso de sais. Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar os efeitos das associações entre salinidade do solo e encharcamento, nas respostas e adaptações de plantas jovens de coqueiro-anão-verde. O experimento foi conduzido, em ambiente protegido, na área experimental da Estação Agrometeorológica - Campus do Pici, da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza – Ceará, sob delineamento estatístico de blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas com cinco repetições. Nas variáveis em que os dados foram coletados ao longo do tempo, o delineamento estatístico foi arranjado em parcelas subdivididas. As parcelas foram formadas por cinco ciclos de encharcamento (0; 1; 2; 3 e 4), aos 30, 60, 90 e 120 dias, com duração de quatro dias cada ciclo, e as subparcelas foram constituídas por cinco níveis de salinidade do solo (1,70; 11,07; 16,44; 22,14 e 25,20 dS m⁻¹). Variáveis biométricas, fisiológicas e nutricionais foram avaliadas nas plantas. No solo, avaliaram-se a fertilidade e a condutividade elétrica (CE). A inibição do crescimento das mudas foi ocasionada muito mais pela salinidade do solo, do que pelo encharcamento. Os efeitos do encharcamento do solo sobre o crescimento das mudas diminuiu, com aumento da salinidade. As trocas gasosas foram influenciadas, principalmente, pelo fator salinidade do solo, sendo que estas respostas foram relacionadas à causas estomáticas e não estomáticas. O fator salinidade resultou em acúmulo de P e K no solo, sendo consequência do menor crescimento e da menor extração pelas plantas. A redução no crescimento e nas trocas gasosas foliares está associada aos efeitos osmóticos, e ao aumento nos teores foliares de íons potencialmente tóxicos (Na⁺ e Cl⁻). Os resultados não evidenciaram indução de deficiência nutricional. As plantas de coqueiro apresentaram potencial para serem utilizadas em programas de revegetação, em áreas afetadas por sais, até o nível salino de 11,07 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Cocos nucifera* L, estresse salino, excesso de água.

ABSTRACT

The coconut crop in Brazil stands out for its economic and social importance. The coconut cultivation has been introduced in several regions of the country, however, the Northeast stands out with the largest plantations and production. Currently, a major problem in the agricultural sector, especially in semi-arid regions, has been the process of soil salinization. This problem is accentuated by the use of water with high salt concentration. Another factor existing in saline environments is excess water, especially, in clay soils and with poor drainage. The use of species tolerant to salinity has been a recommended strategy, to promote the rehabilitation of degraded soils by excess salts. Thus, the objective of this work, was to evaluate the effects of the associations between soil salinity and waterlogging, at the responses and adaptations of young plants of coconut. The work was conducted, in a greenhouse, in the experimental area of the Meteorological Station, Campus Pici, the Federal University of Ceará, in Fortaleza – Ceará, a randomized block design arranged in split plot scheme, with five repetitions, was used. The variables on which the data were collected over time, the experimental design was arranged in split split plots. The plots were formed by five cycles of waterlogging (0; 1; 2; 3 e 4), to 30, 60, 90 e 120 days, lasting four days each cycle, and the subplots were constituted by the five levels of soil salinity (1.70; 11.07; 16.44; 22.14 e 25.20 dS/m). Biometric, physiological and nutritional variables were evaluated in plants. In the soil, were evaluated fertility and the electrical conductivity (EC). The growth inhibition of the seedlings was caused more by soil salinity, than by waterlogging. The effects of waterlogging on the growth of plants decreases, with increasing salinity. Gas exchanges were influenced, mainly, by the soil salinity factor, and these responses were related to stomatal causes and not stomatal. The salinity factor resulted in accumulation of P and K in the soil, consequence of lower growth and lower extraction by plants. The reduction in growth and leaf gas exchange is associated with osmotic effects, and an increase in foliar levels of potentially toxic ions (Na^+ and Cl^-). The results did not evidenced nutritional deficiency induction. The coconut plants presented potential to be utilized in revegetation programs, in areas affected by salts, up to the salt level of 11.07 dS/m.

Keywords: *Cocos nucifera* L, salt stress, excess water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Dados médios de temperatura e umidade relativa do ar (A). Dados médios de luminosidade, entre 6:00 e 18:00 horas (B). Data-logger utilizado na coleta dos dados de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade, instalado no interior da casa de vegetação (C). Tanque Classe A utilizado no monitoramento da evaporação e manejo da irrigação (D).	26
Figura 2	– Mudanças de coqueiro-anão-verde, com 60 dias de germinadas, utilizadas como material vegetal no experimento	27
Figura 3	– Croqui do experimento.....	28
Figura 4	– Visão abrangente das parcelas experimentais.....	29
Figura 5	– Lâmina de água contida nos vasos durante os ciclos de encharcamento.....	31
Figura 6	– Dreno colocado nos vasos para remoção dos eventuais excessos de água ocasionados pelos ciclos de encharcamento (A). Camada de brita nº1 colocada nos vasos para promover a livre drenagem (B). Manta geotêxtil colocada acima da camada de brita, em cada vaso, para evitar as perdas de solo (C). Fertilizantes químicos adicionados ao solo antes do transplântio (D).....	32
Figura 7	– Mensuração da altura das plantas de coqueiro.....	35
Figura 8	– Mensuração do diâmetro caulinar das plantas de coqueiro.....	35
Figura 9	– Mensuração da área foliar das plantas de coqueiro.	36
Figura 10	– Coleta das plantas de coqueiro para determinação da biomassa da parte aérea.	38
Figura 11	– Avaliação das trocas gasosas foliares nas plantas de coqueiro.....	40
Figura 12	– Avaliação do conteúdo de clorofila total nas plantas de coqueiro.....	41
Figura 13	– Coleta das amostras de solo para análises ao final do experimento.....	42
Figura 14	– Altura de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.....	45
Figura 15	– Diâmetro caulinar de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.....	47
Figura 16	– Número de folhas de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e épocas de avaliação (A) e níveis de salinidade do solo e épocas de avaliação (B).....	48
Figura 17	– Taxas de crescimento absoluto TCA-AP (A) e TCA-DC (B), e taxas de	

	crescimento relativo TCR-AP (C) e TCR-DC (D) em altura e diâmetro, de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.....	50
Figura 18	– Área foliar – AF (A) e área foliar específica – AFE (B), de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.....	53
Figura 19	– Suculência foliar de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.....	54
Figura 20	– Biomassa seca da parte aérea de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.....	56
Figura 21	– Condutância estomática de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (A) e após a exposição aos ciclos de encharcamento (B).....	62
Figura 22	– Fotossíntese de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (A) e após a exposição aos ciclos de encharcamento (B).....	63
Figura 23	– Transpiração de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (A) e após a exposição aos ciclos de encharcamento (B).....	65
Figura 24	– Concentração interna de CO ₂ de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (A) e após a exposição aos ciclos de encharcamento (B).....	66
Figura 25	– Teores de clorofila total (Índice SPAD) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos níveis de salinidade do solo e épocas de avaliação (A) e ciclos de encharcamento e épocas de avaliação (B).....	69
Figura 26	– Teores foliares de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), sódio (F) e cloro (G), contidos nas plantas de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.....	71
Figura 27	– Teores de fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D), sódio (E) e cloro (F), contidos no solo cultivado com plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.....	76

Figura 28 – Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) do solo, cultivado com plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento..... 78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Descrição dos tratamentos alocados nas parcelas experimentais.....	28
Tabela 2 –	Caracterização física dos solos utilizados como substrato, à profundidade de 0 – 0,20 m.....	30
Tabela 3 –	Caracterização química dos solos utilizados como substrato, à profundidade de 0 – 0,20 m.....	30
Tabela 4 –	Resultados da análise de qualidade de água de irrigação, utilizada no experimento.....	33
Tabela 5 –	Classificação de genótipos quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução da produção de matéria seca da planta ou de grãos.....	39
Tabela 6 –	Resumo das análises de variâncias referentes à altura de plantas (AP), diâmetro caulinar (DC) e número de folhas (NF) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio.....	44
Tabela 7 –	Resumo das análises de variâncias referentes às taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) em altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, nos períodos de 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120 dias após o transplântio.....	50
Tabela 8 –	Resumo das análises de variâncias referentes à biomassa seca da parte aérea (BSPA), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e suculência foliar (SF) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 124 dias após o transplântio.....	52
Tabela 9 –	Redução da produção de biomassa seca da parte aérea (%) e classificação quanto à tolerância a salinidade de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 124 dias após o transplântio (DAT).....	57

Tabela 10 – Percentagem de sobrevivência de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 124 dias após o transplântio (DAT).....	59
Tabela 11 – Resumo das análises de variâncias referentes às trocas gasosas foliares (anteriores aos ciclos de encharcamento): condutância estomática (gs), fotossíntese (A), transpiração (E) e concentração interna de CO ₂ (Ci) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio.....	60
Tabela 12 – Resumo das análises de variâncias referentes às trocas gasosas foliares (após os ciclos de encharcamento): fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e concentração interna de CO ₂ (Ci) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 34, 64, 94 e 124 dias após o transplântio.....	61
Tabela 13 – Resumo das análises de variâncias referentes aos teores de clorofila total (Índice SPAD) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (aos 30, 60, 90 e 120 DAT) e após os ciclos de encharcamento (aos 34, 64, 94 e 124 DAT)...	68
Tabela 14 – Resumo das análises de variâncias referentes aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio e cloro, contidos nas folhas das plantas de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.....	71
Tabela 15 – Resumo das análises de variâncias referentes aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio e cloro, contidos no solo cultivado com plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.....	75
Tabela 16 – Resumo das análises de variâncias referentes à condutividade elétrica do extrato de saturação (CE _{es}) do solo, cultivado com plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.....	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	Solos afetados por sais.....	16
2.1.1	<i>Solos afetados por sais em perímetros irrigados.....</i>	17
2.2	Efeitos da salinidade do solo sobre as plantas.....	18
2.2.1	<i>Mecanismos de tolerância das plantas à salinidade.....</i>	19
2.3	Encharcamento e seus efeitos sobre as plantas.....	19
2.4	Revegetação de áreas afetadas por sais.....	20
2.5	A cultura do coqueiro.....	21
2.5.1	<i>O coqueiro e a salinidade.....</i>	22
2.5.2	<i>O coqueiro e o encharcamento.....</i>	23
2.5.3	<i>Estresses múltiplos em coqueiro.....</i>	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Localização e caracterização da área.....	25
3.2	Material Vegetal.....	26
3.3	Tratamentos e delineamento experimental.....	27
3.4	Montagem e condução do experimento.....	31
3.5	Manejo de irrigação, cultural e fitossanitário.....	32
3.6	Variáveis Analisadas.....	34
3.6.1	Variáveis de crescimento vegetal.....	34
3.6.1.1	Altura de plantas.....	34
3.6.1.2	Diâmetro caulinar.....	35
3.6.1.3	Número de Folhas.....	36
3.6.1.4	Área foliar, Área foliar específica e Suculência foliar.....	36
3.6.1.5	Taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro.....	37
3.6.1.6	Produção e partição de biomassa.....	38
3.7	Índices de tolerância à salinidade.....	39
3.8	Plantas vivas ao final do experimento.....	40

3.9	Variáveis fisiológicas.....	40
3.9.1	Trocas gasosas foliares.....	40
3.9.2	Teores de clorofila: Índice SPAD.....	41
3.10	Avaliação nutricional das plantas.....	41
3.11	Teores de nutrientes e salinidade do solo ao final do experimento.....	42
3.12	Análises estatísticas.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1.	Crescimento vegetal.....	44
4.1.1	Altura de plantas, diâmetro caulinar e número de folhas.....	44
4.1.2	Taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro caulinar de plantas.....	49
4.1.3	Biomassa seca da parte aérea, área foliar, área foliar específica e suculência foliar.....	52
4.2	Classificação quanto a tolerância à salinidade.....	57
4.3	Plantas vivas ao final do experimento.....	58
4.4	Trocas gasosas foliares.....	59
4.5	Teores de clorofila: Índice SPAD.....	67
4.6	Teores foliares de nutrientes minerais.....	70
4.7	Alterações nos teores de nutrientes minerais no solo.....	74
4.8	Salinidade do solo ao final do experimento.....	77
5	CONCLUSÃO.....	80
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

A cocoicultura, no Brasil, se destaca por sua importância econômica e social, em virtude da crescente comercialização e da ampla variedade de produtos que podem ser obtidos com a exploração da cultura. O cultivo do coqueiro vem sendo introduzido em várias regiões do país, entretanto, a região Nordeste se destaca, com as maiores plantações e produções. Os estados que mais produzem coco, no país, são a Bahia e o Ceará, sendo parte da produção oriunda da região semiárida, verificando-se, assim, a importância da cocoicultura nessa região.

Apesar de a região Nordeste ser favorecida pelas condições de tropicalidade, propícias ao cultivo do coco, a irregularidade de chuvas e o consequente déficit hídrico, durante a maior parte do ano, exige a utilização da irrigação. No entanto, os solos produtivos podem ser afetados por sais, em virtude de um manejo de irrigação inadequado e também em função de problemas de drenagem dos solos. O problema é acentuado mediante a utilização de águas com alta concentração de sais, contribuindo com o aumento da salinidade do solo.

Outro fator existente nos ambientes salinos do semiárido é o excesso de água, sendo a problemática principal as limitadas condições de drenagem, observadas em parte das áreas irrigadas da região. Esses solos geralmente possuem atributos físicos que favorecem esse tipo de estresse, isto é, condutividade hidráulica reduzida e condições topográficas desfavoráveis. Dessa forma, extensas áreas localizadas nos Perímetros Irrigados do Nordeste tornam-se predispostas ao encharcamento, no período chuvoso, sobretudo, pela ausência de sistemas de drenagem subsuperficiais.

Atualmente, um dos principais problemas no setor agrícola, sobretudo, em regiões semiáridas, vem sendo o processo de salinização dos solos agrícolas, caracterizando um problema que atinge a economia do entorno, a sociedade e o ambiente. Por outro lado, a utilização de espécies tolerantes à salinidade tem sido uma estratégia válida, sendo recomendada para promover a reabilitação de solos degradados pelo excesso de sais.

É importante salientar que estudos vêm sendo realizados no âmbito da recuperação de solos afetados por sais, com a introdução de plantas halófitas nessas áreas. No entanto, a maioria destas espécies, não apresentam expressiva importância econômica, sendo algumas delas restritamente recomendadas para o uso como forrageiras.

As características de rusticidade apresentadas pelo coqueiro frente aos estresses salinidade do solo e encharcamento, poderão conceder à cultura um possível potencial para o seu uso em programas de revegetação de áreas afetadas por sais.

Diante do exposto, objetivou-se, com a presente pesquisa, avaliar as respostas e adaptações de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, cultivadas em solos afetados por sais, oriundos do Perímetro Irrigado Morada Nova, associados à ciclos de encharcamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solos afetados por sais

Os solos afetados por sais, também conhecidos por solos halomórficos ou solos salinos e sódicos, são solos desenvolvidos em condições imperfeitas de drenagem, que se caracterizam pela presença de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizontes ou camadas próximas à superfície (RIBEIRO, 2010).

Os solos salinos classificam-se em três categorias: salinos, salino-sódicos e sódicos. Os parâmetros de classificação levam em consideração a condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), a percentagem de sódio trocável (PST) e o pH do solo (RICHARDS, 1954). Solos salinos, apresentam CEes maiores que 4 dS m^{-1} , pH inferiores a 8,5 e PST não superiores a 15%; solos salino-sódicos, têm CEes maiores que 4 dS m^{-1} , pH inferiores a 8,5 e PST superiores a 15%; solos sódicos, apresentam CEes menores que 4 dS m^{-1} , pH variando entre 8,5 e 10 e PST superiores ou iguais a 15%.

Em geral, os solos salinos se localizam em áreas baixas, para onde convergem os sais das áreas circunvizinhas, estando a salinização relacionada com as condições de restrição de drenagem, envolvendo lençol freático alto ou baixa permeabilidade, que impedem a lavagem dos sais em profundidade, e com climas áridos e semiáridos, cuja a evapotranspiração elevada favorece a ascensão capilar dos sais para a superfície. Pode ser um processo natural ou artificialmente induzido pelo homem, principalmente nas áreas irrigadas (FANNING; FANNING, 1989; SOMMERFELDT; RAPP, 1978; USSS STAFF, 1954).

Em zonas áridas e semiáridas são comuns os solos afetados por sódio, sendo caracterizados pela presença de concentrações elevadas desse elemento, ao ponto de destruir a estrutura do solo, acarretando na diminuição da taxa de infiltração da água, reduzindo, assim, a produção agrícola (GHARAIBEH et al., 2010; JALALI; RANJBAR 2009; TAVARES FILHO et al., 2012).

A salinização dos solos é uma das mais antigas problemáticas ambientais, sendo considerado também, um dos processos de degradação física e química do solo, de incidência mais comum na Terra (BOUAZIZ; MATSCHULLAT; GLOAGUEN, 2011). Os efeitos nocivos, de natureza física, são a quebra da estrutura, aumento da densidade, retenção da água no solo, redução da infiltração de água, principalmente, pelo do excesso de íons sódicos, redução da qualidade física e química, suscetibilidade à erosão, além da contaminação do lençol freático e das reservas hídricas subterrâneas (DIAS; BLANCO, 2010).

Embora as informações sobre as áreas salinizadas no mundo ainda não estejam bem definidas, estima-se que a área total dos solos salinos é de 397 milhões de hectares e de solos sódicos é de 434 milhões de hectares. Entre os 230 milhões de hectares de terras irrigadas no mundo, estima-se que pelo menos 45 milhões de hectares são afetados por sais (FAO, 2008).

No Brasil, a estimativa é de que 20 a 25% das áreas irrigadas possuem problemas de salinidade e drenagem. Além dos solos salinos em áreas irrigadas, existem áreas salinizadas por causas naturais no país (2,4 % do total da área terrestre do Brasil). Em pesquisas realizadas nos solos dos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, aproximadamente de 9,1 milhões de hectares já são áreas salinizadas, o que corresponde a 9% da região avaliada (FAO, 2008).

2.1.1 Solos afetados por sais em Perímetros Irrigados

A expansão das áreas irrigadas tem causado alguns problemas, dentre eles, destaca-se a salinização do solo. Isso ocorre pelo fato da água de irrigação apresentar sais dissolvidos que, mesmo em baixa concentração, podem ser incorporados ao solo, tornando-o salino em poucos anos (AGUIAR NETTO *et al.*, 2007).

No Brasil, a salinização dos solos tem sido causada principalmente pelos seguintes motivos: irrigações mal conduzidas; ocasionando a elevação do lençol freático; manejo incorreto da adubação; solos mal drenados e utilização de águas de qualidade inferior, adicionando sais ao solo; o que pode acarretar problemas de infiltração da água e toxicidade às plantas (ALMEIDA, 2010).

Os benefícios provenientes dos Perímetros Irrigados no semiárido são inegáveis, porém, quando não são bem manejados podem provocar problemas como a salinização e/ ou sodificação dos solos. Muitas vezes, as áreas escolhidas para integrarem os Perímetros Irrigados nem sempre foram suficientemente embasadas em critérios técnico-econômicos e científicos. Esse fato, associado à falta de habilidade no manejo da irrigação e às peculiaridades edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, muito tem contribuído para o processo de degradação de solos da região (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

A maioria dos Perímetros Irrigados apresentam reflexos da degradação, que vão desde a diminuição nos rendimentos das culturas até o abandono das áreas exploradas. Contudo, a degradação do solo é mais expressiva nos perímetros irrigados de regiões áridas e

semiáridas, as quais apresentam sérios problemas com a ocorrência das águas e solos afetados por sais, gerando preocupação social nessa região.

2.2 Efeitos da salinidade do solo sobre as plantas

A salinidade é um dos principais fatores abióticos que contribui para a diminuição da produtividade das plantas. As altas concentrações de sais no solo além de reduzir o potencial hídrico, podem provocar desbalanço nutricional e efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo (MUNNS; TESTER, 2008).

Os sais em excesso no solo, na água de irrigação ou na solução nutritiva, prejudicam o desempenho germinativo, vegetativo e produtivo das plantas, pelas ações diretas de íons potencialmente tóxicos e, indireta sobre a redução do potencial osmótico da solução do solo (CAVALCANTE, 2000; FREIRE *et al.*, 2003).

Em ambientes com alta concentração de sais, as plantas podem sofrer estresse em função da baixa disponibilidade de água no solo, em consequência da diminuição do potencial osmótico na zona radicular e devido as grandes quantidades de sais na solução do solo, pelo efeito tóxico de altas concentrações de íons específicos (MACÊDO *et al.*, 2007). Dessa forma, a toxicidade é provocada predominantemente pelos íons cloreto, sódio e boro, e o acúmulo excessivo desses íons tóxicos contribui para aceleração dos processos de senescência e abscisão foliar (MUNNS, 2005).

Predominantemente, a salinidade compromete o crescimento e o desenvolvimento das plantas, induzido pelo decréscimo no potencial hídrico da solução do solo a nível abaixo do necessário para que ocorra a absorção de água pelas células das raízes, impedindo a expansão celular, visto que o potencial de pressão da célula tende a se igualar com o do solo (BOHNERT; NELSON; JENSEN, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A redução da fotossíntese tem sido amplamente relatada na literatura, quando as plantas sofrem estresse salino. Essa redução tem sido atribuída às limitações de origem estomáticas e não estomáticas. A atividade fotoquímica apresenta resistência ao estresse salino de curta duração, sem redução da eficiência quântica potencial do fotossistema II. Entretanto, sob exposição prolongada aos sais, altas concentrações de íons podem se acumular nos tecidos e a atividade fotoquímica também pode ser afetada (MUNNS; TESTER, 2008; PRAXEDES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2011).

Os efeitos depreciativos provocados pelos sais resultam em modificações nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos das plantas, alterando, dentre outros, os teores foliares

de clorofila e de carotenoides, comprometendo a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento, o desenvolvimento, a produção e a adaptabilidade aos ambientes adversos (CAVALCANTE *et al.*, 2011).

2.2.1 Mecanismos de tolerância das plantas à salinidade

As plantas apresentam diferentes mecanismos de tolerância à salinidade, através mecanismos bioquímicos e moleculares para diminuir os efeitos nocivos do sal e esses mecanismos podem ser de alta ou baixa complexidade (PARIDA; DAS, 2005).

Plantas que apresentam maior eficiência do uso da água podem apresentar maior tolerância à salinidade, não somente devido à maior regulação das perdas de água, como também por retardar a acumulação de sais nas folhas, ao limitar o fluxo salino para a parte aérea devido a menor taxa transpiratória (FERNANDES *et al.*, 2010).

Outro mecanismo de adaptação das plantas à salinidade consiste na produção e acumulação de compostos orgânicos no citosol, em decorrência da compartimentação de Na^+ no vacúolo, equilibrando o potencial osmótico no interior da célula (FLOWERS, 2004; TESTER; DAVENPORT, 2003).

