

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA EM
FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS
E MATÉRIA ORGÂNICA**

DANIEL KÜHNER COELHO

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

AGOSTO - 2006

DANIEL KÜHNER COELHO
ENGENHEIRO AGRÍCOLA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA EM
FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS
E MATÉRIA ORGÂNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ORIENTADOR: Prof. Dr. HANS RAJ GHEYI – UFCG/CTRN/DEAg

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. NAPOLEÃO E. de M. BELTRÃO – Embrapa Algodão

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
AGOSTO – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C672c Coelho, Daniel Kühner
2006 Crescimento e desenvolvimento da mamoneira em função da irrigação com águas salinas e matéria orgânica / Daniel Kühner Coelho . — Campina Grande, 2006.
97f.: il.

Referências

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientadores: Hans Raj Gheyi e Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão.

1. *Ricinus communis* L. 2. Irrigação / Reúso Agrícola 3. Adubação / Polpa de Mamona 4. Água Produzida 5. Biodiesel I. Título

CDU 582.757:631.67:631/.8




PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

DANIEL KÜHNER COELHO

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA EM FUNÇÃO DA
IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E MATÉRIA ORGÂNICA**

BANCA EXAMINADORA

PARECER


Dr. Hans Raj Gheyi-Orientador

Aprovado


Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão-Orientador

APROVADO


Dr. Pedro Dantas Fernandes-Examinador

Aprovado


Dr. Lourival Ferreira Cavalcanti - Examinador

Aprovado

AGOSTO - 2006

*A minha amiga e companheira **Ana Carolina Lavinias Alvarez**, e a meus queridos pais **Arthur Coelho Neto** e **Sandra Maria Kühner Coelho**, pelos exemplos de vida e pela compreensão, carinho e amor a mim dedicados, que servem de estímulo para continuar lutando por momentos felizes de conquista como este.*

*A meus irmãos **Diogo** e **Lívia Kühner Coelho**, parentes e amigos.*

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso, por toda força que me dispôs, para a conclusão deste trabalho.

A meus pais Arthur e Sandra Coelho, por tudo que me propiciaram na vida.

A meus irmãos, pelo amor, amizade e companheirismo de cada dia.

À Ana Carolina, que sempre esteve ao meu lado me apoiando com amor nos momentos de dificuldades e por ter me propiciado muitos dias de felicidade.

A meus avós José e Leda Kühner, pelo apoio e amor dedicados.

A todos os parentes, pelos exemplos de fraternidade, honestidade e luz divina.

A Coordenação e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

Aos Prof. Drs. Hans Raj Gheyi e Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, meus orientadores, pela inquestionável contribuição na minha formação acadêmica e profissional.

Ao Prof. Dr., Pedro Dantas Fernandes, pela amizade, por sua contribuição prestada no decorrer do trabalho e pela participação no julgamento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante, por sua participação no julgamento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Hugo Orlando Carvallo Guerra e aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Adilson, Chico, Wilson, Doutor e Pedro, pela ajuda e amizade conquistadas.

Às Senhoras Rivanilda e Aparecida, pela atenção e ajuda durante o curso.

Ao Genival Barros, pela amizade e dedicação de parte do seu tempo no apoio a este trabalho.

Ao Carlos Khalil e Liv Soares, pelo exemplo de profissionalismo e por proporcionar a realização deste trabalho através de sua amizade, apoio e incentivo.

Aos companheiros de trabalho e amigos André Goja, Denise Gentili, Oswaldo de Aquino, Raquel Capistrano e Roberto Carlos.

Aos amigos Cira Belém, Daniela, Cláudio Uyeda, Francisco Valfísio, Valbério Paolilo, Tatiana Santos, Rosângela Oliveira, Karina Guedes, Sérvulo, Mário Luiz, Frederico Antônio, Rogério Dantas, Eliezer e José Maria, pela grande amizade e contribuições que dispuseram para o meu crescimento intelectual no decorrer do mestrado.

A meus amigos Gabriel Jaccoud, Thiago D'orse, Fabrício Manhães, Pedro May e Lisandra Gomes, por termo percorrido, juntos, grandes etapas de nossa vida.

Enfim, aos que influenciaram, de alguma forma, nesta conquista.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Considerações gerais sobre a cultura	4
2.1.1 Torta, casca e polpa de mamona	8
2.2 Aspectos gerais da salinidade do solo	10
2.3 Qualidade de água para a irrigação	11
2.4 Reúso de águas	14
2.4.1 Reúso de efluentes na agricultura	15
2.5 Água conata e água produzida	16
2.5.1 Conceito	16
2.5.2 Características da água produzida	17
2.6 Efeito dos sais nas plantas	19
2.6.1 Efeito osmótico	20
2.6.2 Efeito direto ou de toxicidade de sais	21
2.6.3 Efeito indireto ou de natureza nutricional	22
2.7 Tolerância das plantas à salinidade	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Período de condução e localização do experimento	26
3.2 Cultivar de mamona	26
3.3 Tratamentos e delineamento estatístico	27
3.3.1 Água	27
3.3.2 Substrato	28
3.4 Instalação e condução	29
3.5 Variáveis analisadas	31

3.5.1	Porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência	31
3.5.2	Altura da planta e diâmetro do caule	32
3.5.3	Área foliar	32
3.5.4	Número de folhas e índice de deformação foliar	32
3.5.5	Comprimento de cacho	32
3.5.6	Fitomassas	32
3.5.7	Época e altura da emissão de inflorescências	33
3.5.8	Número dos frutos	33
3.5.9	Balanço hídrico	33
3.5.10	Análise estatística	33
3.5.11	Balanço de íons	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	Germinação	35
4.2	Crescimento	38
4.2.1	Altura da planta	41
4.2.2	Diâmetro do caule	43
4.2.3	Área foliar	45
4.2.4	Número de folhas e índice de deformação foliar	47
4.2.5	Comprimento de cacho	50
4.3	Fitomassa	51
4.4	Produção	54
4.5	Balanço hídrico	56
4.5.1	Volume total de água consumido	56
4.5.2	Consumo diário de água	58
4.5.3	Fração de lixiviação	62
4.6	Balanço de íons	63
5	CONCLUSÕES	67
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados históricos de produção, área e produtividade do cultivo da mamona no Brasil	6
Tabela 2. Constituintes inorgânicos e relação C/N da torta, polpa e casca de mamona*	9
Tabela 3. Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação	13
Tabela 4. Características relativas à salinidade das águas produzidas <i>on shore</i> no Rio Grande do Norte*	18
Tabela 5. Classificação da tolerância relativa das culturas à salinidade	23
Tabela 6. Composição iônica da água simulada (A5)	28
Tabela 7. Composição química da polpa de mamona, em porcentagem*	28
Tabela 8. Características físico-hídricas e químicas do material de solo de Carnaubais*	29
Tabela 9. Detalhes das adubações potássicas e nitrogenadas	31
Tabela 10. Resumo das análises de variância e médias das variáveis porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamoneira	35
Tabela 11. Resumo das análises de variância de altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), número de folhas (NF), índice de deformação foliar (IDF) e comprimento de cacho (CC) dos 20 aos 140 DAS	39
Tabela 12. Valores médios das variáveis: altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), número de folhas (NF), índice de deformação foliar (IDF) e comprimento de cacho (CC) dos 20 aos 140 DAS	40
Tabela 13. Resumo do desdobramento das análises de variância e médias da variável índice de deformação foliar (IDF) aos 40 DAS, para fator água	48
Tabela 14. Resumo das análises de variância e valores médios referente às variáveis de fitomassa aos 150 DAS	51
Tabela 15. Resumo do desdobramento das análises de variância e médias das variáveis peso de folha total (PFT) e peso de caule (PCI) dos fatores água e substrato aos 150 dias após a semeadura (DAS)	52
Tabela 16. Resumo da análise de variância das variáveis de produção aos 150 DAS	54
Tabela 17. Resumo da análise de variância, do desdobramento dos fatores A x S e as médias referente à variável volume total de água consumido (VTAC)	56
Tabela 18. Resumo da análise de variância referente ao volume médio de água consumido diariamente (VCD) em períodos de 15 dias ao longo do ciclo da cultura	58
Tabela 19. Resumo da análise de variância e médias da variável volume consumido diariamente (VCD) para o fator água, nos períodos 75 - 90 e 105 - 120 DAS	60
Tabela 20. Médias das variáveis volume total de água consumido (VTAC), o volume total de água drenada (VTAD) e a fração de lixiviação (FL)	62
Tabela 21. Resumo do balanço de íons no sistema solo-água-planta	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Balanço de massa teórico do processo de produção de biodiesel <i>in situ</i> da Petrobras	8
Figura 2. Croqui da distribuição das parcelas em ambiente protegido	27
Figura 3. Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação da mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 20 DAS	36
Figura 4. Porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamona em função do substrato	37
Figura 5. Altura da planta (AP) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80 DAS	41
Figura 6. Altura da planta (AP) da mamona em função do substrato, aos 20, 40, 60 e 80 DAS	42
Figura 7. Variação da altura da planta (AP) da mamona em função da água de irrigação e do substrato ao longo do experimento	42
Figura 8. Variação do diâmetro do caule (DC) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80, 100, 120 e 140 DAS	43
Figura 9. Diâmetro de caule (DC) da mamona em função do substrato, aos 20 e 40 DAS	44
Figura 10. Variação do diâmetro de caule (DC) da mamona em função da água de irrigação e do substrato, ao longo do experimento	44
Figura 11. Área foliar (AF) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS)	45
Figura 12. Área foliar (AF) da mamona em função do substrato, aos 20 e 40 DAS	46
Figura 13. Variação da área foliar (AF) da mamoneira em função da água de irrigação e do substrato ao longo do experimento	46
Figura 14. Número de folhas (NF) aos 120 DAS em função da condutividade elétrica da água de irrigação e aos 100 DAS em função do substrato	47
Figura 15. Índice de deformação foliar (IDF) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 40, 60, 80, 100 DAS	48
Figura 16. Índice de deformação foliar (IDF) da mamona em função do substrato, aos 120 DAS	49
Figura 17. Comprimento de cacho (CC) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 100 DAS	50
Figura 18. Comprimento de cacho (CC) da mamona em função do substrato, aos 100 e 120 DAS	50
Figura 19. Peso total de folhas (PFT) e Peso de caule (PCI) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 150 DAS, para ambos os substratos	53
Figura 20. Peso total de folhas (PFT) da mamona em função do substrato, aos 150 DAS	53
Figura 21. Número de frutos (NFr) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 150 DAS	54