A tolerância ao estresse osmótico é verificada nas raízes e folhas jovens das plantas, alterando a expansão celular e promovendo o fechamento dos estômatos (MUNNS e TESTER, 2008). O fechamento dos estômatos pode atuar como sinal para ativar múltiplas respostas ao estresse, como a inibição do crescimento das plantas, o que pode ser prejudicial, acarretando queda em seu rendimento (RUGGIERO *et al.*, 2004).

As plantas podem desenvolver mecanismos de tolerância à salinidade, dependendo de sua habilidade em controlar o transporte do sal em pontos estratégicos, os quais, evitam que os sais alcancem níveis tóxicos nas folhas, através da retenção dos sais em outras partes da planta ou na exclusão dos mesmos (DAVENPORT *et al.*, 2005).

2.3 Encharcamento e seus efeitos sobre as plantas

Ao serem submetidas ao excesso de água do solo, as plantas produzem sinais metabólicos de vários tipos, em resposta à diminuição dos níveis de oxigênio. Nesse período elas alteram sua morfologia, anatomia, metabolismo e crescimento como estratégia de sobrevivência (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008). As respostas das plantas a esse fator

adverso são complexas e podem variar com o estágio fenológico, no qual as plantas se encontram (RINNE, 1990).

Apenas determinadas espécies predominam em solos que são encharcados com frequência e, para muitos vegetais, a inundação é tida como uma condição adversa, que pode conduzir à morte dentro de poucos dias de exposição. A maioria das plantas cultivadas de interesse econômico perece mais rapidamente, em uma situação de inundação, do que mesmo de deficiência hídrica no solo (LARCHER, 2006).

O fechamento estomático, danos no fotossistema II e a diminuição na fotossíntese também são respostas comuns à deficiência de oxigênio no solo causada pelo encharcamento (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1979; PEZESHKI, 1993). Além disso, o encharcamento promove indisponibilidade de determinados nutrientes essenciais às plantas (GAZOLLA-NETO *et al.*, 2012).

O conhecimento sobre o desempenho das espécies vegetais, sob o excesso de água, é essencial para a definição das estratégias de tolerância ao encharcamento apresentadas por elas. O acúmulo de reservas nas raízes é uma das estratégias que as plantas, sob esse tipo de estresse, podem apresentar como forma de tolerar essa condição. Essas reservas podem ser utilizadas para desenvolver raízes adventícias (FERREIRA *et al.*, 2009).

Quando as plantas são submetidas ao encharcamento, o mau funcionamento das raízes leva grande parte destas à morte, e em alguns casos, como ocorre em várias espécies, há indução da produção de raízes adventícias que possuem aerênquima (VISSER; VOESENEK, 2004).

Apesar das condições desfavoráveis, pesquisas mostram que o encharcamento não impede completamente a ocorrência de determinados processos fisiológicos. Mesmo quando cultivadas em solo encharcado, algumas espécies arbóreas perenes são fotossinteticamente ativas, enquanto outras podem continuar crescendo e produzindo folhas, flores e frutos durante a incidência do encharcamento (SCHONGART *et al.*, 2002; WORBES, 1997).

2.4 Revegetação de áreas afetadas por sais

A utilização de espécies tolerantes à salinidade tem sido uma estratégia recomendada para promover a reintegração de solos degradados pelo excesso de sais e de sódio aos cultivos agrícolas (LACERDA; HERNANDEZ; NEVES, 2010).

Na busca pela viabilização do uso de áreas agricultáveis que apresentam solos afetados por sais, tanto para reabilitação do solo quanto para produção econômica, faz-se

necessário identificar, eleger e utilizar espécies tolerantes à salinidade. Dessa forma, conhecer como diferentes espécies vegetais respondem à salinidade, sobretudo, aquelas com potencial econômico, é indispensável para assegurar o sucesso dos cultivos dessas espécies agronomicamente promissoras em áreas afetadas por sais (MENDONÇA *et al.*, 2007).

O coqueiro pode ser uma das culturas adotadas no processo de revegetação de áreas afetadas por sais, sobretudo, pela sua importância social e econômica. O coqueiro, por possuir tolerância à salinidade, tendo em vista que sua área de dispersão natural predomina na costa marítima, onde há naturalmente uma elevada concentração de sais no solo, há registros disponíveis na literatura que comprovaram a viabilidade da utilização de águas com elevadas concentrações de sais na irrigação do coqueiro, sob os mais diversos aspectos da cultura, em seus distintos estádios fenológicos (FERREIRA NETO *et al.*, 2007; MARINHO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2007; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2002).

2.5 A cultura do coqueiro

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma planta pertencente à família Arecaceae, é uma palmeira perene, cujo estipe pode atingir até 30 m de altura e de 30 a 50 cm de diâmetro. Suas folhas são do tipo pinadas, variam de 4 - 6 m de comprimento, com pinas de 60 - 90 centímetros. O fruto do coqueiro é classificado como uma drupa, a casca (mesocarpo) é fibrosa e existe um "caroço" interno (endocarpo lenhoso). No interior da casca, encontra-se a amêndoa, que é a parte comestível, com cerca de 1 cm de espessura e a cavidade cheia de líquido, conhecido como água do coco. Além do fruto, a raiz, a estipe, a inflorescência, as folhas e o palmito geram diversos subprodutos ou derivados de interesse econômico (EMBRAPA, 2006).

De acordo com o sistema Lineano, a taxonomia hierárquica de classificação do coqueiro ocupa a seguinte posição sistemática: Reino: *Plantae*; Divisão: *Anthophyta*; Grupo: *Monocotyledoneae*; Classe: *Magnoliopsida*; Ordem: *Arecales*, monofamiliar; Família: *Arecaceae* (*Palmaceae*), a qual contém cerca de 30 gêneros e aproximadamente 2.000 espécies; Subfamília: *Cocoideae*; Tribo: *Cocoeae*, constituída por várias outras espécies de valor econômico como o dendê (*Elaeis guineensis*) e o babaçu (*Orbignya phalerata*), entre outras; Gênero: *Cocos*, monoespecífico; Espécie: *Cocos nucifera* L. (BRESINSKY *et al.*, 2013; CINTRA *et al.*, 2009; GUNN, 2004).

Estudiosos da cultura do coqueiro afirmam que a hipótese mais aceita é que essa cultura seja originária do sudeste asiático, e muito provavelmente das ilhas situadas entre os

Oceanos Índico e Pacífico (ALVES *et al.*, 2007). As primeiras referências aos coqueiros no território brasileiro mencionam à região Nordeste, especificamente, ao estado da Bahia. Acredita-se que sua introdução no Brasil se deu a partir dos cultivos oriundos de Cabo Verde. Entretanto, tem-se instituído grande discussão quanto à maneira que o coqueiro chegou às Américas, tendo em vista que muitos pesquisadores alegam que a planta já estava presente na região, antes mesmo desta provável introdução realizada pelos colonizadores portugueses, a partir dos cultivos de Cabo Verde (FERRÃO, 2013).

A cocoicultura exerce grande importância no cenário nacional e mundial, o Brasil ocupa a quarta posição no ranking da produção de coco, perfazendo 5% da produção mundial, sendo superado pela Indonésia, Filipinas e Índia (FAO, 2011). O Brasil possui 261,761 mil hectares cultivados com a cultura do coqueiro e no ano de 2011 obteve uma produção de 1,86 bilhões de frutos colhidos. No ano de 2010, a participação das regiões brasileiras na produção de coco revelou que o Nordeste produziu 71,9% do total, seguido pelo Sudeste com 14,6% e Norte com 13,5%, com área total colhida de 84,6% na região Nordeste, 9% na região Norte e 6,4% na região Sudeste (AGRIANUAL, 2012).

2.5.1 O coqueiro e a salinidade

A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas (FLOWERS, 2004). Entretanto, os efeitos dependem de outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, intensidade e duração do estresse salino, tipos de sais, manejo da irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER; DAVENPORT, 2003).

A utilização de espécies com maior tolerância à salinidade tem sido outra estratégia recomendada na recuperação de solos degradados pelo excesso de sais e sódio (QADIR *et al.*, 2007). Em meio às espécies vegetais de conhecida tolerância à salinidade, o coqueiro, por sua ocorrência natural em zonas costeiras, caracterizadas por apresentarem um acentuado gradiente de salinidade do solo, pode apresentar características de adaptação ao excesso de sais no solo. Com isso, pode ser eleita como uma das espécies com potencial para revegetação de áreas afetadas por excesso de sais nos solos do semiárido brasileiro (FERREIRA NETO *et al.*, 2007).

A utilização de águas salinas na maioria das culturas causam efeitos deletérios, prejudicando seu desenvolvimento, assim comprometendo a produção. Entretanto, Ferreira Neto *et al.* (2002), verificaram que águas salinas aplicadas durante o período de frutificação

do coqueiro-anão-verde alteram o desenvolvimento das plantas, porém melhoram a qualidade da água de coco, principalmente por aumentar o teor de sólidos solúveis, embora diminuam o tamanho e o volume de água do fruto.

Lima (2014) demonstrou que a salinidade da água de irrigação promoveu modificações nas variáveis de crescimento, expondo sua redução ao final do experimento. O autor mostrou que as trocas gasosas foliares foram afetadas negativamente, com o aumento da salinidade. Em conclusão, o autor relata sobre a possibilidade da utilização de águas salobras, com CE de até 5 dS m^{-1} , na produção de mudas de coqueiro, sem que ocorra perda na qualidade, validando a adaptação da espécie a condições adversas, em sua fase inicial.

2.5.2 O coqueiro e o encharcamento

Algumas espécies vegetais são potencialmente capazes de completar seu ciclo de vida, em virtude de certas adaptações capazes de conceder as plantas habilidade de superar as condições adversas, como o encharcamento no solo e, conseqüentemente, deficiência de oxigênio. Mahindapala e Pinto (1991) realizaram pesquisas com a cultura do coqueiro, e reportaram que a espécie demonstra tolerância ao encharcamento por um período de até sete dias, sendo que o efeito do estresse pode ser alterado, dependendo da idade da planta.

O estresse vegetal por excesso de água ocorre como resultado da inundação dos solos e os efeitos deletérios da água em excesso na zona radicular são decorrentes das implicações ocasionadas pela remoção do oxigênio ao longo do perfil de solo (TAIZ; ZEIGER, 2013). A deficiência de oxigênio e o baixo potencial redox do solo, induzidos pelo encharcamento, afetam desfavoravelmente vários aspectos da fisiologia vegetal, como mudanças na assimilação de carbono, absorção de macronutrientes e supressão do metabolismo respiratório das raízes (KOZLOWSKI, 1997; KREUZWIESER *et al.*, 2004; PEZESHKI, 2001).

Em consequência do encharcamento no solo, a quantidade de raízes no coqueiro diminui de maneira drástica. Em decorrência da carência de oxigênio, o sistema radicular não expressa crescimento. No entanto, encharcamentos temporários, de durações inferiores a 48 horas, não acarretam lesões na funcionalidade das raízes, entretanto, as raízes, podem perecer, quando submersas por longo tempo (NOGUEIRA *et al.*, 1998).

As plantas podem adquirir o mecanismo de realizar respiração aeróbica, mesmo quando submetidas à inundação, mediante a adoção de uma série de adaptações morfológicas e anatômicas (DAVANSO-FABRO *et al.*, 1998).

2.5.3 Estresses múltiplos em coqueiro

As plantas estão sujeitas às condições de múltiplos estresses, que limitam o desenvolvimento e sobrevivência, onde quer que elas cresçam (LARCHER, 2006). Sob condições naturais e de cultivo, as plantas são expostas a uma combinação variada de fatores abióticos, os quais interagem fortemente, resultando em uma combinação múltipla de fatores adversos que afetam o crescimento, a fisiologia, o metabolismo e a produtividade (LIMA, 2009; SILVA, 2008).

As respostas e as adaptações às interações da salinidade com quaisquer outros estresses subjacentes são melhores estudadas em ambientes controlados, onde as variações individuais dos níveis dos fatores estressantes e suas devidas interações podem ser manejadas e descritas (SYVERTSENA; GARCIA-SANCHEZ, 2014).

Avaliando a eficiência floral do coqueiro-anão-verde sob os efeitos da interação entre quatro diferentes lâminas de irrigação e quatro níveis de salinidade na água de irrigação, Silva *et al.* (2007), evidenciaram que o número de flores femininas cresce com o incremento das lâminas de irrigação, reduzindo o efeito negativo dos níveis salinos aplicados.

A literatura ainda é escassa em evidenciar o efeito conjunto da salinidade e do estresse hídrico por excesso de água. O efeito interativo e o entendimento de determinadas respostas ecofisiológicas colaboram para o desenvolvimento de um manejo eficiente, em ambientes salinos que ocorrem, sobretudo, em regiões áridas e semiáridas (LIU *et al.*, 2008; SILVA, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área

O experimento foi conduzido entre junho e outubro de 2015, no município de Fortaleza-CE, na área experimental da Estação Agrometeorológica, do Departamento de Engenharia Agrícola, no Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará.

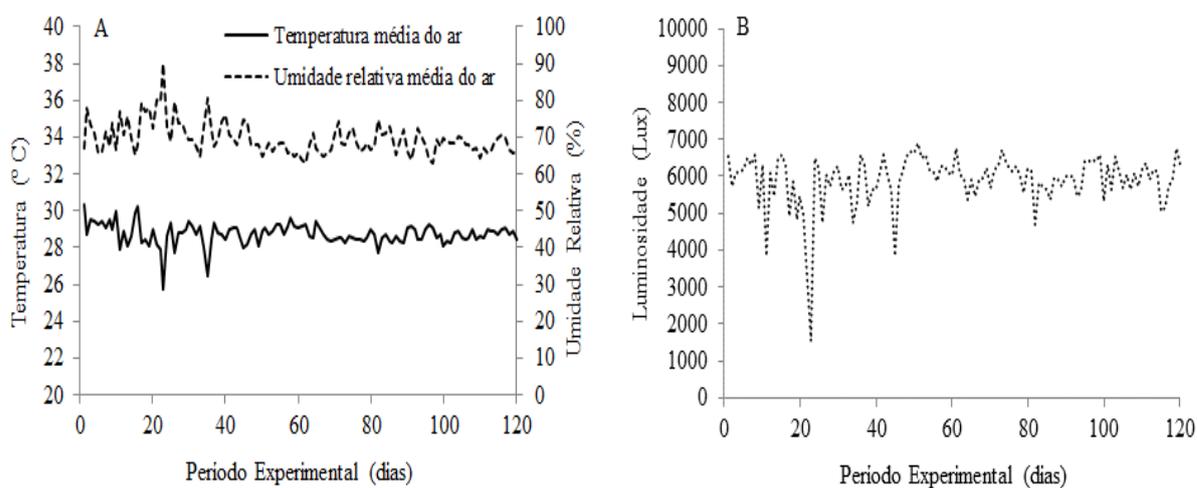
O município de Fortaleza-CE está localizado sob as coordenadas geográficas: 03°45' de latitude Sul; 38°33' de longitude oeste e aproximadamente 19 m de altitude. Possui clima do tipo Aw' no sistema Koppen, denominado tropical chuvoso, apresentando duas estações bem definidas, sendo a época mais seca de ocorrência no inverno e elevada ocorrência de chuvas no outono (AGUIAR *et al.*, 2003).

A precipitação média anual no município de Fortaleza-CE é de 1.507,75 mm ano⁻¹, umidade relativa média anual de 77,44%, com média de temperatura máxima anual de 31,09 °C e temperatura mínima de 23,88 °C, conforme dados climáticos coletados no período compreendido entre janeiro de 2000 e janeiro de 2015 (INMET, 2015).

A casa de vegetação utilizada na condução do experimento foi construída com estrutura metálica galvanizada do tipo arco treliçado, medindo 3,5 m de altura na parte central e 2,5 m de pé direito, 6,4 m de largura, 12,5 m de comprimento. A cobertura é composta de filme de polietileno de baixa densidade, com aditivo contra radiação ultravioleta, espessura de 0,15 mm, transparência à radiação solar de 80%, apresentando tela anti-afídios nas laterais e nos fundos.

No interior da casa de vegetação foi instalado um data-logger da marca Onset, modelo Hobo[®], para o monitoramento dos dados de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade (foram consideradas as leituras de luminosidade entre 6:00 e 18:00 horas). Também foi alocado um tanque evaporímetro do tipo Classe A, no qual foram realizadas medições diárias da evaporação, visando o manejo da irrigação durante o período de estabelecimento das mudas (Figura 1).

Figura 1 – Dados médios de temperatura e umidade relativa do ar (A). Dados médios de luminosidade, entre 6:00 e 18:00 horas (B). Data-logger utilizado na coleta dos dados de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade, instalado no interior da casa de vegetação (C). Tanque Classe A utilizado no monitoramento da evaporação e manejo da irrigação (D).



3.2 Material Vegetal

Foram adquiridas mudas de coqueiro-anão-verde, com 60 dias de germinadas, certificadas e registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), produzidas pela empresa COHIBRA – Coqueiro Híbrido do Brasil, no município de Amontada-CE (Figura 2).

Figura 2 - Mudanças de coqueiro-anão-verde, com 60 dias de germinadas, utilizadas como material vegetal no experimento.



3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido sob delineamento estatístico de blocos casualizados, em parcelas subdivididas com cinco repetições, sendo cinco tratamentos distribuídos nas parcelas e cinco tratamentos nas subparcelas, totalizando cento e vinte e cinco unidades experimentais, no qual cada unidade experimental foi composta por uma planta vaso⁻¹. Para as variáveis em que os dados foram coletados ao longo do tempo, o delineamento estatístico foi arranjado em parcelas subdivididas, acrescentando-se a época de avaliação como uma fonte de variação.

Os tratamentos nas parcelas foram constituídos por intervalos de encharcamentos aos quais as plantas foram submetidas (0, 1, 2, 3 e 4), aos 30, 60, 90 e 120 dias, com duração de quatro dias cada ciclo, ao longo dos 124 dias de duração do experimento, simulando a ocorrência de chuvas na área (Tabela 1).

Figura 4 – Visão abrangente das parcelas experimentais.



Os solos utilizados como substratos para o cultivo das plantas jovens de coqueiro-anão-verde foram classificados como Neossolos Flúvicos (EMBRAPA, 2013), e foram coletados em lotes representativos do Perímetro Irrigado Morada Nova, no estado do Ceará, Brasil.

O Perímetro Irrigado Morada Nova está localizado na microrregião do Baixo Jaguaribe, no sub-vale Banabuiú, a aproximadamente 170 km de Fortaleza. O Perímetro Irrigado possui uma área de 3.677,00 ha⁻¹, entre as coordenadas de 5° 10' S e 38° 22' W, a uma altitude média de 89 m. Está localizado entre os municípios de Morada Nova e Limoeiro do Norte, com sua maior área (70%) inserida no município de Morada Nova.

Foram realizadas leituras *in situ* da salinidade do solo na área, por meio da mensuração da condutividade elétrica do solo (CE), utilizando como instrumentação o condutivímetro digital portátil (modelo ECTestr high), com o intuito de identificar os valores de CE predominantes nos lotes pertencentes ao perímetro. Além disso, foram selecionados os pontos de coleta de solo, que constituíram os diferentes tratamentos, de forma a estabelecer um gradiente crescente de salinidade do solo, capaz de representar as distintas condições dos solos afetados por sais, inseridos no Perímetro Irrigado Morada Nova.

A coleta do solo foi realizada na camada de 0 – 0,20 m, em cinco pontos diferentes da área, peneirados em malha de 4 mm e acondicionados em sacos de ráfia identificados. Após a coleta, o solo foi transportado para o município de Fortaleza-CE, e

realizadas análises de condutividade elétrica do solo, com o intuito de agrupá-los pelos valores de CE apresentados.

No momento do enchimento dos vasos, foram retiradas cinco amostras compostas de solo, uma amostra de cada nível salino, para caracterização física e química, e foram encaminhadas ao laboratório de solo e água da Universidade Federal do Ceará (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Caracterização física dos solos utilizados como substrato, à profundidade de 0 – 0,20 m.

Solos	Granulometria			Grau de Flocculação (g/100g)	Classe textural	Densidade		Umidade	
	Areia	Silte	Argila			Solo	Partículas	33 Kpa	1.500 Kpa
	(g/kg)					(g cm ⁻³)		(g/100g)	
S1	642	238	120	39	Franco arenoso	1,36	2,61	14,27	10,58
S2	368	375	257	34	Franco	1,30	2,58	24,36	16,03
S3	499	338	163	11	Franco	1,34	2,36	18,93	12,61
S4	436	383	181	11	Franco	1,36	2,66	20,95	13,86
S5	225	466	309	40	Franco argiloso	1,27	2,55	28,65	19,38

Tabela 3 – Caracterização química dos solos utilizados como substrato, à profundidade de 0 – 0,20 m.

Solos	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	CE	Classificação
	(Água)	(cmol _c kg ⁻¹)					(dS m ⁻¹)		
S1	6,4	5,20	3,80	0,86	0,41	1,49	0,10	1,70	Normal
S2	7,8	10,50	6,80	8,61	0,72	2,15	0,10	11,07	Salino-sódico
S3	7,5	10,00	7,00	12,04	0,51	1,49	0,10	16,44	Salino-sódico
S4	6,5	11,40	6,50	17,16	0,66	1,16	0,10	22,14	Salino-sódico
S5	6,9	13,70	9,30	23,99	0,79	0,66	0,05	25,20	Salino-sódico
Solos	S	T	V	PST	P _{Assimilável}	M.O.S.	C	N	C/N
	(cmol _c kg ⁻¹)		(%)		(mg kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		
S1	10,3	11,8	87	7	24	21,02	12,19	1,31	9
S2	26,6	28,8	93	30	63	25,73	14,92	1,45	10
S3	29,6	31,0	95	39	66	22,37	12,97	1,32	10
S4	35,7	36,9	97	47	66	20,74	12,03	1,21	10
S5	47,8	48,4	99	50	74	19,10	11,08	1,13	10

pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica do extrato de saturação; S: soma de bases trocáveis; T: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; PST: percentagem de sódio trocável; M.O.S: matéria orgânica do solo.

O encharcamento do solo foi estabelecido de forma a manter uma lâmina de água de aproximadamente 3 cm acima da superfície do solo e repostas as perdas por evaporação quando necessário (Figura 5). Passados os ciclos de exposição ao encharcamento (4 dias), os

vasos foram drenados e o excesso de água coletado em um recipiente, que posteriormente foi reposta nos vasos, com o intuito de não haver perdas dos sais presentes. As plantas foram cultivadas sob condições ideais de suprimento hídrico, com o intuito de evidenciar a provável recuperação das plantas ao estresse por encharcamento do solo.

Figura 5 – Lâmina de água contida nos vasos durante os ciclos de encharcamento.