Figura 22. Dias após semeadura para emissão de 1ª inflorescência (EI) da mamona, em função do substrato	55
Figura 23. Volume total de água consumido (VTAC) de água pela mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 135 DAS, para ambos os substratos	57
Figura 24. Volume de água consumido diariamente (VCD) pela mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação, nos períodos 15-30, 30-45, 45-60, 60-75, 90-105 e 120-135 DAS	59
Figura 25. Volume de água consumido diariamente (VCD) pela mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 75-90 e 105-120 DAS, para ambos os substratos	60
Figura 26. Volume de água consumido diariamente (VCD) da mamona, em função do substrato nos períodos 0-15, 15-30, 30-45 e 90-105 DAS	61
Figura 27. Variação de volume consumido diariamente (VCD) da mamona em função da água de irrigação e do substrato, ao longo do experimento	62
Figura 28. Variação de massa de cátions (g) no solo inicial e final (calculado e analisado), em relação à salinidade das águas de irrigação, para ambos os substratos	65
Figura 29. Variação do pH e da CEes no solo, em função da elevação da salinidade nas águas de irrigação	66

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MAMONEIRA EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALINAS E MATÉRIA ORGÂNICA

RESUMO

Este estudo foi conduzido com objetivo de avaliar os efeitos da irrigação com águas salinas, reproduzindo proporções de íons encontrados em águas produzidas da Petrobras no Rio Grande do Norte, e da incorporação de polpa de mamona como matéria orgânica, no crescimento, desenvolvimento e produção da mamoneira, além do balanço hídrico e salino no sistema solo-água-plantas, em casa de vegetação da UFCG. O experimento foi instalado em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2, com cinco níveis de salinidade de água (0,2; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 dS.m⁻¹, a 25 °C) e sem e com adição de polpa de mamona (100 g) no substrato, resultando em dez tratamentos com três repetições. Os vasos foram preenchidos com material de solo de Carnaubais - RN, adubado com nitrogênio, fósforo e potássio. O percentual de germinação e o índice de velocidade de germinação decresceram 5,72 e 7,71% por incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), decorrentes da salinidade da água de irrigação, e foram 40,8 e 26,6% maiores no substrato sem adição de polpa. Observou-se, durante a fase de crescimento e desenvolvimento, efeito negativo nas plantas pela adição de polpa de mamona, notando-se decréscimos de 22,8% na altura da planta, 9,3% no diâmetro de caule e 23,8% na área foliar, aos 40 dias após semeadura (DAS), possivelmente associado à fermentação da polpa de mamona no solo; e pelo aumento da salinidade da água; após 80 DAS houve um decréscimo por incremento unitário da CEa de 6,56% na altura da planta, 5,69% no diâmetro de caule e de 18,15% na área foliar. Como propagação dos efeitos no crescimento e no desenvolvimento da mamona, as águas promoveram decréscimo por incremento unitário da CEa de 14,58% na variável número de frutos, enquanto a adição de polpa reduziu, em 6,5%, a variável emissão de inflorescência. O volume consumido de água também foi influenciado negativamente pela salinidade da água de irrigação, apresentando decréscimo por incremento unitário da CEa de 9,54%; concluiu-se, então, que o aumento da salinidade nas águas de irrigação promove efeito negativo significativo na germinação, crescimento e no desenvolvimento da mamona e na elevação de CEes e do pH do solo, refletindo no consumo de água e na produção da cultura. Enquanto a adição de polpa de mamona na condição estudada, ocasionou prejuízo à cultura em sua fase inicial.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L.; irrigação - reúso agrícola; adubação - polpa de mamona; água produzida; biodiesel.

GROWTH AND DEVELOPMENT OF CASTOR BEAN IN RESPONSE TO IRRIGATION WITH SALINE WATERS AND ORGANIC MATTER

ABSTRACT

This study was carried out aiming to evaluate the effects of irrigation with saline waters, reproducing ion ratios found in produced water from Petrobras in Rio Grande do Norte, and incorporation of castor cake, as organic matter, on growth, development and production of castor bean, besides water and ionic balance in the soil-water-plant system, in greenhouse of UFCG. The experiment was installed in randomized block design, in 5 x 2 factorial, with five levels of water salinity (0.2, 0.8, 1.6, 2.4 and 3.2 dS.m⁻¹, at 25 °C) and without and with addition of castor cake (100 g) in substrates, resulting in ten treatments with three replications. The pots were filled with soil material from Carnaubais - RN, and fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium. The percentage of germination and velocity of emergence decreased 5.72 and 7.71% per unit increment of electric conductivity of irrigation water (EC_w), due to irrigation waters salinity, and were 40.8 and 26.6% higher in treatments without castor cake. During growth and development phase, a negative effect in plants by addition of cake was observed in the initial phase, with decrease of 22.8% in plant height, 9.3% in stem diameter and 23.8% in leaf area, 40 days after sowing (DAS); and for the salinity increases, possibly associated to the fermentation of castor cake in soil, after 80 DAS the decreases per unit increment in EC_w were 6.56% in plant height, 5.69% in stem diameter and 18.15% in leaf area. As propagation of the effect of growth and development phase, unit increment in EC_w promoted decrease of 14.58% in number of fruits, while addition of castor cake reduced the value of inflorescence emission by 6.5%. The volume of water consumed was reduced by salinity of irrigation water, with decrease of 9.54% per unit increment in EC_w. It was concluded that the increase of the salinity in irrigation water promoted significant negative effects in germination, growth and development of castor bean and raised the EC_{se} and soil pH, reflecting in water consumption and yield of the crop. While the castor addition of cake caused damage to the crop in its initial phase.

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial aos seres vivos e fator de fundamental importância para a produção agrícola. Cerca de 29,2% da superfície total da terra são emersas, enquanto o restante (70,8%) está coberto por água; entretanto, do total da água existente no planeta, 97,21% correspondem à água salgada, imprópria para a maioria das necessidades humanas e cerca de 2,15% se encontram na forma de gelo, sobre as planícies das regiões próximas aos pólos; assim, menos de 0,70% da água do planeta corresponde à água doce disponível, e deste total 97% são águas subterrâneas e somente 3% se referem a água superficial (SOUSA & LEITE, 2003). Em muitas situações, a prática de irrigação é a única maneira de viabilizar uma produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é caso do semi-árido brasileiro.

O conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificadas, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo maior atenção às necessidades de uso de água. Em muitas regiões do globo, a população ultrapassou o ponto em que podia ser abastecida pelos recursos hídricos disponíveis; hoje existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas e que se enquadram na categoria de áreas com escassez de água (PHILIPPI JÚNIOR, 2003).

O Nordeste do Brasil é um exemplo de região que sofre com a escassez de águas, caracterizando-se por limitados recursos hídricos, clima predominantemente semi-árido, médias térmicas elevadas em torno de 25°C e chuvas irregulares e concentradas em poucos meses do ano (IBGE, 2000). A falta de chuvas durante longos períodos impede a agricultura perene, comprometendo a produção agrícola. Nesta região, durante a maior parte do ano há déficit hídrico às plantas, devido a taxa de evapotranspiração ser maior que a de precipitação

e, sem um manejo adequado de irrigação, a salinização do solo é inevitável (HOLANDA & AMORIM, 1997).

No Brasil, o uso de água na agricultura representa 70% do total do volume de água consumido atualmente, com forte tendência para chegar a 80% até o final desta década; assim, percebe-se, então, que a agricultura depende do suprimento de água em um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem que, em curto prazo, critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implementados (HESPANHOL, 2003).

Diversos são os instrumentos, mecanismos e tecnologias a serem empregados no trato dessas questões e uma das alternativas que se tem apontado para o enfrentamento do problema é o reúso de água, importante instrumento de gestão ambiental do recurso água e detentor de tecnologias já consagradas para a sua adequada utilização (PHILIPPI JÚNIOR, 2003). Passa-se a considerar e estudar águas para a produção vegetal, antes classificadas inadequadas ou duvidosas para tal fim. Dentre as águas que podem ser utilizadas no reúso agrícola, cita-se a “água produzida”, efluente formado e extraído junto ao petróleo. Alguns poços, sobretudo os *on shore* e mais antigos, extraem água em proporções muito maiores que seu principal produto. A água produzida é considerada um problema visto que requer tratamento, enquadrando-a no CONAMA 357 (2005) antes de seu descarte, inviabilizando economicamente, algumas vezes, a exploração do poço; porém, muitas dessas águas podem ser utilizadas para a irrigação por possuírem características como pH próximo à neutralidade e nutrientes e salinidade moderados.