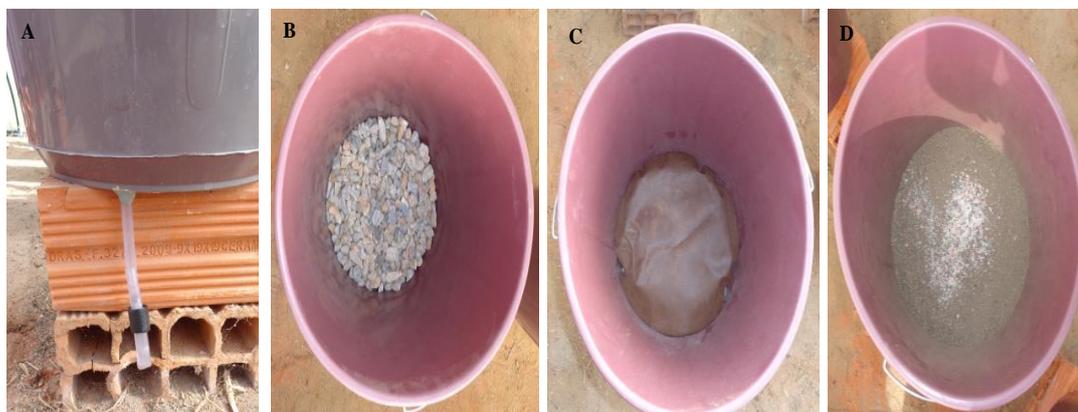


3.4 Montagem e condução do experimento

As mudas de coqueiro-anão-verde foram transplantadas em vasos de material plástico, com capacidade volumétrica de 20 litros, os quais foram feitos um orifício na extremidade inferior e colocado um dreno, em cada vaso, objetivando promover a remoção dos eventuais excessos de água ocasionados pelos ciclos de encharcamento. Foram coletados os excedentes de água em recipiente plástico, que posteriormente foi repostos na irrigação.

Anteriormente, foram colocadas ao fundo dos vasos uma camada de brita nº1, para propiciar a livre drenagem, quando necessário. Logo após, foi colocada uma manta geotêxtil do tipo TNT (tecido não tecido), acima da camada de brita, em cada vaso, para impedir a ocorrência de perdas de solo. Os vasos foram preenchidos, sendo posto uma camada de aproximadamente 5 cm de solo, adicionados os fertilizantes químicos e adicionada mais uma camada de solo. Em seguida, as mudas foram postas nos vasos, e acrescentou-se solo até que a semente ficasse totalmente coberta (Figura 6).

Figura 6 – Dreno colocado nos vasos para remoção dos eventuais excessos de água ocasionados pelos ciclos de encharcamento (A). Camada de brita nº1 colocada nos vasos para promover a livre drenagem (B). Manta geotêxtil colocada acima da camada de brita, em cada vaso, para evitar as perdas de solo (C). Fertilizantes químicos adicionados ao solo antes do transplântio (D).



A quantidade de fertilizante aplicado foi determinada de acordo com as exigências nutricionais do coqueiro, na fase de desenvolvimento inicial das plantas, segundo a recomendação de Fontes, Cintra e Carvalho Filho (1998), que orientam a aplicação de 200 g, da formulação 15 – 10 – 15 de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. No momento da repicagem foram aplicados 30 g da formulação por planta⁻¹, sendo o restante fracionado e aplicado em cobertura, mensalmente, ao longo dos meses de condução do experimento. Além disso, foi aplicado no momento do transplântio 30 g da formulação comercial FTE BR 12, com o propósito de prevenir possíveis deficiências de micronutrientes.

3.5 Manejo de irrigação, cultural e fitossanitário

A água utilizada no manejo da irrigação foi oriunda de um poço freático, localizado na Estação Agrometeorológica, da Universidade Federal do Ceará. Uma amostra foi coletada para fins de análise da qualidade da água de irrigação (Tabela 4). Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando emissores autocompensantes, com vazão de 4,0 L h⁻¹, os quais foram avaliados em teste de vazão. Com isso, o sistema de irrigação apresentou coeficiente de uniformidade (CUD) de aproximadamente 90%.

Tabela 4 - Resultados da análise de qualidade de água de irrigação, utilizada no experimento.

Cátions (mmol _c L ⁻¹)				Ânions (mmol _c L ⁻¹)			
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
1,0	2,5	5,3	0,3	9,1	-	0,2	-
CE (dS m ⁻¹)	RAS	pH	Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)	Classificação			
0,92	2,84	7,4	920	C ₃ S ₁			

Foi utilizado um tanque evaporímetro do tipo Classe A, instalado no interior da casa de vegetação. As leituras foram realizadas diariamente às 9 h da manhã. A evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}), foi determinada segundo Bernardo *et al.* (2006), mediante a equação 1:

$$ET_{pc} = ET_0 \cdot Kc \quad (1)$$

Onde,

ET_{pc} - Evapotranspiração potencial da cultura (mm);

ET₀ - Evapotranspiração de referência estimada através do Tanque Classe “A” (mm);

Kc - Coeficientes de cultivo.

Foi utilizado o coeficiente de cultivo (Kc) de 0,65 estabelecido por Miranda *et al.* (2007) para o estágio inicial de desenvolvimento vegetativo do coqueiro. O tempo de duração da irrigação, para a reposição dos níveis da evapotranspiração potencial da cultura, foi calculado mediante da equação 2:

$$T_I = \frac{ET_{pc} \cdot A_v}{\text{CUD} \cdot q_g} \quad (2)$$

Onde,

T_I - Tempo de irrigação (h);

ET_{pc} - Evapotranspiração potencial da cultura (mm);

A_v - Área do vaso (0,0597m²);

CUD - Coeficiente de uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação (0,90);

q_g - Vazão do gotejador, L h⁻¹ (q_g = 4,0 L h⁻¹);

O experimento foi irrigado diariamente, com uma lâmina equivalente a 100% da evapotranspiração potencial da cultura – ET_{pc}. Entretanto, Aos 30 dias após o transplante

(DAT), o tanque Classe A não foi mais utilizado para fins de cálculo de evapotranspiração da cultura, pelo fato das plantas alocadas nos tratamentos de menor salinidade terem apresentado sintomas fisiológicos de deficiência hídrica. Desse modo, as irrigações foram realizadas manualmente e as lâminas aplicadas foram equivalentes a 7 mm dia^{-1} , conforme recomendações de Fontes, Ferreira e Siqueira (2002), sendo diferenciadas à medida que as mudas cresciam, sobretudo aquelas cultivadas nos solos de menor salinidade.

As plantas daninhas foram controladas manualmente, à medida que apareciam nos vasos, para evitar competição por água e nutrientes com as mudas de coqueiro.

No controle da cochonilha farinhenta (*Planococcus citri*) e de escama (*Diaspis echinocacti*) foi utilizado um extrato de Nim (*Azadirachta indica*), preparado por meio de infusão de folhas frescas trituradas (12,5 g de folhas em 1 L de água) e deixados descansar durante 12 horas (ANDRADE; NUNES, 2001). Logo após, foram realizadas pulverizações remediativas com o extrato.

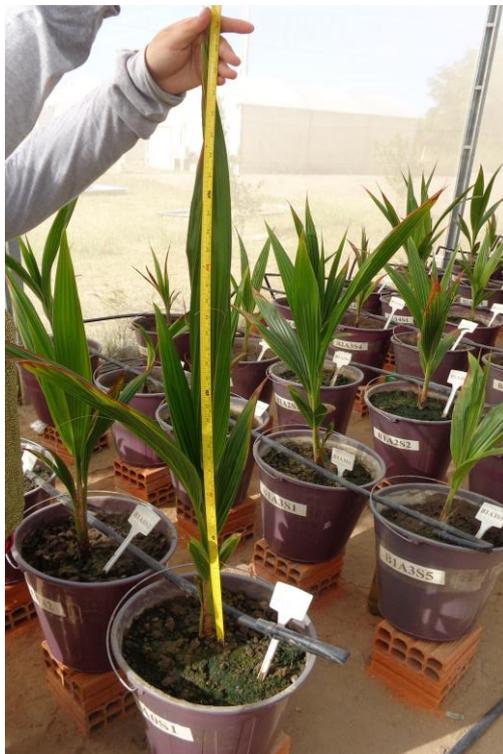
3.6 Variáveis Analisadas

3.6.1 Variáveis de crescimento vegetal

3.6.1.1 Altura de plantas

A altura das plantas foi mensurada aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio (DAT), com o auxílio de uma trena métrica graduada, considerando-se a distância vertical entre o coleto da planta e a extremidade da maior folha esticada, expresso em cm, (Figura 7).

Figura 7 – Mensuração da altura das plantas de coqueiro.



3.6.1.2 Diâmetro caulinar

O diâmetro do caule foi mensurado aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio (DAT), com o auxílio de um paquímetro digital, a uma altura em torno de 5 cm acima do solo, sendo os valores expressos em mm (Figura 8).

Figura 8 – Mensuração do diâmetro caulinar das plantas de coqueiro.



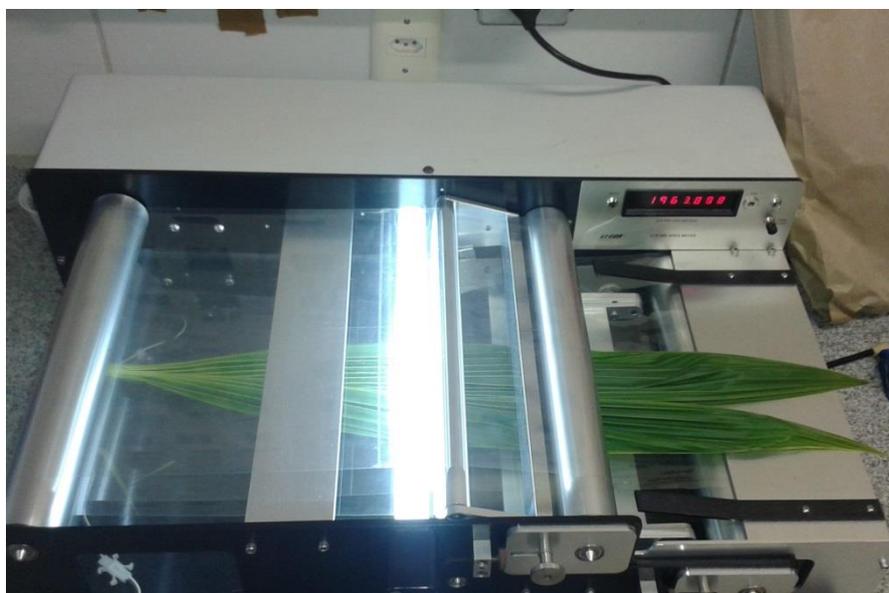
3.6.1.3 Número de Folhas

Foram realizadas contagens manuais do número de folhas aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio (DAT), a partir da primeira folha, tendo o ápice como base, considerando-se a primeira folha aquela que precede a emissão da folha mais nova, expresso em unidades.

3.6.1.4 Área foliar, Área foliar específica e Suculência foliar

A área foliar foi obtida aos 124 DAT, logo após a coleta das plantas. Para a determinação da área foliar, foi utilizado um integrador de área (LI-3100, Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA) pertencente ao Laboratório da Estação Agrometeorológica, da Universidade Federal do Ceará. As folhas foram retiradas do caule e passadas individualmente no aparelho, sendo o valor expresso em $\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$ (Figura 9).

Figura 9 – Mensuração da área foliar das plantas de coqueiro.



A área foliar específica foi obtida por meio da relação área foliar e biomassa seca da folha, evidenciando a área foliar disponível em cada grama de folha, e foi determinada mediante a equação 3.

$$AFE = \frac{AF}{BS_F} \quad (3)$$

Onde,

AFE - Área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$);

AF - Área foliar (cm^2);

BS_F - Biomassa seca foliar (g).

A suculência foliar foi obtida mediante a equação 4, proposta por Mantovanni (1999).

$$SF = \frac{BFF - BFS}{AF} \quad (4)$$

Onde,

SF – Suculência foliar ($\text{g H}_2\text{O m}^2$);

BFF – Biomassa das folhas frescas (g);

BFS – Biomassa das folhas secas (g);

AF – Área foliar (m^2).

3.6.1.5 Taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro

O incremento em altura ou diâmetro entre duas amostragens ao longo do ciclo é conceituado como taxa de crescimento absoluto. A partir de dados preexistentes, essas taxas foram calculadas para os dados de crescimento em altura (TCA-AP, cm dia^{-1}) e em diâmetro caulinar (TCA-DC, mm dia^{-1}), aplicando-se a equação 5, proposta por Benincasa (2003).

$$TCA = \frac{P2 - P1}{T2 - T1} \quad (5)$$

Onde,

TCA - Taxa de crescimento absoluto em altura e diâmetro (cm dia^{-1} ; mm dia^{-1} , respectivamente);

P2 e P1 – Amplitude de variação de crescimento da planta em altura e diâmetro entre duas amostragens consecutivas, nos tempos T1 e T2;

T1 e T2 - Intervalo entre as avaliações, em dias, sem considerar os valores preexistentes, anteriores a essa variação.

A taxa de crescimento relativo torna-se oportuna na avaliação do crescimento vegetal, pois é dependente da quantidade de material acumulado gradativamente. Essas taxas foram calculadas com os dados preexistentes de crescimento em altura (cm) e diâmetro caulinar (mm), aplicando-se o logaritmo neperiano, conforme a equação 6.

$$\text{TCR} = \frac{(\text{Ln}P2 - \text{Ln}P1)}{(T2 - T1)} \quad (6)$$

Onde,

TCR - Taxa de crescimento relativo em altura e diâmetro ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$; $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente);

Ln - Logaritmo neperiano;

P2 e P1 - Amplitude de variação de crescimento da planta em altura e em diâmetro entre duas amostragens consecutivas tomadas nos tempos T1 e T2;

T1 e T2 - Intervalo de tempo entre as avaliações, em dias, sem considerar os valores preexistentes, anteriores a essa variação.

3.6.1.6 Produção e partição de biomassa

A produção de biomassa das plantas foi obtida aos 124 dias após o transplântio. As plantas foram colhidas rente ao solo, e a parte aérea foi particionada em folha, caule e pecíolo (Figura 10). A biomassa fresca de cada órgão da parte aérea foi quantificada.

Figura 10 – Coleta das plantas de coqueiro para determinação da biomassa da parte aérea.



As plantas após serem colhidas e particionadas, foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, e colocados para secar em estufa com circulação de ar, preservando a temperatura na faixa de 65° a 70°C. O período de secagem das amostras foi definido através de pesagens realizadas até a manutenção de peso constante. Logo após, cada amostra teve sua fitomassa seca quantificada em balança analítica, sendo os valores expressos em gramas.

3.7 Índices de tolerância à salinidade

Foram quantificadas as reduções na produção de matéria seca da parte aérea das plantas sob os diferentes níveis de salinidade e encharcamento, comparando-as à testemunha (plantas cultivadas em solo não salino e que não foram submetidas a nenhum ciclo de encharcamento), mediante a equação 7, sugerida por Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010). Os resultados foram interpretados com o auxílio da Tabela 5, que dispõe a classificação de genótipos quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução da produção de matéria seca ou de grãos.

$$RP = \left[\frac{(PSTS - PCTS)}{PSTS} \right] \cdot 100 \quad (7)$$

Onde,

RP - Redução da produção da biomassa seca da parte aérea (%);

PSTS - Produção da biomassa seca da parte aérea no tratamento sem salinidade e sem encharcamento (g planta⁻¹);

PCTS - Produção de biomassa seca da parte aérea nos tratamentos com salinidade e encharcamento (g planta⁻¹).

Tabela 5 – Classificação de genótipos quanto à tolerância à salinidade, baseando-se na redução da produção de matéria seca da planta ou de grãos.

Redução da produção de matéria seca (%)	Classificação
0 - 20	Tolerante
21 - 40	Moderadamente tolerante
41 - 60	Moderadamente suscetível
> 60	Suscetível

Fonte: Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010).

3.8 Plantas vivas ao final do experimento

Foram realizadas observações acerca da sobrevivência das plantas, durante os 124 dias de permanência em casa-de-vegetação. Com isso, foi quantificada a porcentagem de plantas sobreviventes, utilizando o critério de avaliação proposto por Marinho (2002), sendo consideradas plantas vivas aquelas que apresentaram ao menos uma folha verde.

3.9 Variáveis fisiológicas

3.9.1 Trocas gasosas foliares

Foram realizadas avaliações das taxas de fotossíntese ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), nas folhas das plantas de coqueiro-anão-verde, antes da exposição aos ciclos de encharcamento e no ultimo dia de cada ciclo (4º dia), aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio (DAT), com o intuito de evidenciar a provável recuperação das plantas expostas aos solos salinos submetidas a quatro dias de estresse por encharcamento do solo, com o auxílio de um analisador de gases infravermelho portátil (IRGA, modelo LI – 6400XT, da marca LICOR®). A intensidade luminosa artificial utilizada nas avaliações das trocas gasosas foi de $1.800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 11), sendo mantidas as condições ambientais de temperatura do ar e concentração de CO_2 .

Figura 11 – Avaliação das trocas gasosas foliares nas plantas de coqueiro.



As avaliações foram realizadas no turno da manhã, entre 8:00 e 10:00 h, horário propício a manutenção das condições de temperatura e umidade relativa do ar dentro da casa de vegetação.

3.9.2 Teores de clorofila: Índice SPAD

O teor relativo de clorofila total nas folhas das plantas foi determinado através do método não destrutivo, com o auxílio de um aparelho medidor portátil (SPAD, modelo 502, da marca Minolta), antes dos ciclos de encharcamento e no último dia de cada do ciclo (4º dia), aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio (DAT), e os valores foram expressos em unidades SPAD (Figura 12).

Figura 12 - Avaliação do conteúdo de clorofila total nas plantas de coqueiro.



3.10 Avaliação nutricional das plantas

Aos 124 dias após o transplântio (DAT), foram coletadas as folhas das plantas de coqueiro, para avaliação do estado nutricional. Após coletadas, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e levadas para secar a estufa com circulação de ar, preservando a temperatura na faixa de 65° a 70°C. O período de secagem das amostras foi definido através de pesagens realizadas até a manutenção da massa constante.

Posteriormente, o material seco foi triturado em moinho do tipo Willey (modelo MA 340, Marconi, BR) e as amostras encaminhadas ao laboratório de solo e água da Universidade Federal do Ceará, para serem utilizadas na preparação dos extratos provenientes

de digestão nitroperclórica, para determinação dos teores dos seguintes macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), do micronutriente cloro (Cl) e elemento benéfico sódio (Na) conforme a metodologia proposta por Malavolta (1997).

3.11 Teores de nutrientes e salinidade do solo ao final do experimento

Amostras de solo foram coletadas ao término do experimento, em quatro pontos de cada vaso, com o auxílio de um trado holandês (Figura 13). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhadas ao laboratório de solo e água da Universidade Federal do Ceará, com o propósito de analisar a fertilidade do solo, por meio dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), do micronutriente cloro (Cl) e o elemento benéfico sódio (Na), realizadas de acordo com os métodos descritos em EMBRAPA (2011).

A salinidade final do solo, foi obtida utilizando a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) como indicador da salinidade do solo (RICHARDS, 1954).

Figura 13 – Coleta das amostras de solo para análises ao final do experimento.



3.12 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5 e 1% de probabilidade, e quando evidenciado efeito significativo foram submetidos a análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares Microsoft Excel[®] versão 2010 e SISVAR[®] versão 5.5 (FERREIRA, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento vegetal

4.1.1 Altura de plantas, diâmetro caulinar e número de folhas

As variáveis constantes na Tabela 6 foram influenciadas significativamente pelos fatores encharcamento (exceto o número de folhas - NF), salinidade do solo e épocas de avaliação. Dentre as variáveis estudadas, apenas a altura de plantas (AP) e o diâmetro caulinar (DC) responderam aos efeitos da interação encharcamento x salinidade do solo. Houve efeito significativo das interações encharcamento x épocas de avaliação e salinidade do solo x épocas de avaliação, em todas variáveis em estudo. Também foi verificado o efeito significativo da interação tripla encharcamento x salinidade do solo x épocas de avaliação nas variáveis altura de plantas e diâmetro caulinar.

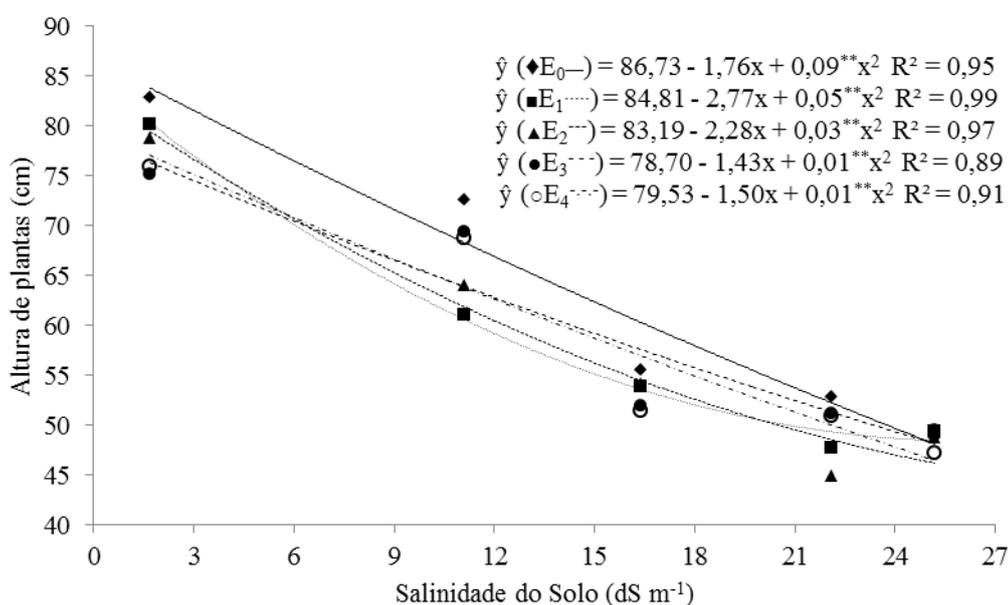
Tabela 6 – Resumo das análises de variâncias referentes à altura de plantas (AP), diâmetro caulinar (DC) e número de folhas (NF) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio.