O petróleo também representa grande preocupação. Estimativas do fim da vida útil de poços de petróleo vêm sendo feitas por pesquisadores e todos concordam que o petróleo não vai durar para sempre e, mesmo que se acreditasse nas descobertas de novos poços ou na infinidade do petróleo, uma reformulação da malha energética mundial se faria necessária, de forma que fenômenos perigosos e cada vez mais reais, como El Niño, chuvas ácidas, destruição da camada de ozônio e efeito estufa, pudessem ser, ao menos, controlados.

A resposta da sociedade, como um todo, a esta preocupação com a degradação do meio em que se vive, é demonstrada através de movimentos ambientais, “consciência verde” e diversas mudanças no modo de pensar e de agir. Como exemplo desta mudança de postura é relevante citar um dos principais tratados propostos em decorrência da consciência dessa necessidade de mudança de paradigmas que, atualmente, se encontra na condição de acordo após a assinatura da Rússia. O Acordo de Kyoto tem a diversificação da matriz energética como uma das bases para a redução de emissão de gases causadores do efeito estufa, calcada

principalmente na redução dos combustíveis fósseis. Apesar do Acordo não prever compromissos de redução de emissões de gases para países em desenvolvimento, sua entrada em vigor os afeta diretamente, aumentando suas exportações de biocombustíveis, como álcool etílico e biodiesel, para países desenvolvidos obrigados a cumprir essas metas de redução, previstas no tratado.

O biodiesel é um combustível renovável, menos poluente que o diesel, que pode ser utilizado em motores de ciclo diesel sem quaisquer alterações. As principais fontes de triglicerídeos utilizadas como insumo neste processo são óleos vegetais extraídos de sementes (grãos) chamadas oleaginosas, como a mamona, colza, soja, girassol e gergelim.

Segundo levantamento feito pela Embrapa, o País dispõe de mais de 3 milhões de hectares de terras com aptidão para a exploração econômica da mamona em condições de sequeiro no Nordeste (PERES et al., 2005). O cultivo da mamona se adapta muito bem à agricultura familiar e ao clima semi-árido sendo, desta forma, considerado, pelo Governo Federal, um importante agente de inclusão social e definida, junto do dendê, como a principal oleaginosa utilizada para a produção de biodiesel. A mamoneira também representa grande potencial ao reúso de água residuária, como cultura industrial, uma vez que seus produtos e co-produtos não são diretamente usados na alimentação.

Por se tratar de uma espécie naturalmente vigorosa e de fácil propagação, poucos são os cuidados dispensados no manejo da mamoneira (AZEVEDO et al., 2001). Para a fase de desenvolvimento da planta, Cavalcanti (2003) obteve a salinidade limiar de $1,78 \text{ dS m}^{-1}$, para o número de folhas da cultivar BRS Nordestina; Silva (2004), avaliando efeitos da salinidade da água de irrigação com níveis salinos variando entre 0,7 e $8,7 \text{ dS.m}^{-1}$, observou influência negativa da água a partir de $2,7 \text{ dS.m}^{-1}$ para as cultivares Nordestina e Paraguaçu, mas se observa carência de resultados sobre os efeitos da salinidade na cultura e sobre o balanço de íons no sistema solo-água-planta, sobretudo nas proporções encontradas em águas produzidas.

Diante do cenário exposto e da busca pela viabilização da utilização de efluentes da indústria do petróleo no cultivo da mamona objetivou-se, com o estudo, avaliar os efeitos da salinidade característica da água produzida em poços de petróleo *on shore* da Petrobras nas fases de germinação, crescimento, desenvolvimento e produção da mamona (cultivar BRS Nordestina), além do balanço hídrico e salino do sistema solo-água-planta, quando cultivada em solos sem e com adição de polpa de mamona, em condições de casa de vegetação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações gerais sobre a cultura

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma das 7.000 espécies da família das Euphorbiáceas, da classe Dicotiledonea, comumente conhecida com as denominações de mamoneira, rícino, carrapateira, baforeira, palma-crísti, palma de Cristo, mamona, castor, enxerida e tortago; em inglês, de *castor bean* e *castor seed*; em alemão, de *Wunder-baun* e em espanhol, de *higuerilla*, *higuerete*, *palma christi*, *higuera* e *tartago*.

Segundo a Embrapa (1997a), sua origem é referida ora como asiática, às vezes como africana (Etiópia) e, até mesmo, como planta nativa da América, mas para os pesquisadores soviéticos, há quatro principais centros de origem: região iraniana-afegã-soviética, Palestina/Oeste Asiático, China/Índia e Península Arábica. De qualquer forma, menção sobre ela é feita desde a mais remota antigüidade pois, segundo autores clássicos, já era conhecida na época dos antigos egípcios que a apreciavam como planta milagrosa. Sabe-se que sementes foram encontradas nas tumbas de antigos egípcios, sendo igualmente utilizada na Índia desde os tempos imemoriais, para os mais diversos fins. No Brasil, a cultura foi introduzida pelos escravos, sendo o seu óleo utilizado para lubrificar as engrenagens e os mancais dos inúmeros engenhos de cana.

A mamona engloba vasto número de tipos de plantas nativas da região tropical; é uma planta de hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e racemos (cachos), podendo ou não possuir cera no caule e pecíolo; em geral, os frutos possuem 3 sementes com diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração entre as variedades; sua

sexualidade pode variar entre tipos femininos estáveis, femininos instáveis, hermafroditas (que é o normal), com flores separadas, somente masculinas, monóicas comuns e outros; apresenta metabolismo fotossintético C3 ineficiente e, normalmente, tem taxa de fotossíntese variando de 18 a 20 mg CO₂.dm⁻².hora⁻¹ com atmosfera de 300 ppm de CO₂; é, basicamente, uma planta de fotoperiodismo de dia longo porém se adapta bem em outros regimes de luminosidade, inclusive de dias curtos, com duração de 9 a 12 horas, embora dentro deste limite o crescimento seja reduzido. O óleo de mamona ou de rícino, extraído pela prensagem das sementes, contém 90% de ácido graxo ricinoléico, o que confere ao óleo suas características singulares, possibilitando ampla gama de utilização industrial, tornando a cultura da mamoneira importante potencial econômico e estratégico ao País (EMBRAPA, 1997a; EMBRAPA, 1997c; AZEVEDO et al., 2001).

A mamoneira é uma espécie essencialmente tropical, que vegeta naturalmente desde a latitude 40° Norte até 40° Sul, sendo cultivada comercialmente em mais de 15 países, destacando-se como principais a Índia, a China e o Brasil; trata-se de uma planta cujo óleo extraído de suas sementes possui elevado valor estratégico pelo fato de não existirem bons substitutos em muitas de suas aplicações e ainda pela versatilidade industrial. O óleo da mamona é a base para a obtenção de uma diversificada linha de matérias-primas utilizadas na fabricação de plásticos e plastificantes, fibras sintéticas, tintas, esmaltes, coberturas protetoras, resinas e lubrificantes. A partir da ricinoquímica, que é a química do óleo de mamona, pode-se chegar à geração de outros produtos bem mais sofisticados, como é o caso das próteses humanas e dos produtos utilizados nas indústrias farmacêutica, de cosméticos e aeronáutica (AZEVEDO et al., 2001).

Os subprodutos da mamoneira têm amplo espectro de utilização e são usados na fabricação de tecidos de nylon, na siderurgia, como óleo de corte para laminagem, na indústria para acabamento de peles finas, pinturas e vernizes, perfumaria, cremes, cosméticos e saboarias, enquanto o óleo é considerado de grande valor como lubrificante de motores de grande rotação e é também usado na aviação; já na medicina, é usado por suas qualidades purgativas. A torta proveniente da extração do óleo é largamente empregada na adubação de culturas comerciais (EMBRAPA 1997c). Segundo Beltrão et al. (2002), o óleo da mamoneira, extraído de suas sementes, é o único glicerídico na natureza solúvel em álcool, apresentando características especiais, sendo também dez vezes, em média, mais viscoso que os demais óleos.

Conforme a Embrapa (1997c), o Brasil, se constituiu, durante décadas, no maior produtor mundial de mamona em bagas (573 mil toneladas em 1974) e exportador de seu principal produto, o óleo, sendo Bahia, Piauí, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Minas Gerais, São Paulo e Paraná, os principais produtores do grão, com destaque maior para a Bahia. Na Tabela 1 apresentam-se dados referentes à área, produção e produtividade média do cultivo da mamona no Brasil, no período de 1979/80 a 2004/05.

Tabela 1. Dados históricos de produção, área e produtividade do cultivo da mamona no Brasil

Ano Agrícola	Produção (1.000 t)	Área (1.000 ha)	Produtividade (kg/ha)
1976/77	202	250	806
1977/78	393	344	1.141
1978/79	346	372	929
1979/80	302	440	688
1980/81	264	445	593
1981/82	202	469	429
1982/83	189	318	595
1983/84	225	415	541
1984/85	393	485	810
1985/86	272	441	617
1986/87	115	298	387
1987/88	181	268	678
1988/89	126	279	453
1989/90	118	242	489
1990/91	134	239	560
1991/92	116	181	642
1992/93	38	136	276
1993/94	63	117	537
1994/95	44	78	570
1995/96	48	122	392
1996/97	96	150	643
1997/98	19	133	142
1998/99	31	93	335
1999/00	107	195	550
2000/01	80	161	495
2001/02	72	126	574
2002/03	86	128	673
2003/04	107	166	646
2004/05 ⁽¹⁾	210	215	975
2005/06 ⁽²⁾	103	152	680
Média	156	249	595

Fontes: CONAB (2006)