F.V.	G.L.	Quadrados médios		
		AP	DC	NF
Blocos	4	143,06 ^{ns}	10,94 ^{ns}	0,75 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	680,68 ^{**}	65,77 [*]	0,18 ^{ns}
Resíduo (E)	16	100,57	21,01	0,66
Salinidade do solo (S)	4	18.049,29 ^{**}	1.195,41 ^{**}	31,97 ^{**}
S x E	16	252,12 ^{**}	49,51 ^{**}	0,49 ^{ns}
Resíduo (S)	80	101,87	13,60	0,51
Épocas de avaliação (EA)	4	32.118,34 ^{**}	1.591,79 ^{**}	118,27 ^{**}
EA x E	16	96,71 ^{**}	9,58 ^{**}	0,27 ^{**}
EA x S	16	2.926,71 ^{**}	144,88 ^{**}	4,78 ^{**}
EA x E x S	64	53,57 ^{**}	5,66 ^{**}	0,12 ^{ns}
Resíduo (EA)	400	19,78	2,47	0,13
Total	624			
C.V. – E (%)		16,91	21,47	23,38
C.V. – S (%)		17,02	17,27	20,42
C.V. – EA (%)		7,50	7,36	10,18

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

Os dados referentes à altura de plantas evidenciaram os efeitos da interação tripla encharcamento x salinidade do solo x épocas de avaliação. No entanto, independente da interação tripla ser significativa, optou-se pelo desdobramento da interação encharcamento x salinidade do solo (Figura 14), tendo em vista que o fator épocas de avaliação possui uma relevância secundária, quando comparado aos demais, sendo este incluso para atribuir uma maior coerência aos resultados.

Figura 14 – Altura de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.



As plantas se mostraram mais sensíveis aos efeitos da salinidade do solo, apresentando decréscimos mais acentuados em altura, com o aumento dos níveis salinos do solo, quando comparados aos efeitos dos ciclos de encharcamento. Foi verificado o crescimento em altura de plantas estimado de 78,12 cm, em solo de condutividade elétrica estimada de 9,8 dS m⁻¹, sem nenhum ciclo encharcamento. Verifica-se na Figura 14, que no nível mais elevado de salinidade do solo, a altura de plantas não apresentou diferenças expressivas em relação ao número de ciclos de encharcamentos recebidos, constatando que em níveis severos de salinidade do solo, o efeito do encharcamento é mínimo sobre o crescimento das plantas.

As plantas cultivadas sob estresse salino são expostas aos efeitos deletérios dos sais, limitando seu crescimento vegetativo. Sobretudo, a limitação do crescimento vegetativo

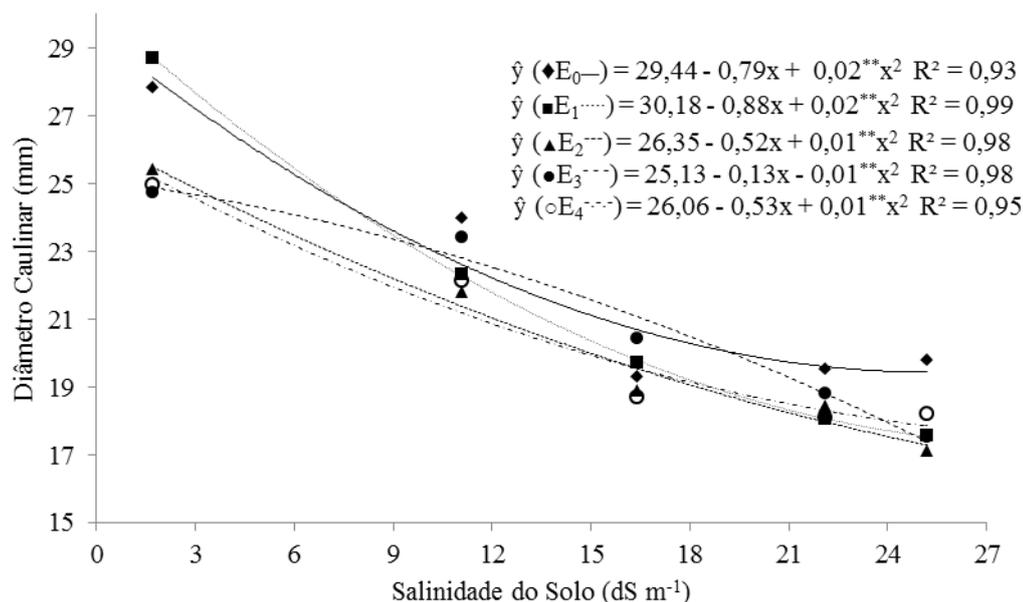
nas plantas cultivadas em solos afetados por sais, ocorre devido à redução da disponibilidade de água e pelo acúmulo de íons potencialmente tóxicos, como Na^+ e Cl^- , sendo também, em alguns casos, observadas alterações no estado nutricional. Esse efeito foi aparentemente intensificado, nas plantas que sofreram encharcamento do solo, em consequência da redução de oxigênio no sistema radicular, demonstrando que plantas expostas à estresses múltiplos, tendem a apresentar crescimento ainda mais reduzido, que quando expostas apenas a um fator que ocasione o estresse.

Lima (2014) também constatou inibição do crescimento em altura de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, submetidas ao estresse salino. O referido autor verificou reduções de 10, 22, 34 e 46% na altura das plantas irrigadas com águas salinas de condutividade elétrica de 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 dS m^{-1} , em relação ao tratamento controle (0,9 dS m^{-1}). Nobre *et al.* (2013) relatam que as plantas quando cultivadas sob estresse salino, podem ter o crescimento inibido devido aos efeitos tóxicos dos sais, quando absorvidos pelas plantas. Sobretudo, os efeitos deletérios são ocasionados pela tendência à redução da quantidade de água, em decorrência dos efeitos osmóticos, resultando na baixa capacidade das plantas crescerem e se desenvolverem.

Nawaz *et al.* (2014) relatam o sério comprometimento das plantas aos estresses simultâneos, de salinidade e encharcamento, pois o crescimento é severamente prejudicado na presença do fator salinidade, e intensificado quando associado ao encharcamento. Algumas pesquisas foram realizadas no âmbito da tolerância de plantas ao encharcamento, bem como a salinidade, porém avaliando individualmente esses fatores. Há necessidade de estudos relacionados à tolerância de plantas submetidas à combinação desses fatores (TEAKLE, 2012).

A Figura 15 mostra o comportamento do diâmetro caulinar das plantas, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo. Verificou-se que o diâmetro caulinar apresentou tendência semelhante à altura de plantas, atribuindo maior sensibilidade aos efeitos da salinidade do solo, expressando reduções mais acentuadas com o incremento da salinidade, quando comparados ao número de ciclos de encharcamento sofridos.

Figura 15 – Diâmetro caulinar de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.



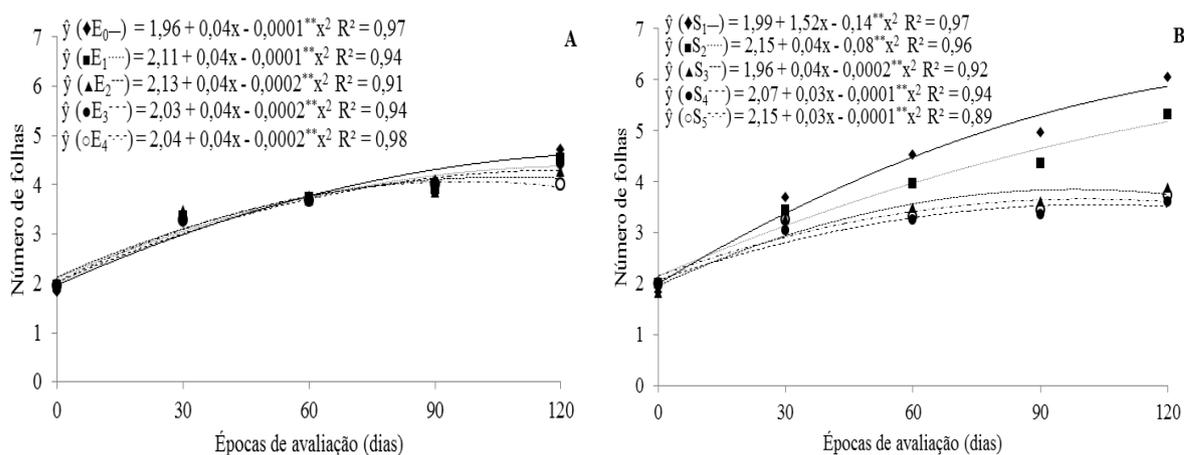
O estresse salino associado a períodos de encharcamento do solo provoca limitações no crescimento em diâmetro caulinar, apresentando valores mínimos estimados de 21,6 mm quando as plantas não foram submetidas a nenhum ciclo de encharcamento e 19 mm quando as plantas foram sofrerem quatro ciclos de encharcamento. Mesmo as plantas ajustadas osmoticamente podem sofrer desbalanços hídricos e nutricionais, afetando as células meristemáticas laterais, inibindo sua divisão e alongamento. O crescimento em diâmetro é favorecido quando se tem boas condições ambientais, e principalmente conformidade entre água e nutrientes, porém, as plantas cultivadas sob estresses múltiplos estão predispostas ao desequilíbrio desses fatores.

Em sua maioria, o efeito da salinidade sobre o crescimento vegetal é provocado pelo efeito osmótico e toxicidade dos sais acumulados nas células. Porém, os limites de toxidez causada pelo acúmulo de íons variam entre espécies e genótipos de uma mesma espécie, estádios de desenvolvimento, células e órgãos de uma mesma planta (HENDRICKS; BUSHNELL, 2009). Segundo Schossler *et al.* (2012), o estresse salino provocado, sobretudo, por meio da absorção de íons tóxicos de sódio e cloro, impossibilitam o acúmulo de fitomassa do caule, comprometendo o seu crescimento em diâmetro, justificando os resultados obtidos nesta variável em resposta aos crescentes níveis de salinidade do solo.

Por outro lado, a capacidade de adaptação às condições de estresse por excesso de água é crucial a sobrevivência das plantas. Elas tendem a diminuir o gasto de energia como forma adaptativa as condições adversas, conseqüentemente, afetando negativamente o crescimento em altura e em diâmetro (LIU, 2015).

Os dados relativos ao número de folhas evidenciaram os efeitos das interações duplas, encharcamento x épocas de avaliação e salinidade do solo x épocas de avaliação (Figura 16). Houve efeito significativo dos ciclos de encharcamento sobre essa variável, porém de maneira branda, mostrando que mesmo com os ciclos de encharcamento sofridos, associado às épocas de avaliação, houve incremento no número de folhas.

Figura 16 – Número de folhas de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e épocas de avaliação (A) e níveis de salinidade do solo e épocas de avaliação (B).



Ao final do experimento, foram encontrados valores máximos estimados de seis folhas por planta, para as que não sofreram encharcamento e para as que foram submetidas apenas a um ciclo. As demais plantas que foram submetidas a dois, três e quatro ciclos de encharcamento apresentaram valores máximos estimados de quatro folhas por planta. Dessa maneira, inferindo que quando sofrido apenas um ciclo de estresse por encharcamento a planta não apresenta problemas relacionados à emissão foliar.

A salinidade do solo provocou reduções mais evidentes no número de folhas, notadamente quando se aumentou o tempo de exposição das plantas a esse tipo de estresse. Foram evidenciados valores máximos estimados de seis folhas por planta, quando cultivadas nos tratamentos de menores salinidades (1,7 e 11,07 dS m^{-1}) e quatro folhas por planta quando

submetidas a níveis salinos superiores. Com isso, constata-se que até o nível salino de 11,07 dS m⁻¹ as plantas não apresentam problemas relacionados à emissão foliar.

Foram evidenciadas reduções de 33,3% em emissões foliares nas plantas cultivadas com o tratamento de maior salinidade do solo (25,2 dS m⁻¹) quando comparado ao tratamento com solo não salino (1,7 dS m⁻¹), aos 120 DAT, denotando a essa variável maior sensibilidade aos efeitos nocivos dos sais, quando as plantas são expostas à longos períodos de estresse. A restrição na emissão de folhas novas pode estar atrelada ao menor porte da planta, com crescimento reduzido, devido à limitação no processo de absorção de água, causando alterações morfológicas, quando cultivadas em solos afetados por sais.

O menor número de folhas de plantas sob estresse salino pode ser consequência da redução na emissão de novas folhas, bem como pelo aumento da senescência de folhas mais velhas. Isso pode ter um impacto muito forte no desenvolvimento da planta, pois limita a produção de fotoassimilados, podendo, inclusive, levar à morte da planta (MAHMOUD; MOHAMED, 2008). Por outro lado, algumas espécies perenes sob estresse por encharcamento do solo podem continuar crescendo e produzindo folhas, flores e frutos durante o período de exposição ao excesso de água (MEDRI *et al.*, 2012).

4.1.2 Taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro caulinar de plantas

As variáveis, taxa de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro, foram influenciadas significativamente pelo encharcamento, salinidade do solo e épocas de avaliação (Tabela 7). Todas as variáveis responderam aos efeitos da interação encharcamento x salinidade do solo. Houve efeito significativo das interações encharcamento x épocas de avaliação e salinidade do solo x épocas de avaliação, em todas variáveis em supracitadas. Também foi verificado o efeito significativo da interação tripla encharcamento x salinidade do solo x épocas de avaliação, exceto para variável taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCA-AP).

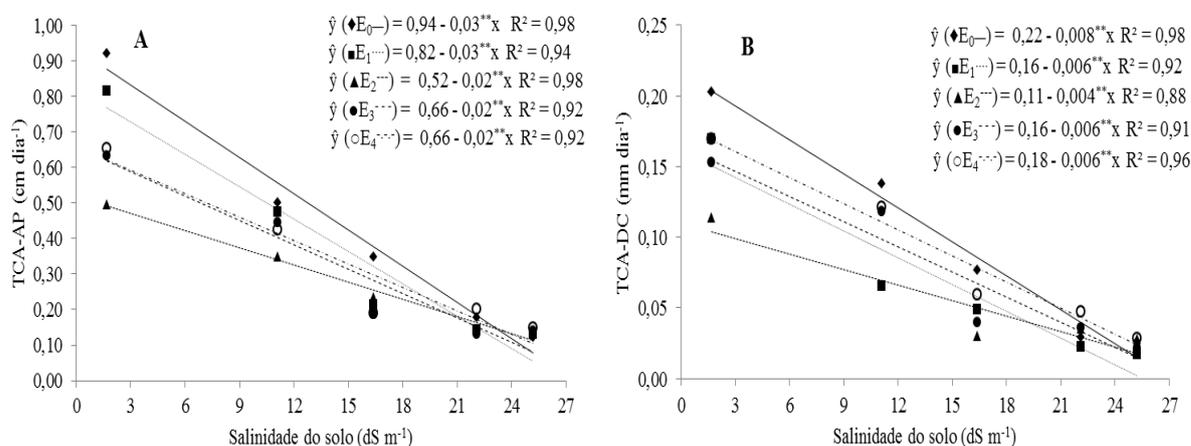
Tabela 7 – Resumo das análises de variâncias referentes às taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) em altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, nos períodos de 0-30, 30-60, 60-90 e 90-120 dias após o transplântio.

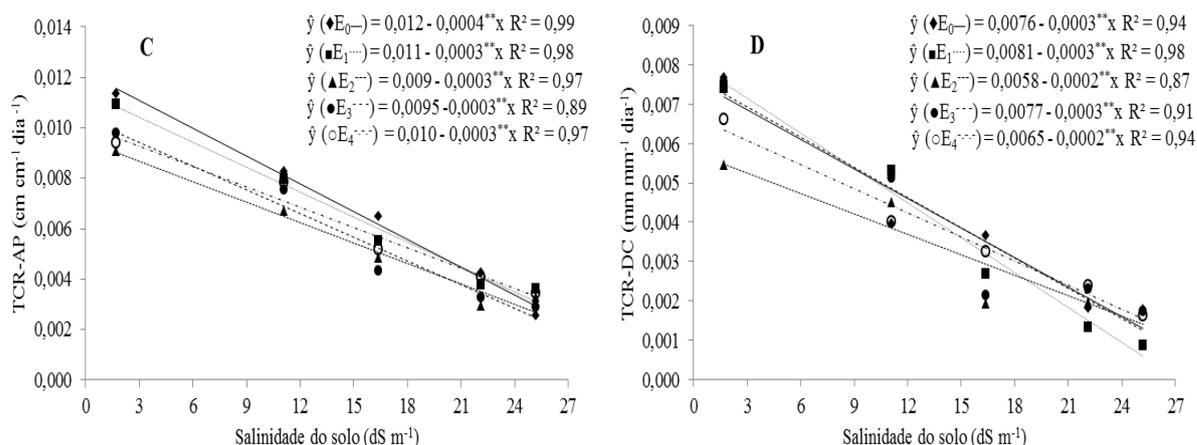
F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		TCA-AP	TCA-DC	TCR-AP	TCR-DC
Blocos	4	0,05 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	0,75 ^{**}	0,09 ^{**}	0,00002 ^{**}	0,00002 ^{**}
Resíduo (E)	16	0,01	0,001	0,00001	0,006
Salinidade do solo (S)	4	5,75 ^{**}	0,33 ^{**}	0,0009 ^{**}	0,0004 ^{**}
S x E	16	0,13 ^{**}	0,01 ^{**}	0,00002 ^{**}	0,00001 ^{**}
Resíduo (S)	80	0,01	0,001	0,00001	0,004
Épocas de avaliação (EA)	3	1,47 ^{**}	0,06 ^{**}	0,002 ^{**}	0,0002 ^{**}
EA x E	12	0,11 [*]	0,01 ^{**}	0,00002 ^{**}	0,00001 ^{**}
EA x S	12	0,25 ^{**}	0,02 ^{**}	0,00004 ^{**}	0,00003 ^{**}
EA x E x S	48	0,06 ^{ns}	0,01 ^{**}	0,00001 ^{**}	0,00001 ^{**}
Resíduo (EA)	300	0,01	0,001	0,00001	0,00001
Total	499				
C.V. – E (%)		25,87	28,74	32,26	22,52
C.V. – S (%)		34,77	32,53	30,90	18,53
C.V. – EA (%)		30,91	35,10	28,95	19,01

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

Semelhantemente, optou-se pelo desdobramento da interação dupla encharcamento x salinidade do solo (Figura 17).

Figura 17 – Taxas de crescimento absoluto TCA-AP (A) e TCA-DC (B), e taxas de crescimento relativo TCR-AP (C) e TCR-DC (D) em altura e diâmetro, de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.





Foram verificadas respostas lineares decrescentes em todas as variáveis, apresentando declínios nas taxas de crescimento absoluto e relativo, com o incremento da salinidade do solo, associado aos ciclos de encharcamento, em relação ao tratamento controle (solo não salino e sem encharcamento). Embora tenha sido verificado o efeito significativo dos ciclos de encharcamento nessas variáveis, observa-se que as maiores reduções atreladas a esse estresse ocorreram nos menores níveis de salinidade do solo, como mostram as Figuras 17 A, B, C e D.

As taxas de crescimento absoluto expressaram valores máximos estimados de 0,93 e 0,66 cm dia⁻¹ em altura (Figura 17A), e em diâmetro de 0,22 e 0,18 mm dia⁻¹ (Figura 17B); nas taxas de crescimento relativo, foram constatados valores máximos estimados de 0,012 e 0,010 cm cm⁻¹ dia⁻¹ em altura (Figura 17C) e 0,08 e 0,06 mm mm⁻¹ dia⁻¹ em diâmetro (Figura 17D), para as plantas que não receberam nenhum ciclo e 4 ciclos de encharcamento, respectivamente. Com o aumento da salinidade, o estresse causado pelo encharcamento ocorreu de forma mais amena, possivelmente, pelo fato do estresse salino ter sido muito intenso, a ponto de encobrir os efeitos do encharcamento, evidenciando maior sensibilidade aos efeitos dos sais presentes no solo. Essa tendência também foi verificada nas variáveis, altura de plantas e diâmetro caulinar.

Com esses resultados, demonstra-se que as plantas de coqueiro quando cultivadas sob estresses múltiplos, sobretudo nos menores níveis de salinidade do solo, tendem a apresentar crescimento ainda mais reduzido que quando expostas a um só tipo de estresse. A inibição do crescimento de alguns órgãos da planta, durante o período de encharcamento do solo, pode levar à economia de energia e à manutenção do mínimo funcionamento do metabolismo nas regiões mais afetadas pela hipoxia (MEDRI *et al.*, 2012).

As restrições no crescimento das plantas podem funcionar como mecanismo adaptativo às condições de ambiente salino, propiciando condições para que a planta mantenha suas atividades vitais, mesmo que de forma limitada (COELHO *et al.*, 2013). Essas alterações morfológicas podem ser decorrentes do desbalanço hídrico, nutricional ou hormonal, tendo como resultado o fechamento estomático e a redução na transpiração, ocasionando diminuição na absorção de água e/ou nutrientes, resultando em menor crescimento das plantas (PRISCO; GOMES FILHO, 2010).

4.1.3 Biomassa seca da parte aérea, área foliar, área foliar específica e suculência foliar

As variáveis, biomassa seca da parte aérea, área foliar e área foliar específica e suculência foliar, foram influenciadas significativamente pelo efeito isolado do encharcamento (exceto área foliar específica – AFE) e salinidade do solo (exceto suculência foliar – SF). Contudo, todas as referidas variáveis responderam aos efeitos significativos da interação encharcamento x salinidade do solo (Tabela 8).

Tabela 8 – Resumo das análises de variâncias referentes à biomassa seca da parte aérea (BSPA), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e suculência foliar (SF) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 124 dias após o transplantio.

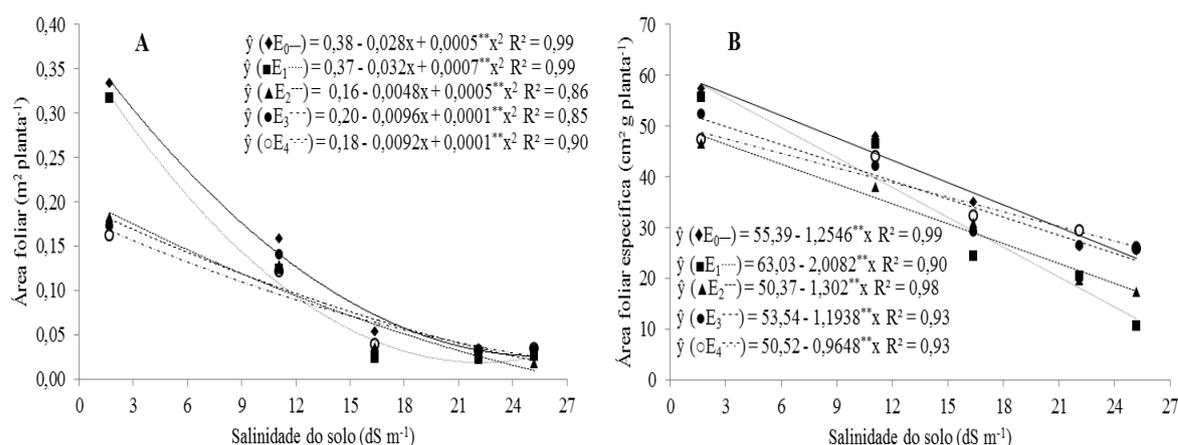
F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		AF	AFE	SF	BSPA
Blocos	4	0,0002 ^{ns}	57,28 ^{ns}	19.228,44 ^{ns}	23,34 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	0,01 ^{**}	152,07 ^{ns}	55.249,09 ^{**}	1.968,73 ^{**}
Resíduo (E)	16	0,001	75,34	15.003,89	51,73
Salinidade do solo (S)	4	0,19 ^{**}	3.743,97 ^{**}	19.499,31 ^{ns}	31.776,48 ^{**}
S x E	16	0,008 ^{**}	208,56 ^{**}	22.167,37 ^{**}	1.106,21 ^{**}
Resíduo (S)	80	0,0005	72,99	9.819,65	70,99
Total	124				
C.V. – E (%)		27,66	25,50	29,20	14,95
C.V. – S (%)		24,84	25,10	23,63	17,52

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

As plantas de coqueiro-anão-verde cultivadas em solo de menor salinidade (1,7 dS m⁻¹) exprimiram restrições acentuadas, limitando o aumento da área foliar, quando expostas a mais de um ciclo de encharcamento, apresentando reduções na ordem de 5, 45, 48 e 51%

quando submetidas a um, dois, três e quatro ciclos de encharcamento, respectivamente. Contudo, verificou-se que os ciclos de encharcamento praticamente não ocasionaram limitações na área foliar das plantas expostas aos maiores níveis de salinidade do solo (Figura 18A).