(1) Dados Preliminares: sujeitos a mudanças

(2) Dados Estimados: sujeitos a mudanças

Observa-se, na Tabela 1, que a partir do ano agrícola 1984/85 se inicia uma fase de redução de área cultivada e produção de mamona em baga no Brasil, que atinge a menor produção no ano agrícola 1997/98, quando a produção alcançou apenas 4,8% do maior valor

verificado no período em análise. Nas regiões Sul e Sudeste, de acordo com a Embrapa (1997c), tal queda na produção é atribuída à não competitividade econômica frente a outras culturas. Na região Nordeste, que participou com 98% da área plantada e 96% da produção nacional no ano 2004/05, esta queda pode ser atribuída a fatores, ainda limitantes, como:

- Emprego de práticas culturais inadequadas (como espaçamento, época de plantio e consorciação)
- Utilização da mesma área para sucessivos plantios, sem reposição de nutrientes;
- Utilização de sementes impróprias para o plantio (de baixa qualidade, baixo rendimento médio e alta susceptibilidade às doenças e pragas)
- Reduzida oferta de sementes de cultivares melhoradas geneticamente
- Desorganização do mercado interno tanto para o produtor como para o consumidor final, permitindo que a rede de intermediação onere o preço da matéria-prima em até 60%, na passagem do produtor para a indústria “... Em regra geral, a intermediação vai desde o bodegueiro (que troca a mamona por gêneros alimentícios) até o agente de compras das indústrias, passando pelo caminhoneiro. Esta distorção decorre da dispersão da produção e do grande número de pequenos produtores, sem meios de levar seu produto diretamente à indústria” (Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração, 1995)
- Desinteresse dos agricultores em um produto de baixo preço cujo mercado é dominado por um número muito pequeno de compradores.
- Reduzida oferta de crédito e assistência técnica ao produtor agrícola.

Pode-se, ainda, observar, nos últimos 4 anos, um aumento crescente na área cultivada, produção e produtividade da mamona atribuída aos incentivos governamentais e à demanda européia por combustíveis alternativos ao petróleo, cujo preço do quilo da semente de mamona fiscalizada e certificada passou de aproximadamente R\$ 1,50 para valores próximos a R\$ 10,00 e, mesmo assim, a demanda pelas sementes foi maior que a oferta. Estes dados são importantes também para demonstrar a capacidade nacional de atingir valores bem maiores de produção e produtividade, considerando-se que foram atingidos, em 1984, valores de produção muito maiores que os atuais, com menos desenvolvimento tecnológico e conhecimento cultural.

Numa demonstração do significativo papel que a cultura da mamona exerce há várias décadas na região do Nordeste Semi-árido, a Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração

(1995) declara que a mamona assume papel social de grande relevância, assegurando uma contínua fonte de renda para as despesas da casa, em um sistema pouco mecanizado, onde os agricultores utilizam sementes comuns e não usam insumos modernos, como adubos e agrotóxicos.

2.1.1 Torta, casca e polpa de mamona

O processo de extração do óleo das sementes de mamona produz um importante co-produto, chamado torta de mamona, com excelentes propriedades químicas para uso na agricultura, tendo elevado teor de nutrientes (COSTA et al., 2004). A torta de mamona é o mais tradicional e importante subproduto da sua cadeia produtiva, gerado a partir da extração do óleo das sementes. Em todo o mundo, tem sido usado predominantemente como adubo orgânico de boa qualidade, pois é um composto ricamente nitrogenado, eficiente na recuperação de terras esgotadas (SEVERINO, 2005). Levando-se em consideração estudos anteriores da SUDENE e da Embrapa Algodão, no tocante ao zoneamento agrícola para a ricinocultura, Beltrão et al. (2002) evidenciam que poderão ser cultivados até 6,0 milhões de hectares por ano com mamona no Nordeste, atingindo uma produção de 4,4 bilhões de litros de biodiesel e um total de aproximadamente 3,0 milhões de toneladas de torta, que poderia beneficiar 1,5 milhão de hectares por ano (média de 2,0 t.ha⁻¹), como fertilizante e repositor do solo.

Enquanto processos de produção de biodiesel convencionais, de domínio público, utilizam óleo refinado como insumo, a Petrobras desenvolveu um processo alternativo que tem o grão como matéria-prima direta. O processo de produção de biodiesel *in situ* se diferencia não apenas por seu insumo, mas principalmente, pelos exsumos, parte sólida, e valores a este agregados; desta forma, além dos co-produtos biodiesel e glicerina são gerados, neste processo, “polpa” e “casca” de mamona, conforme Figura 1.