Figura 18 – Área foliar – AF (A) e área foliar específica – AFE (B), de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.



O aumento da salinidade do solo ocasionou restrições severas na expansão da área foliar, acarretando limitações médias no incremento da área foliar de 42, 84, 87 e 88%, em contraste dos valores médios apresentados pelas plantas cultivadas em solo não salino (CE 1,70 dS m⁻¹), para os níveis de salinidade correspondentes à 11,07; 16,44; 22,14 e 25,20 dS m⁻¹. Do mesmo modo, foram verificadas restrições no incremento da área foliar específica, apresentando reduções de 16, 41, 53 e 59% com o aumento dos níveis de salinidade do solo, aliada aos ciclos de encharcamento, quando comparados aos valores encontrados nas plantas cultivadas em solo não salino e submetidas aos ciclos de encharcamento (Figura 18B).

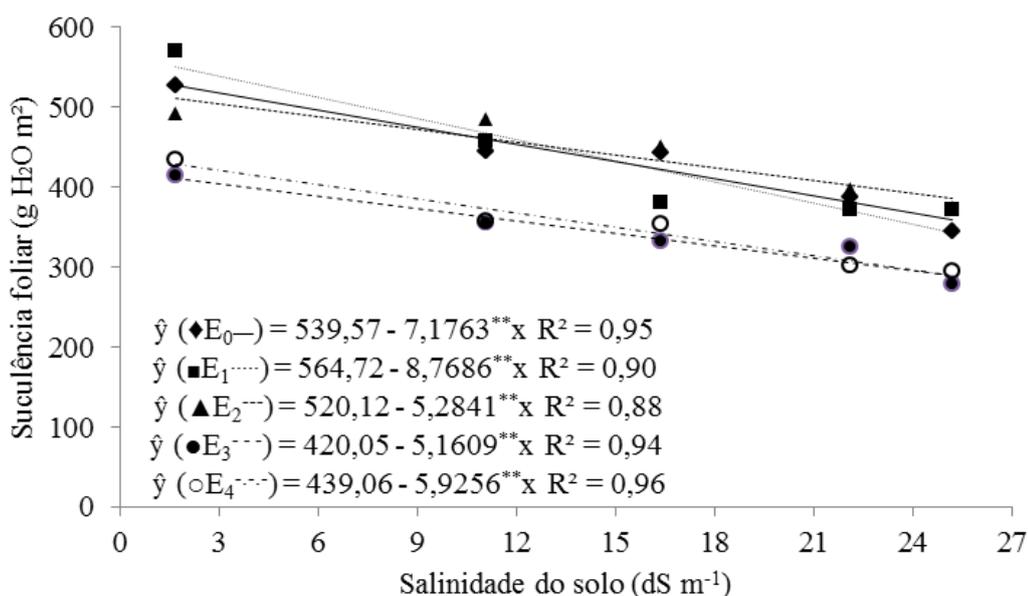
A redução do incremento em área foliar é decorrente dos efeitos deletérios do excesso de sais no solo, restringindo a absorção de água e acarretando acúmulo de íons potencialmente tóxicos na planta. Na fase inicial, o estresse é acentuado, deixando as plantas vulneráveis, retardando a emissão foliar e acometendo sua expansão celular, que consequentemente, reduz a área foliar disponível para a fotossíntese. Em alternativa, essas reduções foliares podem ser vistas como uma adaptação de ordem morfológica para minimizar o gasto energético das plantas, permitindo sua sobrevivência.

As respostas das plantas ao estresse pelo excesso de água são complexas, variando entre espécies, cultivares e duração do estresse. Além do crescimento vegetativo, variáveis fisiológicas são afetadas pelo estresse causado pelo excesso de água no solo. As pesquisas ainda são escassas nesse contexto e as respostas das plantas não são totalmente compreendidas, sobretudo em plantas perenes (YU, 2012).

Nawaz *et al.* (2014) afirmam que decréscimos na área foliar são prejudiciais ao crescimento de plantas sob estresse salino associado ao encharcamento do solo, visto que, a área foliar está diretamente ligada à taxa fotossintética da planta, e quando reduzida afeta rigorosamente a produção de fotoassimilados. Em contraste, García e Mendonza (2014) tratam a redução da área foliar como uma estratégia para reduzir a área exposta à atmosfera para transpiração, consequentemente, aumentando a eficiência do uso da água em plantas expostas a estresses múltiplos abióticos.

A suculência foliar respondeu significativamente aos efeitos da interação encharcamento x salinidade do solo. Verificaram-se decréscimos lineares em suculência foliar, quando as plantas foram submetidas aos níveis crescentes de salinidade do solo e aos ciclos de encharcamento (Figura 19).

Figura 19 – Suculência foliar de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.



Foram encontrados valores estimados de 488,07 g H₂O m² nas folhas das plantas que não foram submetidas a nenhum ciclo de encharcamento. Com o incremento dos ciclos de

encharcamento e da salinidade do solo, a tendência da suculência foliar adveio com o declínio do teor de água nas folhas, apresentando valores estimados de 403,95 g H₂O m², nas plantas submetidas à quatro ciclos de encharcamento.

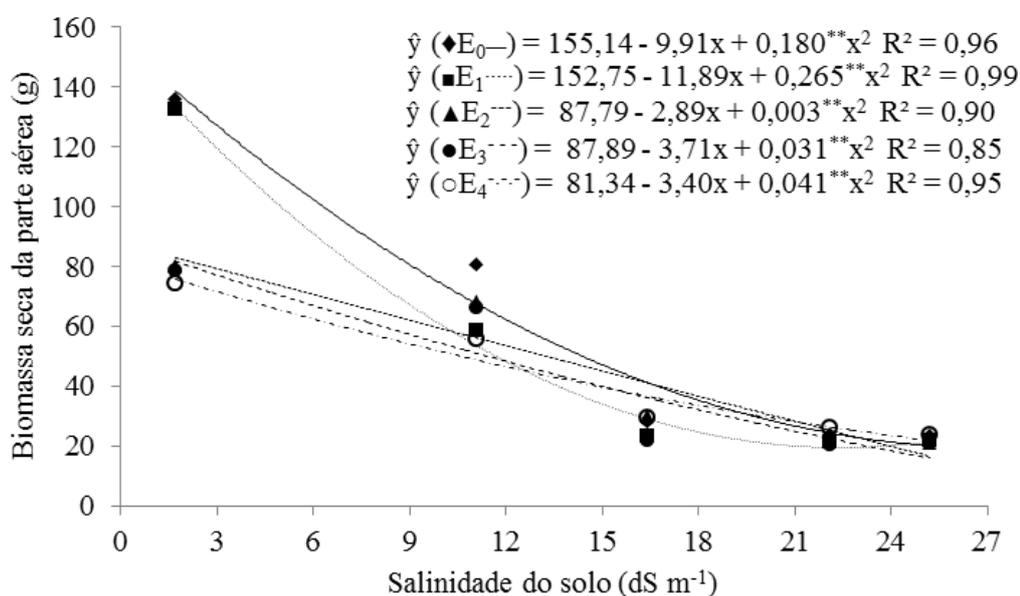
As plantas apresentaram reduções pronunciadas no teor de água das folhas em detrimento do aumento da salinidade do solo, e reduções menores com o aumento do número de ciclos de encharcamento. Essas reduções na suculência foliar podem ser resultantes da restrição na absorção de água pelas plantas sob estresse, acarretando em menor conteúdo de água nos tecidos vivos, sinalizando uma menor capacidade de ajustamento osmótico das plantas na presença de estresses abióticos.

Os resultados apresentaram tendência semelhante aos encontrados por Trindade *et al.* (2006), pesquisando a influência do acúmulo de íons na aclimação de plantas sob estresse salino. Os referidos autores verificaram que as plantas de sorgo cultivadas sob estresse salino, exprimiram reduções na suculência foliar. Eles ainda reforçam que a suculência permite a regulação da concentração de sais nos tecidos foliares, e depende diretamente da absorção, transporte e acúmulo de íons nos tecidos foliares, podendo contribuir para reduzir o efeito dos sais sobre o crescimento da planta.

Qi *et al.* (2009) relatam que a suculência é uma peculiaridade distinta de aclimação das plantas halófitas, pelo fato de acumularem elevados teores de água nas folhas e caules, quando expostas à salinidade da água e/ou do solo, sendo considerada uma característica adaptativa, diferentemente das glicófitas, as quais apresentam comportamento variável entre espécies, podendo não apresentar essa habilidade, como ocorreu no presente estudo.

Na Figura 20, as plantas cultivadas em solo não salino expressaram reduções acentuadas na massa seca da parte aérea, quando submetidas a mais de um ciclo de encharcamento. Foram detectadas reduções médias de 3, 41, 42 e 45% quando as plantas sofreram um, dois, três e quatro ciclos de encharcamento, respectivamente.

Figura 20 – Biomassa seca da parte aérea de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo.



Constatou-se que os ciclos de encharcamento praticamente não exerceram influência sobre a biomassa seca da parte aérea das plantas expostas aos maiores níveis de salinidade do solo. As plantas se mostraram mais sensíveis ao aumento da salinidade do solo, apresentando decréscimos proeminentes em massa seca da parte aérea (Figura 20).

Em média, foram constatados decréscimos na biomassa de 34, 74, 77 e 78%, com o aumento dos níveis de salinidade do solo, associada aos ciclos de encharcamento, em contraste dos valores médios apresentados pelas plantas cultivadas em solo não salino (CE 1,70 dS m⁻¹), também expostas aos ciclos de encharcamento. De posse desses resultados, verifica-se que o estresse salino exerceu um efeito mais pronunciado que o encharcamento. No entanto, não podemos desconsiderar os decréscimos de 41 à 45% apresentados a partir do segundo ciclo de encharcamento, nas plantas cultivadas em solo não salino.

O estresse salino pode ter causado alterações no balanço hídrico e hormonal da planta, comprometendo seu crescimento e desenvolvimento vegetativo. De acordo com Fageria, Soares Filho e Gheyi (2010), a parte aérea é constituída dos órgãos mais sensíveis à salinidade, seja a exposição ao estresse de curta ou longa duração. Foi constatado em experimentos em casa de vegetação, que a massa de matéria seca da parte aérea é mais reduzida do que a massa de raízes, conferindo a parte aérea maior sensibilidade à salinidade,

podendo ser considerada como o parâmetro mais adequado para classificação de cultivares tolerantes e susceptíveis à salinidade do solo.

A compreensão da interação salinidade do solo com outros estresses pode fornecer informações importantes sobre o manejo das culturas, tendo em vista, que as respostas das plantas submetidas à ação de múltiplos estresses são altamente complexas e podem diferir das respostas de plantas cultivadas sob estresse individual. Esses resultados corroboram com as ideias de Syvertsen e Garcia-Sanchez (2014), reportando que estresses simultâneos podem aumentar a susceptibilidade das plantas à salinidade.

4.2 Classificação quanto a tolerância à salinidade

Encontram-se expostas, na Tabela 9, as reduções em biomassa seca da parte aérea, em porcentagem, bem como a referida classificação quanto a tolerância à salinidade de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e dos níveis de salinidade do solo, aos 124 dias após o transplântio (DAT).

Tabela 9 – Redução da produção de biomassa seca da parte aérea (%) e classificação quanto à tolerância à salinidade de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 124 dias após o transplântio (DAT).

Ciclos de encharcamento	Redução da biomassa seca da parte aérea (%)				
	Salinidade do solo (dS m ⁻¹)				
	1,70	11,07	16,44	22,14	25,20
0	Controle	26 (MT)	79 (S)	82 (S)	83 (S)
1	3 (T)	57 (MS)	83 (S)	84 (S)	84 (S)
2	40 (MT)	50 (MS)	83 (S)	83 (S)	83 (S)
3	40 (MT)	51 (MS)	84 (S)	85 (S)	85 (S)
4	45 (MS)	59 (MS)	78 (S)	81 (S)	83 (S)

T= tolerante, MT= moderadamente tolerante, MS= moderadamente susceptível, S= susceptível.

As plantas jovens de coqueiro-anão-verde demonstraram-se tolerantes, quando cultivadas em solo não salino e submetidas à apenas um ciclo de encharcamento. Quando as plantas foram expostas a mais de um ciclo de encharcamento, embora cultivadas em solo não salino, se mostraram moderadamente tolerantes e moderadamente susceptíveis, sendo esta última quando sofridos quatro ciclos de encharcamento.

Esses dados confirmam a tendência apresentada na Figura 20, em que as plantas cultivadas em solo não salino expressaram reduções acentuadas na massa seca da parte aérea, quando submetidas a mais de um ciclo de encharcamento. E que, nos níveis mais severos de salinidade do solo, o encharcamento praticamente não exerceu influência sobre a biomassa seca da parte aérea, sendo as plantas classificadas como susceptíveis à salinidade, quando cultivadas em solo de condutividade elétrica a partir de $16,44 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 9).

As plantas mostraram-se moderadamente tolerantes aos valores de condutividade elétrica de $11,07 \text{ dS m}^{-1}$, quando não foram submetidas a nenhum ciclo de encharcamento, e moderadamente susceptíveis quando expostas ao encharcamento do solo. Verificou-se que as plantas cultivadas nos solos com maiores níveis de salinidade ($16,44$; $22,14$ e $25,20 \text{ dS m}^{-1}$) se mostraram susceptíveis, independente dos ciclos de encharcamento sofridos, apresentando intensas reduções, com perdas em biomassa de até 85% (Tabela 9).

Os dados obtidos por Silva (2015) apresentaram tendência semelhante aos dados obtidos no presente estudo. O referido autor, estudando as interações entre deficiência hídrica e salinidade do solo, na cultura do coqueiro, constatou que as plantas cultivadas em solo não salino são moderadamente susceptíveis à salinidade, quando associado a outro fator estressante, o estresse hídrico, sob lâmina de irrigação de 20% ET_{pc}. Para o autor, em termos gerais, as plantas se mostraram moderadamente tolerantes aos efeitos da salinidade do solo, porém o estresse hídrico foi capaz de acentuar a susceptibilidade à salinidade, principalmente, nos níveis mais severos de deficiência hídrica, atribuindo as plantas moderada suscetibilidade.

4.3 Plantas vivas ao final do experimento

Constatou-se que as plantas jovens de coqueiro-anão-verde sobreviveram até os maiores níveis de salinidade do solo, quando não foram expostas ao encharcamento, embora expressando limitações em seu crescimento e atribuindo às plantas um porte reduzido, com o aumento da salinidade, quando comparadas ao controle (solo não salino = $1,70 \text{ dS m}^{-1}$ e sem encharcamento). Essas restrições em crescimento podem ser vistas como uma adaptação de ordem morfológica, objetivando minimizar o gasto energético, permitindo sua sobrevivência, mesmo que de forma limitada (Tabela 10).

Tabela 10 – Percentagem de sobrevivência de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 124 dias após o transplântio (DAT).

Ciclos de encharcamento	Plantas vivas ao final do experimento (%)				
	Salinidade do solo (dS m ⁻¹)				
	1,70	11,07	16,44	22,14	25,20
0	100	100	100	100	100
1	100	100	99,2	99,2	100
2	100	100	98,4	98,4	98,4
3	100	100	98,4	100	100
4	100	100	99,2	99,2	99,2

Independentemente da exposição aos ciclos de encharcamento, as plantas cultivadas nos solos de menor salinidade (1,70 e 11,07 dS m⁻¹) tiveram sua sobrevivência assegurada. Porém com o incremento da salinidade do solo associado à exposição aos ciclos de encharcamento, a sobrevivência das plantas foi interrompida, ocasionando a morte de algumas mudas. Apesar das plantas terem sobrevivido aos níveis mais severos de salinidade do solo, os dados de crescimento apontam que essas mudas teriam pouca capacidade de estabelecimento no campo, em face do baixo vigor apresentado por elas (Tabela 10).

4.4 Trocas gasosas foliares

As trocas gasosas foliares foram influenciadas significativamente pelo encharcamento (exceto a condutância estomática – antes dos ciclos de encharcamento), salinidade do solo e épocas de avaliação (Tabelas 11 e 12). Todas as variáveis estudadas responderam aos efeitos da interação encharcamento x salinidade do solo. Houve efeito significativo das interações encharcamento x épocas de avaliação e salinidade do solo x épocas de avaliação, bem como o efeito significativo da interação tripla encharcamento x salinidade do solo x épocas de avaliação em todas variáveis em estudo. Optou-se pelo desdobramento da interação encharcamento x salinidade do solo, considerando-se que o fator épocas de avaliação possui uma relevância secundária, quando comparado aos demais, sendo este incluso para atribuir uma maior coerência aos resultados.

Tabela 11 – Resumo das análises de variâncias referentes às trocas gasosas foliares (anteriores aos ciclos de encharcamento): condutância estomática (gs), fotossíntese (A), transpiração (E) e concentração interna de CO₂ (Ci) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio.

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		gs	A	E	Ci
Blocos	4	0,001 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,07 ^{ns}	179,04 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	0,001 ^{ns}	30,07 ^{**}	1,75 ^{**}	78.823,93 ^{**}
Resíduo (E)	16	0,001	0,27	0,10	520,22
Salinidade do solo (S)	4	0,13 ^{**}	1.078,25 ^{**}	113,96 ^{**}	162.072,42 ^{**}
S x E	16	0,002 ^{**}	4,36 ^{**}	0,59 ^{**}	9.561,41 ^{**}
Resíduo (S)	80	0,001	0,17	0,09	484,96
Épocas de avaliação (EA)	3	0,05 ^{**}	141,51 ^{**}	72,17 ^{**}	71.166,58 ^{**}
EA x E	12	0,001 ^{**}	3,60 ^{**}	0,88 ^{**}	7.364,19 ^{**}
EA x S	12	0,01 ^{**}	5,17 ^{**}	5,49 ^{**}	11.817,99 ^{**}
EA x E x S	48	0,001 ^{**}	2,87 ^{**}	0,41 ^{**}	7.133,67 ^{**}
Resíduo (EA)	300	0,001	0,17	0,09	479,52
Total	499				
C.V. – E (%)		29,17	12,00	19,74	8,86
C.V. – S (%)		28,11	9,47	18,58	8,55
C.V. – EA (%)		28,33	9,74	18,56	8,50

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

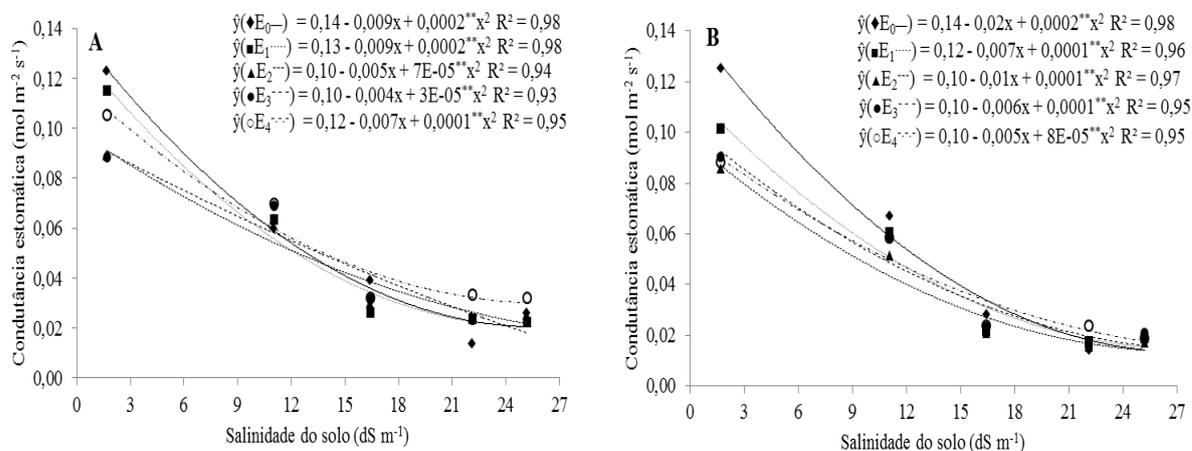
Tabela 12 – Resumo das análises de variâncias referentes às trocas gasosas foliares (após os ciclos de encharcamento): condutância estomática (gs), fotossíntese (A), transpiração (E) e concentração interna de CO₂ (Ci) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, aos 34, 64, 94 e 124 dias após o transplântio.

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		gs	A	E	Ci
Blocos	4	0,003 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,03 ^{ns}	393,38 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	0,002 ^{**}	16,92 ^{**}	2,35 ^{**}	24.944,63 ^{**}
Resíduo (E)	16	0,004	0,31	0,13	1.377,30
Salinidade do solo (S)	4	0,13 ^{**}	1.175,82 ^{**}	127,71 ^{**}	299.982,80 ^{**}
S x E	16	0,001 ^{**}	5,88 ^{**}	0,97 ^{**}	16.674,61 ^{**}
Resíduo (S)	80	0,004	0,27	0,07	1.040,96
Épocas de avaliação (EA)	3	0,03 ^{**}	77,74 ^{**}	33,29 ^{**}	57.332,90 ^{**}
EA x E	12	0,001 ^{**}	4,69 ^{**}	1,65 ^{**}	10.320,06 ^{**}
EA x S	12	0,003 ^{**}	3,62 ^{**}	4,45 ^{**}	17.578,29 ^{**}
EA x E x S	48	0,0003 ^{**}	2,34 ^{**}	0,59 ^{**}	11.523,87 ^{**}
Resíduo (EA)	300	0,004	0,31	0,07	854,27
Total	499				
C.V. – E (%)		10,53	14,29	26,85	13,51
C.V. – S (%)		10,49	13,45	19,11	11,74
C.V. – EA (%)		10,48	14,36	19,60	10,64

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

A condutância estomática sofreu influência dos efeitos nocivos da salinidade do solo, aliado aos ciclos de encharcamento. Os valores médios mais elevados de condutância estomática (0,12 mol m⁻² s⁻¹) foram verificados nas plantas cultivadas sob tratamento controle (solo não salino = 1,70 dS m⁻¹ e sem encharcamento), porém com a imposição dos ciclos de encharcamento, neste mesmo valor de condutividade elétrica do solo, ocorreram decréscimos na condutância estomática. Com incremento da salinidade do solo também foram verificados elevados decréscimos, independente do número de ciclos de encharcamento sofridos (Figura 21).

Figura 21 – Condutância estomática de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (A) e após a exposição aos ciclos de encharcamento (B).



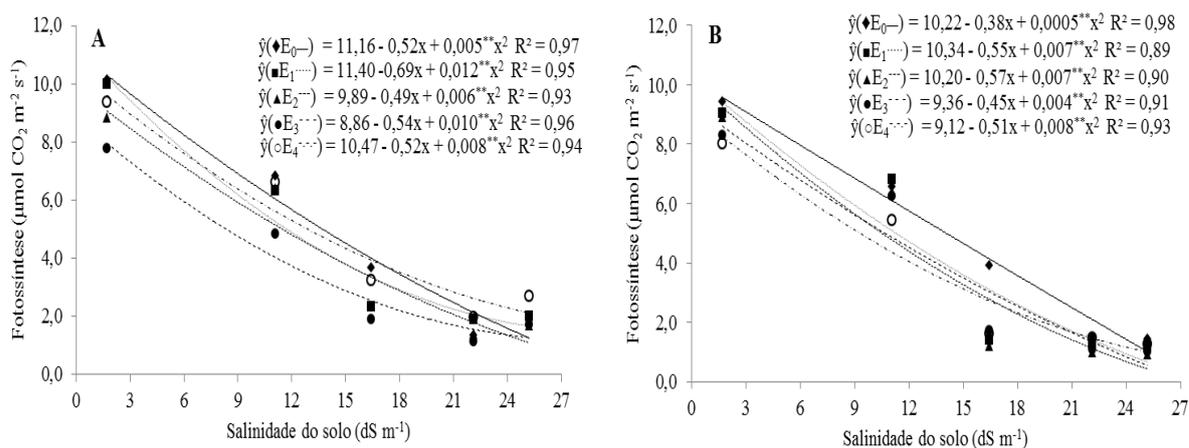
O incremento da salinidade do solo ocasionou limitações na condutância estomática, em qualquer período de avaliação (antes ou após o encharcamento), provocando restrições de 40, 76, 83 e 81%, em comparação aos valores médios apresentados pelas plantas cultivadas em solo não salino (CE 1,70 dS m⁻¹). Os efeitos do encharcamento, sobre a condutância estomática, foram mais intensos nas plantas cultivadas em solo não salino (1,70 dS m⁻¹), antes e após os ciclos de encharcamento. Com isso, verifica-se a suscetibilidade das plantas aos estresses, sobretudo à salinidade, exibindo sua ação deletéria sobre a condutância estomática, do mesmo modo que ocorreu com a fotossíntese (Figura 22).

O fechamento estomático está entre as primeiras respostas dadas em função do estresse salino, com isso, promove o maior controle do conteúdo de água na planta estressada. Batelli *et al.* (2012) em experimentos com plantas de batata, normais e geneticamente modificadas, relatam que o estresse salino prolongado aumentou a resistência estomática em todas as plantas analisadas. Os referidos autores afirmam que há uma grande complexidade nas respostas das plantas aos estresses abióticos, devido ao elevado número de processos envolvidos.

As respostas fisiológicas e metabólicas das plantas podem diferir, quando a exposição ao estresse é individual ou simultâneo, acerca que o estresse salino está relacionado a alguns mecanismos fisiológicos de tolerância, desenvolvido pelas plantas, e esses mecanismos podem se sobrepor, quando há o estresse simultâneo (ÁLVAREZ; SÁNCHEZ-BLANCO, 2015).

As taxas fotossintéticas das plantas jovens de coqueiro-anão-verde foram influenciadas pelos efeitos depressivos da salinidade do solo associados à exposição aos ciclos de encharcamento (Figura 22).

Figura 22 – Fotossíntese de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (A) e após a exposição aos ciclos de encharcamento (B).



Para a fotossíntese, verificou-se que as plantas revelaram maior sensibilidade à salinidade, evidenciando sua ação mais depressiva sob a fotossíntese, exprimindo reduções mais intensas nas taxas fotossintéticas, com o incremento da salinidade do solo, quando comparados aos ciclos de encharcamento sofridos. Contudo, as reduções foram intensificadas nas medições realizadas após os ciclos de encharcamento, nas plantas cultivadas nos solos de maior salinidade (16,44, 22,14 e 25,20 dS m⁻¹).

Os maiores valores encontrados nesta variável adveio das plantas cultivadas sob tratamento controle (solo não salino = 1,70 dS m⁻¹ e sem encharcamento), havendo reduções com a imposição dos estresses múltiplos. Foram estimados valores mínimos de 2,02 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ nas plantas cultivadas em solo de maior salinidade, antes da imposição do quarto ciclo de encharcamento e 0,99 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ após o quarto ciclo de encharcamento, evidenciando que no mesmo solo, a combinação dos estresses resultou em maior declínio das taxas fotossintéticas das plantas de coqueiro-anão-verde.

Plantas cultivadas sob estresse salino tem a fotossíntese limitada não somente pelo fechamento estomático, mas também pelo efeito nocivo dos sais sobre processos secundários (SILVA *et al.*, 2009). Esse decremento pode estar atrelado à fatores estomáticos e não estomáticos, à incapacidade da planta produzir folhas novas, acarretando em diminuição da

área foliar disponível para a fotossíntese. Essa redução ocorre devido à inibição da divisão e alongamento celular, comprometendo a capacidade fotossintética das plantas.

O impacto da salinidade do solo nas taxas fotossintéticas vem sendo estudado durante décadas, mesmo assim, as informações disponíveis ainda são escassas (BALLHORN; ELIAS, 2014). Para Sabra, Daayf e Renault (2012), as limitações não estomáticas, potencialmente capazes de restringir às atividades fotossintéticas, são de natureza bioquímica, sobretudo, a inibição da atividade da Rubisco e da síntese de ATP, como respostas complementares às limitações estomáticas, diante de condições estressantes aos vegetais.

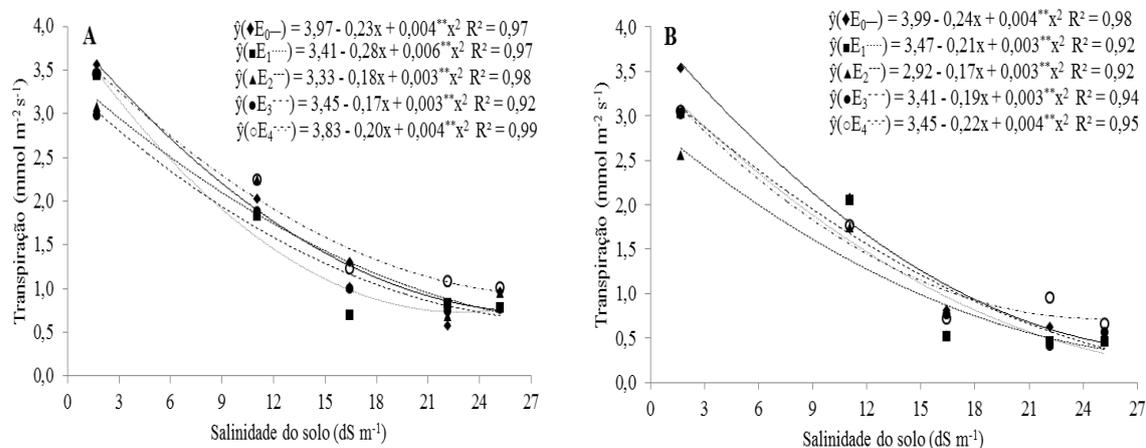
As plantas de coqueiro-anão-verde se mostraram tolerantes ao encharcamento, apresentando pequenas reduções nas trocas gasosas, evidenciando que o fator estressante mais severo é a salinidade. Plantas sensíveis ao encharcamento são severamente prejudicadas em apenas 24 horas de exposição ao estresse, enquanto as tolerantes podem suportar alguns dias, porém não suportam longos períodos de hipoxia ou anoxia (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O fechamento estomático e a diminuição na fotossíntese são respostas comuns à restrição ou falta de oxigênio no solo, causada pelo encharcamento (MEDRI *et al.*, 2012). No entanto, quando as plantas são submetidas ao encharcamento por longos períodos ou são expostas simultaneamente a outros fatores estressantes, fatores não estomáticos, como alterações nas enzimas de carboxilação ou a degradação de pigmentos, podem ocasionar decréscimos nas taxas fotossintéticas (SANTOS *et al.*, 2012). Apesar de o encharcamento restringir a fotossíntese, o incremento da salinidade do solo foi o fator mais determinante para que houvesse reduções tão acentuadas.

Frieri, Hildebrandt e Rostás (2016) relatam que na natureza, as plantas são frequentemente expostas aos múltiplos estresses abióticos, como a salinidade e o encharcamento do solo. Os mecanismos de adaptação e/ou tolerância que as plantas apresentam frente aos estresses simultâneos são complexos, havendo a necessidade de estudos relacionados à combinação desses fatores.

Ao que se refere à transpiração, foram verificados decréscimos nessa variável, sobretudo, mediante o aumento dos níveis salinos do solo, denotando sua ação nociva, enquanto o encharcamento também exerceu influência sobre a transpiração, embora que de maneira mais amena (Figura 23).

Figura 23 – Transpiração de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (A) e após a exposição aos ciclos de encharcamento (B).



Foram verificadas amplitudes de variação consideráveis nesta variável, quando comparados os valores apresentados pelas plantas cultivadas sob tratamento controle, com as plantas cultivadas nos solos salinizados, intensificando com a exposição aos ciclos de encharcamento. No maior nível de salinidade do solo, foram observados valores mínimos estimados de $1,33 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, antes do quarto ciclo de encharcamento, e de $0,43 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ após o quarto ciclo de encharcamento.

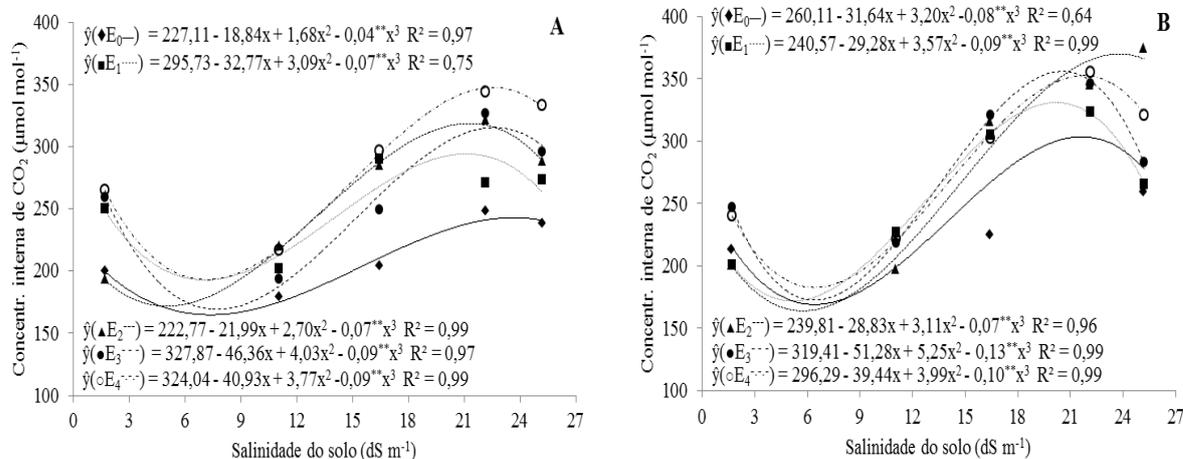
As plantas exibiram maior vulnerabilidade aos efeitos dos sais do solo, tendo sua taxa de transpiração bastante reduzida. Possivelmente, essas reduções podem ter ocorrido devido ao fechamento estomático, provocando reduções pronunciadas não somente na transpiração, mas também nas taxas fotossintéticas (Figura 22). A resistência estomática pode ser vantajosa sob tensão transitória em ambiente salino, de horas ou poucos dias, visando minimizar as perdas de água, porém por longos períodos, o impacto sobre as trocas gasosas torna-se intenso.

Nesse ensaio, as respostas fisiológicas foram intensificadas com a combinação dos estresses. Para Suárez (2011), a diminuição na condutância estomática e na taxa de transpiração, provavelmente, sejam as primeiras defesas da planta, em detrimento ao aumento da salinidade do solo. Esses mecanismos permitem que as plantas limitem a perda de água pela transpiração, especialmente, as que sofrem estresse hídrico, salino ou sua associação (LI *et al.*, 2013). Já a densidade de estômatos reduzida, associado ao impacto do fechamento estomático, por um longo período, também prejudicam as plantas, restringindo drasticamente as trocas gasosas, sobretudo, tendo as baixas taxas de transpiração correlacionadas com o

aumento da salinidade (ORSINI *et al.*, 2012). Li *et al.* (2015) também mencionam que o aumento da salinidade provoca alterações na fisiologia e anatomia das plantas, reduzindo a absorção de água, densidade de estômatos e transpiração.

A concentração interna de CO₂ aumentou substancialmente com o incremento da salinidade do solo, associada aos ciclos de encharcamento (Figura 24). Observa-se que as plantas cultivadas nos solos de condutividade elétrica de 16,44, 22,14 e 25,20 dS m⁻¹, apresentaram incremento na concentração interna de CO₂ combinados ao aumento do número de ciclos de encharcamento sofridos. Os maiores valores de concentração interna de CO₂ advieram das plantas tratadas com a combinação dos estresses, em função dos maiores níveis salinos. Esse incremento na concentração interna de CO₂ das plantas pode ser explicado, em parte, devido à queda nas taxas de fotossíntese, indicando que a redução da fotossíntese não foi causada apenas pela redução da condutância estomática.

Figura 24 – Concentração interna de CO₂ de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (A) e após a exposição aos ciclos de encharcamento (B).



Anterior à exposição do último ciclo de encharcamento, em solo de condutividade elétrica estimada de 13,96 dS m⁻¹, as plantas apresentaram valores estimados de 242,5 µmol mol⁻¹ e após a exposição ao encharcamento, em solo de CE estimada de 13,30 dS m⁻¹, as plantas expressaram valores estimados de 242,3 µmol mol⁻¹, evidenciando valores muito similares, constatando que próximo à este nível de salinidade referido, a exposição ao ciclo de encharcamento não interferiu na concentração interna de CO₂.

A tendência apresentada nos dados referentes à concentração interna de CO₂ difere dos resultados encontrados na literatura, que mostram a redução da concentração

interna de CO₂ em detrimento do incremento da salinidade (BHUIYAN *et al.*, 2015; ORSINI *et al.*, 2012; SLAMA *et al.*, 2015). Entretanto, no experimento em questão, houve a combinação de outro fator estressante, resultado no aumento do CO₂ intercelular das plantas de coqueiro-anão-verde. Porém, é evidente nos resultados que o fator determinante dessa tendência foi o aumento da salinidade do solo.

Medri *et al.* (2012) apontam que a redução na condutância estomática em plantas encharcadas, aliada à alta concentração interna de CO₂, sugere que o fechamento estomático não foi a única causa de redução da taxa fotossintética. Possivelmente, o excesso de água também pode afetar a atividade da Rubisco ou provocar danos ao fotossistema II das plantas.

4.5 Teores de clorofila: Índice SPAD

O teor relativo de clorofila, medido pelo índice SPAD, foi influenciado significativamente pelo encharcamento (após o período de exposição), salinidade do solo e épocas de avaliação, de maneira isolada (Tabela 13). A variável estudada, também respondeu aos efeitos das interações épocas de avaliação x encharcamento após o período de exposição ao estresse, e épocas de avaliação e salinidade do solo antes e após a exposição ao encharcamento. A interação salinidade x encharcamento não foi significativa, nem antes e nem após os ciclos de encharcamento do solo.

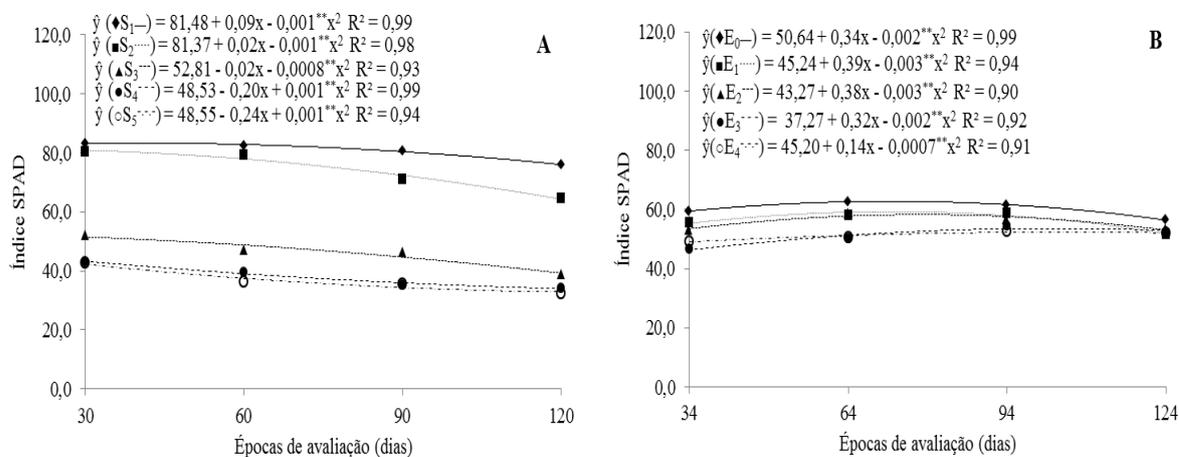
Tabela 13 – Resumo das análises de variâncias referentes aos teores de clorofila total (Índice SPAD) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, antes (aos 30, 60, 90 e 120 DAT) e após os ciclos de encharcamento (aos 34, 64, 94 e 124 DAT).

F.V.	G.L.	Quadrados médios	
		Índice SPAD (antes)	Índice SPAD (após)
Blocos	4	422,02 ^{ns}	214,84 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	263,59 ^{ns}	1.338,85 ^{**}
Resíduo (E)	16	160,36	193,77
Salinidade do solo (S)	4	44.040,00 ^{**}	37.025,44 ^{**}
S x E	16	78,72 ^{ns}	175,44 ^{ns}
Resíduo (S)	80	111,57	163,32
Épocas de avaliação (EA)	3	2.567,27 ^{**}	896,27 ^{**}
EA x E	12	100,46 ^{ns}	308,99 ^{**}
EA x S	12	238,49 ^{**}	302,35 ^{**}
EA x E x S	48	81,05 ^{ns}	82,92 ^{ns}
Resíduo (EA)	300	84,82	113,13
Total	499		
C.V. – E (%)		22,86	25,83
C.V. – S (%)		19,07	23,71
C.V. – EA (%)		16,62	19,74

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

O aumento da salinidade do solo provocou decréscimos nos teores de clorofila das plantas, independente da época de avaliação (Figura 25A), enquanto os efeitos do encharcamento foram mitigados com o tempo (Figura 25B).

Figura 25 – Teores de clorofila total (Índice SPAD) de plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos níveis de salinidade do solo e épocas de avaliação (A) e ciclos de encharcamento e épocas de avaliação (B).



Foram constatados valores máximos estimados de 83,5 unidades SPAD nas plantas que não sofreram nenhum tipo de estresse abiótico. As plantas cultivadas em solo de condutividade elétrica de 11,07 apresentaram valores máximos estimados de 81,47 unidades SPAD, assim, verificando que nesse nível salino as plantas não tiveram a síntese clorofila afetadas severamente, no início da exposição ao estresse. Porém, quando cultivadas sob os níveis mais severos de salinidade do solo, aliados ao aumento do período exposição ao estresse, apresentaram valores estimados de 52,4; 38,5 e 34,1 unidades SPAD, para os solos de condutividade elétrica 16,44; 22,14 e 25,20 dS m^{-1} , respectivamente, inferindo decréscimos pronunciados com o aumento dos níveis salinos do solo (Figura 25A). Essa mesma tendência foi verificada nas variáveis fisiológicas.

Os efeitos do encharcamento foram mais brandos sob o teor de clorofila das plantas, quando comparados aos efeitos da salinidade. Foram encontrados valores estimados de 65,1; 57,9; 55,3; 50,1 e 52,2 unidades SPAD, para as plantas que não foram expostas a nenhum ciclo de encharcamento, um, dois, três e quatro ciclos de encharcamento, respectivamente. É notável, que os teores de clorofila das plantas expostas ao encharcamento apresentaram diferenças muito pequenas, demonstrando que a influência desse estresse foi mínima, principalmente, ao final do experimento (Figura 25B).

O teor de clorofila nas folhas pode ser influenciado por fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado ao potencial de atividade fotossintética das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Freitas *et al.* (2014) verificaram reduções nos índices relativos de clorofila total com o aumento da salinidade da água. Os autores relatam que os teores de

clorofila em plantas cultivadas em meio salino tem sido atribuída ao aumento da atividade da clorofilase, induzindo a destruição da estrutura do cloroplasto e a instabilidade de complexos de proteínas do pigmento.

Cavalcante *et al.* (2011) relatam que os efeitos depreciativos causados pelos sais resultam em alterações nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos das plantas, alterando, dentre outros, os teores foliares de clorofila, comprometendo a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento, o desenvolvimento, a produção e a adaptabilidade das plantas aos ambientes adversos.

Plantas sob estresses abióticos tendem a diminuir o teor de clorofila total, sobretudo, mediante o aumento da atividade enzimática de degradação da clorofila. Santos *et al.* (2012) afirmam que as plantas quando são expostas ao encharcamento ou a outros fatores estressantes simultaneamente, passam por alterações nas enzimas de carboxilação e degradação de pigmentos, afetando negativamente a estabilidade da clorofila.

4.6 Teores foliares de nutrientes minerais

Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Na e Cl foram influenciados significativamente pelo efeito da salinidade do solo. Os teores de sódio e o cloro foram influenciados pelos ciclos de encharcamento, enquanto foram verificados efeitos significativos da interação encharcamento x salinidade do solo apenas para os teores de fósforo, sódio e cloro (Tabela 14).

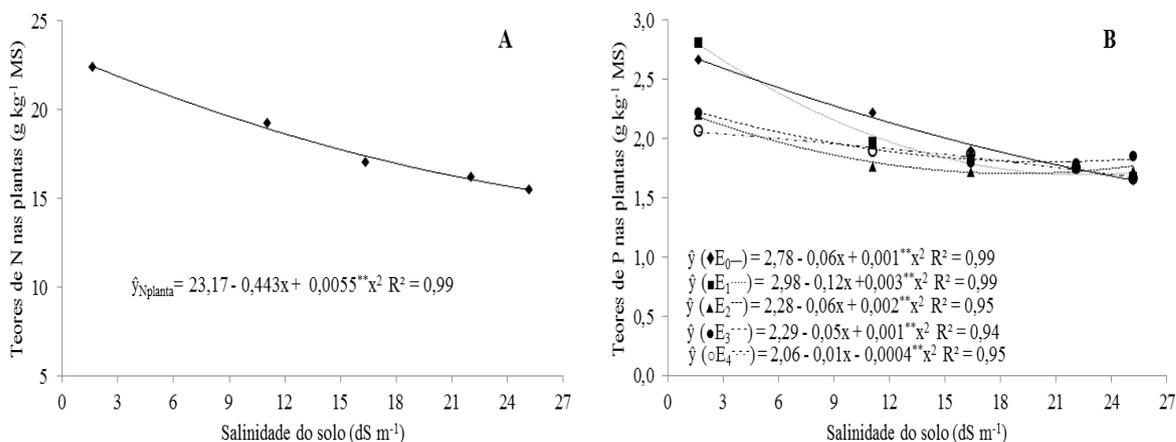
Tabela 14 – Resumo das análises de variâncias referentes aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio e cloro, contidos nas folhas das plantas de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.

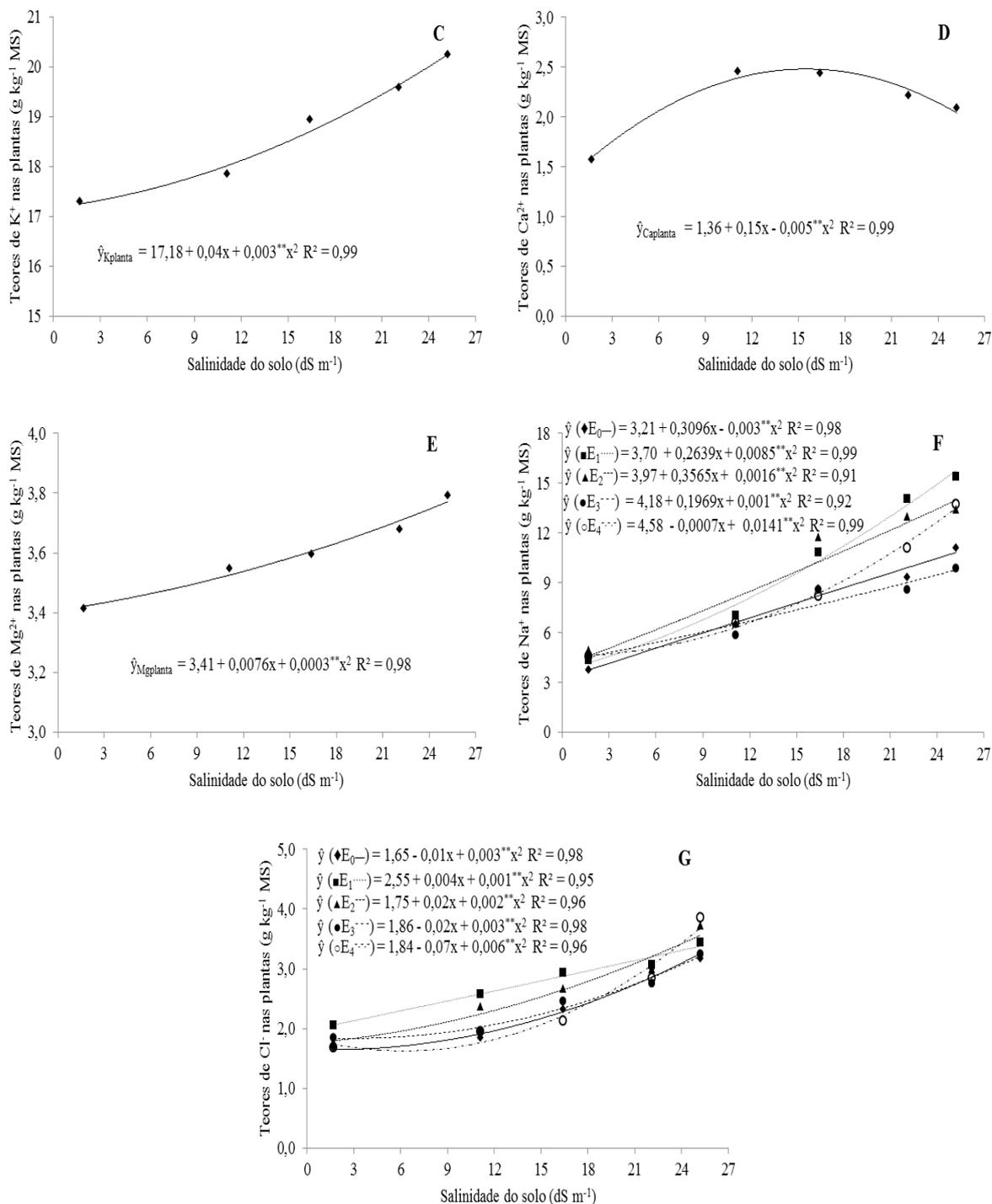
F.V.	G.L.	Quadrados médios						
		N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻
Blocos	3	46,49 ^{**}	0,004 ^{ns}	4,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,96 ^{ns}	1,50 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	5,17 ^{ns}	0,13 ^{ns}	7,34 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,16 ^{ns}	30,66 ^{**}	0,78 ^{**}
Resíduo (E)	12	0,74	0,07	0,95	0,22	0,07	4,98	0,81
Salinidade do solo (S)	4	120,51 ^{**}	1,51 ^{**}	29,71 ^{**}	3,19 ^{**}	0,41 ^{**}	193,99 ^{**}	4,06 ^{**}
S x E	16	0,94 ^{ns}	0,14 ^{**}	2,05 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	18,76 ^{**}	2,06 ^{**}
Resíduo (S)	60	1,65	0,04	2,36	0,19	0,05	4,44	0,76
Total	99							
C.V. – E (%)		4,67	13,99	5,20	22,60	7,43	25,23	26,31
C.V. – S (%)		6,96	10,89	8,19	20,82	6,21	23,84	25,14

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

Os teores foliares de nitrogênio (Figura 26A) e fósforo (Figura 26B) decresceram com o incremento da salinidade do solo, enquanto houve aumentos nos teores de potássio (Figura 26C), cálcio (Figura 26D), magnésio (Figura 26E), sódio (Figura 26F) e cloro (Figura 26G).

Figura 26 – Teores foliares de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), sódio (F) e cloro (G), contidos nas plantas de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.





Verificaram-se, nos teores foliares de nitrogênio, valores mínimos estimados de $14,24\ g\ kg^{-1}$ nas plantas de coqueiro (Figura 26A). Silva (2015), estudando as interações entre deficiência hídrica e salinidade do solo, obteve valores mínimos de $18,71\ g\ kg^{-1}$ de N nas folhas das plantas de coqueiro-anão-verde, quando aplicada a menor lâmina de água (20% da ETpc), combinado com o valor mais elevado de salinidade do solo ($40,80\ dS\ m^{-1}$). O autor relata que as plantas se apresentaram satisfatoriamente supridas de N, apresentando valores no

intervalo de 18,71 a 24,51 g kg⁻¹ de N. No presente estudo, os valores de N encontrados foram próximos a esse intervalo, com as plantas adequadamente supridas de N.

Quando há predominância do nitrogênio disponível no solo na forma de NO₃⁻ faz-se necessário a redução desse ânion para o cátion NH₄⁺ para ser assimilado pela planta, pois grande parte do N é absorvido nessa forma iônica. Essa redução requer energia da planta, para que o N seja convertido em aminoácidos. Entretanto, as plantas cultivadas sob estresse salino já se encontravam debilitadas, e esse gasto energético aparentemente não foi efetivado, como demonstra os dados referentes aos teores decrescentes de N com o aumento da salinidade do solo. Sabe-se que o N participa da síntese de clorofila e está diretamente envolvido nos processos da fotossíntese, e esses resultados confirmam os dados expostos nas Figuras 22 e 25A, que mostram as reduções nas taxas fotossintéticas e nos teores de clorofila das plantas, com o aumento da salinidade do solo, respectivamente.

Os teores de fósforo diminuíram com o aumento da salinidade do solo, apresentando valores mínimos estimados de 1,88 g kg⁻¹ nas folhas das plantas que não sofreram encharcamento, e de 1,87 g kg⁻¹ naquelas expostas a quatro ciclos de encharcamento (Figura 26B). De posse desses resultados, denota-se que o estresse por excesso de água sofrido pelas plantas, praticamente não influenciou nos teores de fósforo. Para o potássio, foram obtidos valores mínimos estimados de 17,58 g kg⁻¹ nas folhas (Figura 26C). Ferreira Neto *et al.* (2014), ressaltam que apesar da exigência do coqueiro por P seja pequena, este nutriente é indispensável para a espécie, por participar da regeneração do ácido trifosfórico, contido nos órgãos jovens. Além disso, integra uma série de reações ligadas ao transporte de energia na síntese de compostos orgânicos e absorção ativa de nutrientes. Em contrapartida, o K é requerido em maior quantidade pelo coqueiro, principalmente, por ser um macronutriente que assume um papel de grande destaque no metabolismo vegetal, com participação nas reações enzimáticas, no metabolismo das proteínas e carboidratos, na translocação de açúcares e amido, na relação água-planta, e na divisão celular.

As plantas de coqueiro apresentaram valores estimados de 2,48 g kg⁻¹ de cálcio (Figura 26D) e 3,55 g kg⁻¹ de magnésio (Figura 26E) nas folhas. Para Morgan *et al.* (2014), a manutenção de equilibrados teores foliares de Ca é de grande importância, sobretudo, nos aspectos associados ao crescimento e ao desenvolvimento vegetal, principalmente, sob condições salinas, em decorrência das funções desempenhadas pelo cálcio em vias de sinalização de estresse, que são, na maioria das vezes, ligadas à homeostase do pH citosólico. O aumento da salinidade do solo resultou em acréscimos nos teores foliares de magnésio, o que é condizente com Silva. (2015) e Ferreira Neto *et al.* (2007), que também constataram acréscimos nos teores

foliares de magnésio em plantas de coqueiro, com o aumento da salinidade do solo e da água de irrigação, respectivamente.

Os teores foliares de sódio foram ampliados com o aumento da salinidade do solo, apresentando valores máximos estimados $11,19 \text{ g kg}^{-1}$, referentes às plantas que não foram expostas aos ciclos de encharcamento (Figura 26F). Os teores de cloro apresentaram tendência semelhante ao sódio, com aumentos substanciais em detrimento do aumento da salinidade do solo. Foram obtidos valores mínimos estimados de $1,64$ e $1,63 \text{ g kg}^{-1}$ de Cl^- , em tratamento sem encharcamento e expostas a quatro ciclos, respectivamente (Figura 26G). Com esses resultados, constata-se, que os ciclos de encharcamento sofridos pelas plantas, pouco influenciaram nos teores de cloro. Sabe-se que os íons sódio e cloro estão entre os maiores responsáveis pela toxicidade das plantas. No presente estudo, foram evidenciados altos teores de sódio nas folhas das plantas, causando toxicidade e comprovando seu efeito nocivo em todas as variáveis estudadas. Em contraste, o cloro apresentou valores numa faixa adequada para o crescimento normal das plantas de coqueiro. O impacto negativo da salinidade sobre as plantas vem sendo atribuída, principalmente, a absorção de íons sódicos, causando excesso desses íons nos tecidos das plantas (RADY, 2012).

Wang *et al.* (2015) mencionam que solos salinos-sódicos apresentam estrutura severamente degradada, com redução da condutividade hidráulica e conseqüentemente diminuição da atividade radicular, assim reduzindo a mobilidade de alguns nutrientes, podendo acarretar deficiência nas plantas. Em contrapartida, podem limitar o crescimento das plantas, porém, devido aos altos níveis de sais solúveis. A concentração de sais na solução do solo varia de acordo com o conteúdo de água no solo, aumentando à medida que o teor de água diminui, dada a importância de um adequado manejo hídrico em solos afetados por sais, permitindo que mesmo em condições de estresse, as plantas possam absorver nutrientes (MEENA *et al.*, 2016).

4.7 Alterações nos teores de nutrientes minerais no solo

As variáveis constantes na Tabela 15 foram influenciadas significativamente pelo efeito isolado da salinidade do solo, exceto o nitrogênio. Não foram verificadas interações.

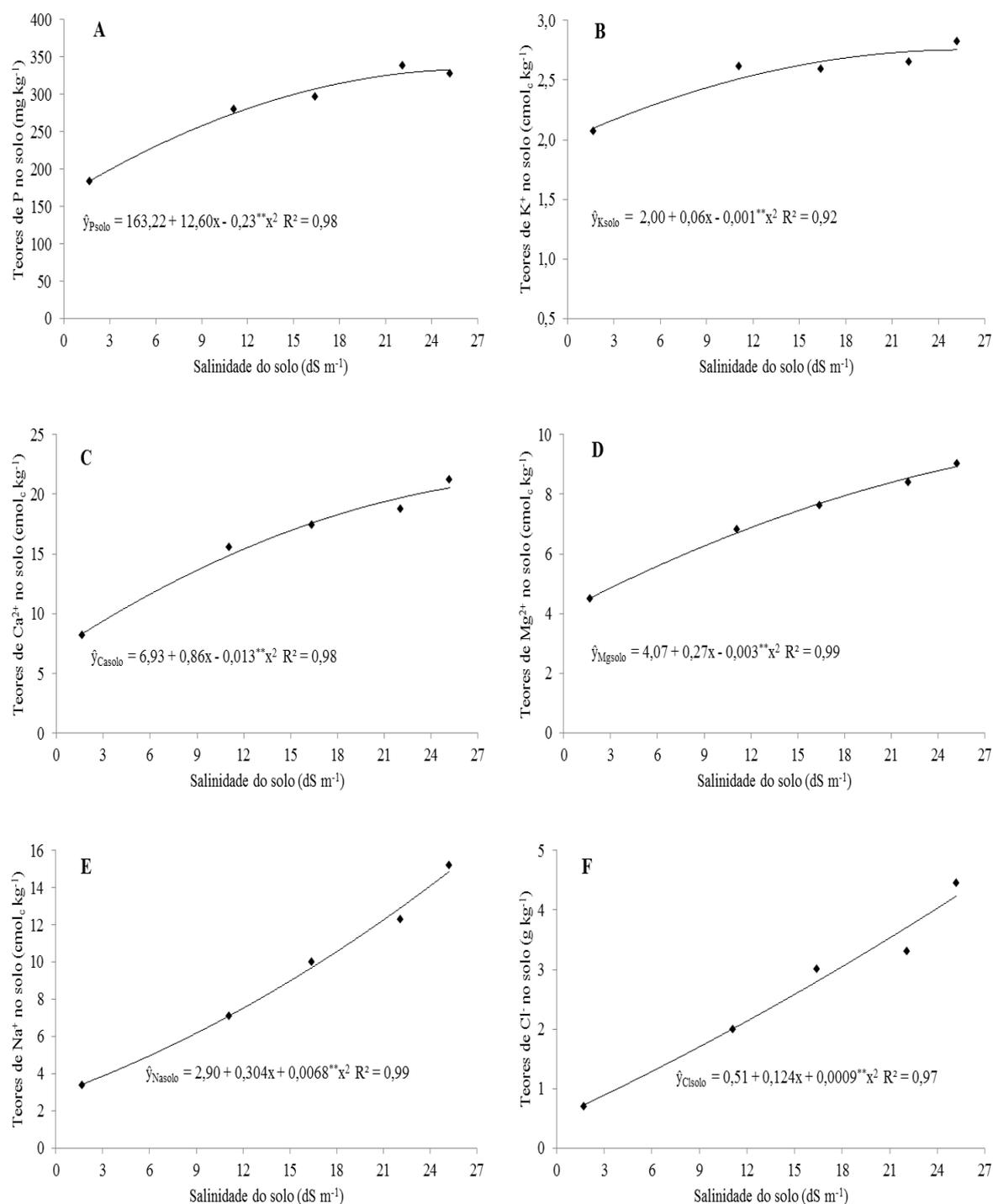
Tabela 15 – Resumo das análises de variâncias referentes aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio e cloro, contidos no solo cultivado com plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.

F.V.	G.L.	Quadrados médios						
		N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻
Blocos	2	0,05 ^{ns}	272,81 ^{ns}	0,03 ^{ns}	2,43 ^{ns}	14,31 ^{ns}	2,37 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	0,05 ^{ns}	5.878,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}	30,26 ^{ns}	7,81 ^{ns}	23,89 ^{ns}	0,61 ^{ns}
Resíduo (E)	8	0,05	3.773,09	0,18	5,72	4,71	7,21	0,41
Salinidade do solo (S)	4	0,02 ^{ns}	57.226,35 ^{**}	1,25 ^{**}	339,77 ^{**}	70,25 ^{**}	311,82 ^{**}	33,62 ^{**}
S x E	16	0,02 ^{ns}	3.936,53 ^{ns}	0,08 ^{ns}	10,42 ^{ns}	13,37 ^{ns}	3,64 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Resíduo (S)	40	0,02	3.697,67	0,04	4,57	4,60	1,61	0,28
Total	74							
C.V. – E (%)		22,49	21,53	16,84	15,30	28,74	28,01	23,66
C.V. – S (%)		13,77	21,31	7,62	13,68	28,42	13,24	19,75

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

Foram constatados incrementos nos teores de P, K e Ca, quando comparados aos valores expressos na análise inicial do solo (Tabela 3). No caso do Na, observou-se redução dos teores de sódio no solo (Figura 27E), podendo estar relacionado com a alta absorção desse íon pela planta (Figura 26F). O acréscimo dos nutrientes no solo pode ser explicado pela ocorrência de adubações realizadas, em fundação e em cobertura, sendo essa última realizada mensalmente, durante a condução do experimento, constatando que o fertilizante aplicado não foi totalmente aproveitado pelas plantas, ficando o remanescente no solo, como mostra os resultados.

Figura 27 – Teores de fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D), sódio (E) e cloro (F), contidos no solo cultivado com plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.



Os teores de fósforo no solo apresentaram valores máximos estimados de 335,8 mg kg^{-1} (Figura 27A), e esse aumento substancial no solo pode ser justificado pelo fato dos teores de P contidos nas folhas das plantas terem apresentados decréscimos, evidenciando a

redução na absorção desse nutriente em detrimento do aumento da salinidade do solo e menor porte da planta (Figura 26B). O fósforo é um nutriente facilmente adsorvido nos colóides do solo, sendo complexado nas superfícies, tornando-o indisponível às plantas. Santos *et al.* (2010) relatam que a interação entre salinidade e nutrição de fósforo é complexa, e depende da espécie vegetal, estágio de crescimento, nível de salinidade e concentração de fósforo no substrato.

Os teores de potássio (Figura 27B), cálcio (Figura 27C) e magnésio (Figura 27D), expressaram tendência semelhante ao fósforo (Figura 27A), exprimindo incrementos com o aumento da salinidade do solo, com valores máximos estimados de 2,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de potássio; 21,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de cálcio, e 10,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de magnésio. A absorção do potássio pelas plantas pode ser afetada pelos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+ , pelo fato desses íons geralmente estarem em maiores concentrações no solo, sobretudo devido à competição entre eles. Nos resultados foram verificados maiores concentrações de cálcio em relação ao sódio no solo. Essa maior disponibilidade de cálcio é de grande importância, uma vez que, em um solo salino, na maioria dos casos, há tendência à predominância de sais de sódio em excesso, em relação ao cálcio, esse último tende a contrapor o efeito adverso causado pelo sódio.

Os teores de sódio (Figura 27E) e cloro (Figura 27F) apresentaram valores mínimos estimados de 2,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 0,51 g kg^{-1} , respectivamente. O cloro é um micronutriente bastante requerido pelo coqueiro, havendo a necessidade de um bom suprimento desse íon para as plantas. Os teores encontrados no solo foram elevados com o aumento da salinidade, do mesmo modo foram constatados incrementos nos teores desse micronutriente nas plantas (Figura 26G). Cunha *et al.* (2013) mencionam que a disponibilidade do íon Cl^- na solução do solo, absorção e acumulação nos tecidos foliares, tem relação direta com sua quantidade no solo, além da capacidade de absorção de água pela planta.

4.8 Salinidade do solo ao final do experimento

Os valores de condutividade elétrica do solo, obtidos pelo extrato de saturação, foram influenciados significativamente pelo efeito do encharcamento, da salinidade do solo e da interação encharcamento x salinidade do solo (Tabela 16).

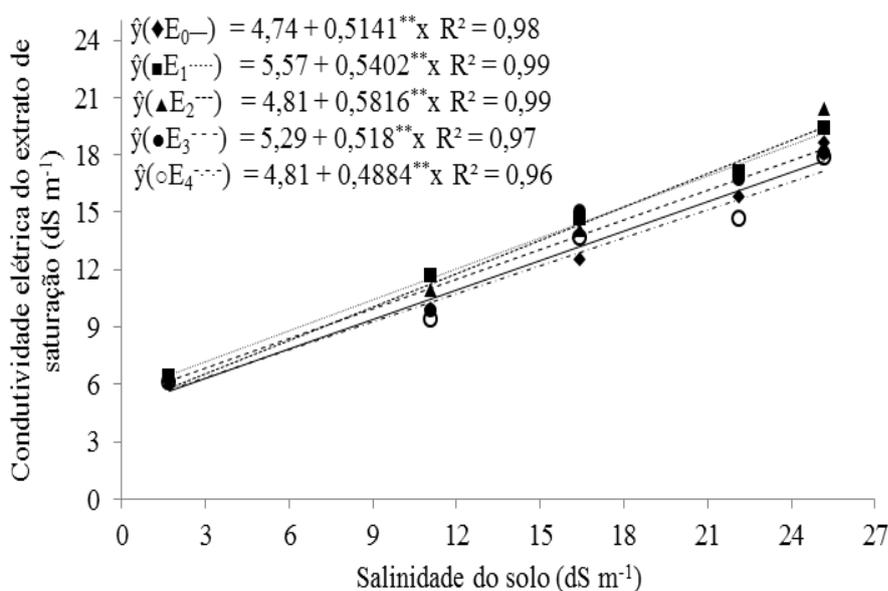
Tabela 16 – Resumo das análises de variâncias referente à condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) do solo, cultivado com plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.

F.V.	G.L.	Quadrados médios
		CE_{es}
Blocos	2	1,24 ^{ns}
Encharcamento (E)	4	18,49 ^{**}
Resíduo (E)	8	2,51
Salinidade do solo (S)	4	365,13 ^{**}
S x E	16	4,90 ^{**}
Resíduo (S)	40	2,67
Total	74	
C.V. – E (%)		12,06
C.V. – S (%)		12,44

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

A condutividade elétrica do solo foi influenciada pela interação salinidade do solo x encharcamento. Foram verificados acréscimos lineares, com o aumento dos níveis salinos do solo, associados aos ciclos de encharcamento (Figura 28).

Figura 28 – Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) do solo, cultivado com plantas jovens de coqueiro-anão-verde, em função dos ciclos de encharcamento e níveis de salinidade do solo, ao final do experimento.



Ao final do experimento, foram obtidos valores mínimos estimados em condutividade elétrica de 5,0; 5,9; 5,1; 5,6 e 5,0 dS m⁻¹, para os solos que não foram submetidos a nenhum ciclo encharcamento, um, dois, três e quatro, respectivamente. Nota-se que houve incremento na CE do solo de menor salinidade (1,70 dS m⁻¹) e decréscimos na CE dos demais solos de condutividade elétrica elevada, em relação a CE inicial do solo (S1= 1,70; S2= 11,07; S3= 16,44; S4= 22,14 e S5= 25,20 dS m⁻¹).

Esses decréscimos, na condutividade elétrica dos solos de salinidade elevada, podem ser justificados pelos valores obtidos nas análises de plantas e solos (Figuras 26 e 27), expondo reduções nos teores de sódio no solo, cátion predominante na análise inicial (Tabela 3), e acréscimos nos teores foliares, atestando a alta absorção desse íon pela planta. Vasconcelos *et al.* (2012), também constataram reduções na condutividade do solo, cultivado com Jatobá, ao final do experimento (120 dias). Os referidos autores, ao avaliar a condutividade elétrica inicial do solo, verificaram valores de 14,9 dS m⁻¹, e ao final do experimento, constataram as reduções na CE do solo, com valores de 10,7 dS m⁻¹. Com isso, eles afirmam que, que a espécie jatobá pode ser utilizada na recuperação de solos salinizados, visto a sua adaptabilidade ao estresse, seu cultivo apresenta uma alternativa na recuperação de solos afetados por sais.

5 CONCLUSÕES

A inibição do crescimento das mudas de coqueiro foi ocasionada muito mais pela salinidade do solo, do que pelo encharcamento.

Os efeitos do encharcamento do solo sobre o crescimento das mudas diminuiu com aumento da salinidade, sendo observadas diferenças significativas, apenas para os tratamentos com 1,7 e 11,07 dS m⁻¹.

As taxas de fotossíntese líquida foram influenciadas principalmente pelo fator salinidade do solo, sendo que estas respostas foram relacionadas à causas estomáticas e não estomáticas.

O fator salinidade resultou em acúmulo de P e K no solo ao final do experimento, sendo consequência do menor crescimento e da menor extração pelas plantas.

A redução no crescimento e nas trocas gasosas foliares está associada aos efeitos osmóticos e aos aumentos nos teores foliares de íons potencialmente tóxicos (Na⁺ e Cl⁻). A salinidade do solo associada ou não com os ciclos de encharcamento, não possibilitaram indução de deficiência nutricional.

As plantas de coqueiro apresentaram potencial para serem utilizadas em programas de revegetação, em áreas afetadas por sais, até o nível salino de 11,07 dS m⁻¹.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2012. **Anuário da Agricultura Brasileira. FNP** – Consultoria e Comércio, São Paulo, v. 1, p.137 , 2012.
- AGUIAR NETTO, A. O.; GOMES, C. C. S.; LINS, C. C. V.; BARROS, A. C.; CAMPECHE, L. F. S. M.; BLANCO, F. F. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia-SE, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1640-1645, 2007.
- AGUIAR, M. J. N.; VIANA, T. V. A.; AGUIAR, J. V.; LIMA, J. B.; CRISÓSTOMO JÚNIOR, R. R.; AQUINO, F. C.; BARRETO JÚNIOR, J. H. C. **Dados climatológicos: Estação de Fortaleza, 2002**. Fortaleza : Embrapa Tropical, 2003. 19p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 75).
- ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2010. 234p.
- ÁLVAREZ, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *Callistemon laevis* plants. **Journal of Plant Physiology**, v.185, p. 65-74, 2015.
- ALVES, A. da S.; ARAGÃO, W. M.; LOIOLA, C. M.; PEDROSO, G. T. Características morfológico-vegetativas de cultivares de coqueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 518-523, 2007.
- ANDRADE, L. N. T.; NUNES. M. U. C. **Produtos alternativos para controle de doenças e pragas em agricultura orgânica**. Aracaju: Embrapa-Tabuleiros Costeiros, 2001. 20p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 281).
- BAILEY-SERRES, J.; VOESENEK, L. A. C. J. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review Plant Biology**, v.59, p.313-339, 2008.
- BALLHORN, D. J.; ELIAS, J. D. Salinity-mediated cyanogenesis in white clover (*Trifolium repens*) affects trophic interactions. **Annals of Botany**, v.114, p.357-366, 2014.
- BARROS, M. de F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H.; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.59-64, 2004.
- BATELLI, G.; MASSARELLI, I.; OOSTEN, M. V.; NURCATO, R.; VANNINI, C.; RAIMONDI, G.; LEONE, A.; ZHU, J.; MAGGIO, A.; GRILLO, S. *Asg1* is a stress-inducible gene which increases stomatal resistance in salt stressed potato. **Journal of Plant Physiology**, v.169, p.1849-1857, 2012.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BHUIYAN, M. S. I.; RAMAN, A.; HODGKINS, D. S.; MITCHELL, D.; NICOL, H. I. Salt Accumulation and Physiology of Naturally Occurring Grasses in Saline Soils in Austrália. **Pedosphere**, v.25, p. 501-511, 2015.

BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E.; JENSEN, R. G. Adaptations to environmental stresses. **The Plant Cell**, v.7, n.6, p.1099-1111, 1995.

BOUAZIZ, M.; MATSCHULLAT, J.; GLOAGUEN, R. Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil. **Compts Rendus Geoscience**, v.343, n.1, p.795–803, 2011.

BRESINSKY, A.; KORNER, C.; KADEREIT, J.W.; NEUHAUS, G.; SONNEWALD, U. **Tratado de botânica de Strasburger**. 36.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 1.192 p.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: UFPB, 2000. 71 p.

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

CINTRA, F. L. D.; RESENDE, R. S.; LEAL, M. de L. da S.; PORTELA, J. C. Efeito de volumes de água de irrigação no regime hídrico de solo coeso dos tabuleiros e na produção de coqueiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n.1, p.1041-1051, 2009.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; NETO, E. B.; CORREA, M. M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.379-385, 2013.

CUNHA, P. C.; MENDES, B. S. S.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. G. Crescimento, síntese de solutos orgânicos e equilíbrio iônico de plântulas de pinhão-manso sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v.26, n.3, p.46-52, 2013.

DAVANSO-FABRO, V. M.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A. Tolerância à Inundação: Aspectos da Anatomia Ecológica e do Desenvolvimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Fabaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.41, n.4, 1998.

DAVENPORT, R.; JAMES, R. A.; ZAKRISSON-PLOGANDER, A.; TESTER, M.; MUNNS, R. Control of sodium transport in durum wheat. **Plant Physiology**, v.137, p.807–818, 2005.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Ed.). **In: Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p.127-141.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011, 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do coqueiro em Rondônia**. 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/CultivodoCoqueiroRO/>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2015.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. dos S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010, cap. 13, p.205-218.

FANNING, D. S.; FANNING, M. C. B. **Soil morphology, genesis and classification**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 395p.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat**. 2011. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>>, Acesso em 15 de dezembro de 2014.

FAO: **Extent and Causes of Salt-affected Soils in Participating Countries**. 2008.

FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. Bioassaliniade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 181-199, 2010.

FERRÃO, J. E. M. Na linha dos descobrimentos dos séculos XV e XVI: intercâmbio de plantas entre a África Ocidental e a América. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.2, p. 250-269, 2013.

FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; HOLANDA, J. S. de; BLANCO, F. F. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. **Ciência Rural**, v.37, n.6, 2007.

FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H.R.; HOLANDA, J.S. de; MEDEIROS, J. F. de; FERNANDES, P.D. Qualidade do fruto verde de coqueiro em função da irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.69-75, 2002.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S.; GHEYI, H. R.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. S. Atributos químicos do solo e estado nutricional de coqueiro anão fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 30 – 40, 2014.

FERREIRA, C. D. S.; PIEDADE, M. T. F.; TINÉ, M. A. S.; ROSSATTO, D. R.; PAROLIN, P.; BUCKERIDGE, M. S. The role of carbohydrates in seed germination and seedling establishment of *Himatanthus sucuuba*, an Amazonian tree with populations adapted to flooded and non-flooded conditions. **Annals of Botany**, v.104. p.1111-1119, 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR[®]: **Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.5**. Lavras: DEX/UFLA, 2010. (Software estatístico).

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.307-319, 2004.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 63p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção, 01).

FONTES, H.R.; CINTRA, F.L.D.; CARVALHO FILHO, O.M. de. Implantação e manejo da cultura do coqueiro. *In*: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA, - SPI, 1998, cap. 5, p. 99 - 128.

FORIERI, I.; HILDEBRANDT, U.; ROSTÁS, M. Salinity stress effects on direct and indirect defence metabolites in maize. **Environmental and Experimental Botany**, v.122, p.68-77, 2016.

FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ V, V. H.; FREIRE, F. J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p. 227-232, 2003.

FREITAS, M. A. C.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; PEREIRA, M. S.; BESSA, M. C.; NOGUEIRA FILHO, F. P.; LACERDA, C. F. Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.4, p.839-849, 2014.

GARCÍA, I.; MENDONZA, R. Lotus tenuis seedlings subjected to drought or waterlogging in a saline sodic soil. **Environmental and Experimental Botany**, v.98, p.47-55, 2014.

GAZOLLA-NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; OLSEN, D.; VILLELA, F. A. Níveis de umidade do solo de várzea e seus efeitos sobre a emergência e crescimento inicial de plântulas de soja. **Informativo Abrates**, v.22, n.2, p. 28 – 31, 2012.

GHARAIBEH, M. A.; ELTAIF, N. I.; SHRA'AH, S. H. Reclamation of a calcareous saline-sodic soil using phosphoric acid and by-product gypsum. **Soil Use Management**, v.26, n. 2, p. 141-148, 2010.

GUNN, B. F. The phylogeny of the Cocoeae (Arecaceae) with emphasis on *Cocos nucifera*. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.91, n.3, p.505-522, 2004.

HENDRICKS, R. C.; BUSHNELL, D. M. **Halophytes, algae and bacteria food and fuel feedstocks**. **National Aeronautics and Space Administration / NASA**: Washington, TM-215294, 2009, 45p.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados climáticos – Fortaleza**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2015.

JALALI, M.; RANJBAR F. Effects of sodic water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. **Geoderma**, v.153, n.1-2, p. 194-204, 2009.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree physiology monograph** n.1. Victoria: Heron Publishing, 1997. p. 1–29.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. Stomatal response of *Fraxinus pennsylvanica* seedlings during and after flooding. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 46, n. 2, p. 155-158, 1979.

KREUZWIESER, J.; PAPADOPOULOU, E.; RENNENBERG, H. Interaction of flooding with carbon metabolism of forest trees. **Plant Biology**, v.6, n.3, p. 299–306, 2004.

LACERDA, C. F. de; HERNANDEZ, F.F.F.; NEVES, A.L.R. Problemas de salinidade na agricultura: identificação e formas de convivência. In: ANDRADE, E. M. de; PEREIRA, O. J.; DANTAS, F. E. R. (Org.). **Semiárido e o manejo dos recursos naturais**: uma proposta de uso adequado do capital natural. Fortaleza, CE: Universidade Federal do Ceará, 2010. p. 288 – 309.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532 p.

LI, C.; WEI, Z.; LIANG, D.; ZHOU, S.; LI, Y.; LIU, C.; MA, F. Enhanced salt resistance in apple plants overexpressing a *Malus* vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter gene is associated with differences in stomatal behavior and photosynthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.70, p. 164-173, 2013.

LI, X.; KANG, Y.; WAN, S.; CHEN, X.; CHU, L. Reclamation of very heavy coastal saline soil using drip-irrigation with saline water on salt-sensitive plants. **Soil & Tillage Research**, v.146, p.159-173, 2015.

LIMA, B. L. de C. **Respostas fisiológicas e morfológicas na produção de mudas de coqueiro anão irrigado com água salina**. 2014. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

LIMA, C. S. de. **Mudanças da expressão de proteínas induzidas por estresses isolados e combinados de seca e temperatura elevada em folhas de cajueiro**. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

LIU, J.; XIE, X.; DU, J.; SUN, J.; BAI, X. Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass. **Scientia Horticulturae**, v.115, n.1, p. 190 – 195, 2008.

LIU, M.; JIANG, Y. Genotypic variation in growth and metabolic responses of perennial ryegrass exposed to short-term waterlogging and submergence stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.95, p.57-64, 2015.

MACÊDO, L. de S.; SOUSA, M. R.; MORRILL, W. B. B. Drenagem para Controle da Salinidade. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.1. n.2, p.69-71, 2007.

MAHINDAPALA, R.; PINTO, J. L. J. G. **Coconut cultivation**. Lunuwila: Coconut Research Institute, 1991. 162 p.

MAHMOUD, A. A.; MOHAMED, H. F. Impact of biofertilizers application on improving wheat (*Triticum aestivum* L.) resistance to salinity. **Research Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 4, p. 520-528, 2008.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, n.1, p.9-14, 1999.

MARINHO, F. J. L. **Germinação, crescimento, e desenvolvimento do coqueiro Anão Verde sob estresse salino**. 2002. 196 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2002.

MARINHO, F. J. L.; FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; VIANA, S. B. A. Uso de água salina na irrigação do coqueiro (*Cocus nucifera* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Suplemento, p.359-364, 2005.

MEDRI, C.; PIMENTA, J. A.; RUAS, E. A.; SOUZA, L. A.; MEDRI, P. S.; SAYHUN, S.; BIANCHINI, E.; MEDRI, M. E. O alagamento do solo afeta a sobrevivência, o crescimento e o metabolismo de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae)?. **Semina**, v.33, n.1, p.123-134, 2012.

MEENA, M. D.; JOSHI, P. K.; JAT, H. S.; CHINCHMALATPURE, A. R.; NARJARY, B.; SHEORAN, P.; SHARMA, D. K. Changes in biological and chemical properties of saline soil amended with municipal solid waste compost and chemical fertilizers in a mustard–pearl millet cropping system. **Catena**, v.140, p.1-8, 2016.

MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. de ARAÚJO; BARROSO, D. G.; SANTIAGO, A. R.; RODRIGUES, L. A.; FREITAS, T. A. S. de. Características biométricas de mudas de *Eucalyptus sp* sob estresse salino. **Revista Árvore**, v.31, n.3, p. 365-372, 2007.

MIRANDA, F. R. de; GOMES, A. R. M.; OLIVEIRA, C. H. C. de; MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.129-135, 2007.

MORGAN, S. H.; MAITY, P. J.; GEILFUS, CHRISTOPH-MARTIN; LINDBERG, S.; MÜHLING, K. H. Leaf ion homeostasis and plasma membrane H⁺-ATPase activity in *Vicia faba* change after extra calcium and potassium supply under salinity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.82, s.n, p. 244 - 253, 2014.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v.167, n. 03, p. 645-663, 2005.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review Plant Biology**, v. 59, p. 651–681, 2008.

NAWAZ, T.; HAMEED, M.; ASHRAF, M.; AHMAD, M. S. A.; BATOOL, R.; FATIMA, S. Anatomical and physiological adaptations in aquatic ecotypes of *Cyperus alopecuroides* Rottb. under saline and waterlogged conditions. **Aquatic Botany**, v.116, p.60-68, 2014.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; LOURENÇO, G. S.; SOARES, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.76-85, 2013.

NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L.R.Q.; MIRANDA, F.R. de. Irrigação do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1998, cap. 7, p. 159 – 187.

OLIVEIRA, L. B. de; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, M. da G. de V. X.; LIMA, J. F. W. F. de; MARQUES, F. A. Interferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.10, p.1477-1486, 2002.

ORSINI, F.; ALNAYEF, M.; BONA, S.; MAGGIO, A.; GIANQUINTO, G. Low stomatal density and reduced transpiration facilitate strawberry adaptation to salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v.81, p.1-10, 2012.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PEZESHKI, S. R. Differences in patterns of photosynthetic responses to hypoxia in flood tolerant and flood-sensitive tree species. **Photosynthetica**, v.28, n.3, p. 423-430, 1993.

PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v. 46, n. 3, p. 299–312, 2001.

PRAXEDES, S. C.; LACERDA, C. F.; DAMATTA, F. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Salt tolerance is associated with differences in íon accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.196, p.193-204, 2010.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza. INCTsal. 2010. Cap.10. p. 147-164.

QADIR, M.; OSTER, J. D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A. D.; SAHRAWAT, K. L. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. **Advances in Agronomy**, v.96, p.197-247, 2007.

QI, C.; CHEN, M.; SONG, JIE.; WANG, B. Increase in aquaporin activity is involved in leaf succulence of the euhalophyte *Suaeda salsa*, under salinity. **Plant Science**, v.176, p.200-205, 2009.

RADY, M. M. A novel organo-mineral fertilizer can mitigate salinity stress effects for tomato production on reclaimed saline soil. **South African Journal of Botany**, v.81, p.8-14, 2012.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R. et al. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 11-19.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Agriculture handbook 60, United States Department of Agriculture, Washington, 1954. 160p.

RINNE, P. Effects of various stress treatments on growth and ethylene evolution in seedlings and sprouts of *Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v.5, p. 155-167, 1990.

RUGGIERO, B., KOIWA, H., MANABE, Y., QUIST, T.M., INAN, G., SACCARDO, F., JOLY, R.J., HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R.A., MAGGIO, A. Uncoupling the effects of ABA on plant growth and water relations: analysis of *sto1/nced3*, ABA deficient salt stress tolerant mutant in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology**, v.136, n.1, p. 3134 – 3147, 2004.

SABRA, A.; DAAYF, F.; RENAULT, S. Differential physiological and biochemical responses of three Echinacea species to salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v. 135, s.n, p. 23 – 31, 2012.

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE L. F.; VITAL, A. F. M. Interações salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 222-252, 2010.

SANTOS, T. A.; MIELKE, M. S.; PEREIRA, H. A. S.; GOMES, F. P.; SILVA, D. C. Trocas gasosas foliares e crescimento de plantas jovens de *Protium heptaphyllum* March (Burseraceae) submetidas ao alagamento do solo em dois ambientes de luz. **Scientia Forestalis**, v.40, n.93, p.47-56, 2012.

SCHONGART, J.; PIEDADE, M. T. F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNAS, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 1, p. 581-597, 2002.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R. de; PIAULINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15; p. 15 63 - 1578, 2012.

SILVA JÚNIOR, C. D. da; PASSOS, E. E. M.; GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.39-44, 2002.

SILVA, A. R. A. **Respostas e adaptações de plantas de coqueiro anão verde às interações entre deficiência hídrica e salinidade do solo**. 2015. 247 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1130-1137, 2010.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agricola**, v.68, p.62-68, 2011.

SILVA, P. C. M. da; GUERRA, H. O. C.; GHEYI, H. R.; FARIAS, C. H. de A.; SILVA, I. R. da. Eficiência flora e biomassa dos frutos de coqueiro sob diferentes lâminas de irrigação e níveis salinos. **Caatinga**, v.20, n.4, p. 68. - 77, 2007.

SILVA, R. L. O.; MARTINS, L. S. S.; GOMES, E. W. F.; FERRAZ, G. M. G.; SILVA, S. O.; WILLADINO, L. Avaliação de diploides de bananeira (*Musa spp.*) quanto à tolerância a salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.4, p.1084-1091, 2009.

SILVA, S. L. F. **Mecanismos de proteção oxidativa contra estresses isolados e combinados de seca, salinidade e temperatura elevada em cajueiro**. 2008. 162 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SLAMA, I.; M'RABET, R.; KSOURI, R.; TALBI, O.; DEBEZ, A.; ABDELLY, C. Water deficit stress applied only or combined with salinity affects physiological parameters and antioxidant capacity in *Sesuvium. portulacastrum*. **Flora**, v.213, p. 69-76, 2015.

SOMMERFELDT, T. G.; RAPP, E. **Management of saline soils**. Ottawa: Canada department of agriculture, 1978. 30p. Publication 1624.

SUÁREZ, N. Effects of short-and long-term salinity on leaf water relations, gas exchange, and growth in *Ipomoea pes-caprae*. **Flora**, v.206, p. 267-275, 2011.

SYVERTSENA, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, n.1, p. 128 – 137, 2014.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAVARES FILHO, A. N.; BARROS, M. F. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. F. Incorporação de gesso para correção da salinidade e sodicidade de solos salino-sódicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 247-252, 2012.

TEAKLE, N. L.; BOWMAN, S.; BARRET-LEONARD, E. G.; REAL, D.; COLMER, T. D. Comparisons of annual pasture legumes in growth, ion regulation and root porosity demonstrate that *Melilotus siculus* has exceptional tolerance to combinations of salinity and waterlogging. **Environmental and Experimental Botany**, v.77, p.175-184, 2012.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p.503-527, 2003.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 10, n. 4, p. 804-810, 2006.

USSL STAFF - United States Salinity Laboratory. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Whashington: U.S. Department of agriculture, 1954. 160p. Handbook 60.

VASCONCELOS, O. C. M.; MATOS, C. H. L.; PRADO, R. J.; SOUZA, F. G.; LOPES, A. D. O. Recuperação de Planossolos Nátricos salinos em Juazeiro - BA através do cultivo de espécies nativas da Caatinga. *In: II Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental*. Guarapari, ES: Cedagro, 2012.

VISSER, E. J. W.; VOESENEK, L. A. C. J. Acclimation to soil flooding – sensing and signal-transduction. **Plant and Soil**, v. 254. p.197-214, 2004.

WANG, R.; KANG, Y.; WAN, S. Effects of different drip irrigation regimes on saline-sodic soil nutrients and cotton yield in an arid region of Northwest China. **Agricultural Water Management**, v.153, p.1-8, 2015.

WORBES, M. **The forest ecosystem of the floodplains**. In: JUNK, W. J. (Ed.). *The Central Amazon floodplain: Ecology of a pulsing system*. Heidelberg: Springer Verlag. p. 223-266, 1997.

YU, X.; LUO, N.; YAN, J.; TANG, J.; LIU, S.; JIANG, Y. Differential growth response and carbohydrate metabolism of global collection of perennial ryegrass accessions to submergence and recovery following de-submergence. **Journal Plant Physiology**, v.169, p.1040-1049, 2012.