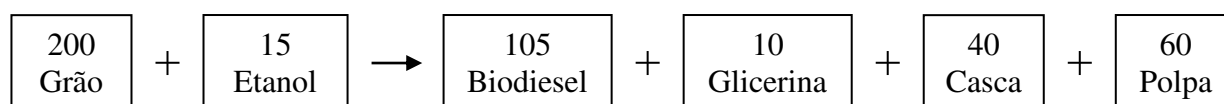


Figura 1. Balanço de massa teórico do processo de produção de biodiesel *in situ* da Petrobras

A análise inorgânica das cinzas de torta, polpa e casca da mamona pode ser observada na Tabela 2, na qual os valores são apresentados como percentuais de seus compostos.

Tabela 2. Constituintes inorgânicos e relação C/N da torta, polpa e casca de mamona*

Constituintes	(%)		
	Torta	Polpa	Casca
P ₂ O ₅	1,8	1,25	0,51
SiO ₂	0,7	0,00	0,73
Na ₂ O	0,0	0,01	0,01
K ₂ O	1,0	0,66	0,35
CaO	0,7	0,61	0,12
MgO	0,7	0,45	0,28
Al ₂ O ₃	0,2	0,00	0,18
Fe ₂ O ₃	0,1	0,00	0,11
Outros	0,3	0,08	0,24
Soma	5,6	3,1	2,5
Relação C/N	10	5	80

* - Análise realizada nos Laboratórios do CENPES - Petrobras

A incorporação de matéria orgânica no solo promove mudanças nas suas características físicas, químicas e biológicas. Do ponto de vista físico, a matéria orgânica melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e a coesão, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes; quimicamente, a matéria orgânica é a principal fonte de macro e micronutrientes essenciais às plantas além de atuar indiretamente na sua disponibilidade, devido à elevação do pH; aumenta a capacidade de retenção dos nutrientes, evitando perdas e, biologicamente, a matéria orgânica aumenta a concentração e a atividade dos microrganismos do solo, por ser fonte de energia e de nutrientes (KIEHL, 1981) Fatores inerentes à matéria orgânica, como a relação C/N, presença de lignina e granulometria, interferem na composição microbiana (ALEXANDER, 1977).

Matérias com alta concentração de carbono e pouca de nitrogênio (alta relação C/N) são, em geral, lentamente mineralizados e induzem à deficiência de nitrogênio às plantas, pois os microrganismos absorvem grande parte do N disponível, o qual só volta a ser disponibilizado após a decomposição do material adicionado (MIELNICZUK, 1999); e materiais com baixa relação C/N perdem nitrogênio na forma de amônia (NH₃) (FORNARI, 2002) e geram calor, sendo prejudiciais ao sistema radicular.

2.2 Aspectos gerais da salinidade do solo

A salinidade dos solos é um problema de preocupação mundial; admite-se até que a queda da civilização mesopotâmica foi conseqüência da salinização dos solos irrigados, entre os rios Tigres e Eufrates (DAKER, 1976). A superfície da terra afetada pela salinidade não está bem contabilizada, porém, como exemplos, existem mais de 3.000.000 ha na Índia e cerca de 600.000 ha na Turquia (ROSA, 1997). No início da década de 1980, a salinidade já afetava, aproximadamente, 25% do total das áreas dos perímetros públicos irrigados na região semi-árida brasileira (GÓES, 1978).

Segundo Brady & Buckman (1983), a salinização do solo tem origem na própria formação do solo, uma vez que o mesmo é produto da intemperização da rocha matriz, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, mediante a ação de vários fatores, tais como clima, topografia, organismos vivos e o tempo. A principal fonte de sais solúveis em água são os minerais primários, que se encontram no solo e nas rochas da crosta terrestre (SANTOS, 2000); entretanto, raros são os exemplos onde esta fonte tenha provocado, diretamente, problemas de salinidade do solo (RICHARDS, 1954). Frequentemente, problemas de salinidade têm sido associados à água de irrigação, com a presença de lençol freático elevado e não controlado (SOARES, 2001). Segundo Silva & Pruski (1997), intensa evaporação e a deficiência de drenagem também têm provocado ou agravado problemas de salinidade nos solos, reduzindo a germinação, a densidade, o crescimento e o desenvolvimento das culturas, interferindo com isto na sua produtividade e, nos casos mais sérios, levando a planta à morte.

Para Bohn et al. (1979), as três principais fontes naturais de sais do solo são intemperismo mineral, precipitação atmosférica e os sais fósseis (aqueles remanescentes de ambiente marinho e lacustres); porém, os sais também podem ser adicionados ao solo através das atividades humanas, incluindo o uso da água de irrigação.

A maioria dos solos afetados por sais ocorre em regiões áridas e semi-áridas, onde a evapotranspiração tende a ser superior à precipitação (SOARES, 2001) e onde há predominância de solos rasos.

Os sais mais frequentemente encontrados no solo e nas águas são formados por cátions de cálcio, magnésio e sódio, e por ânions de cloreto e sulfato; também, com menos freqüência, nesses solos se encontram outros íons como potássio, carbonato e bicarbonato,

embora se constata a predominância do cátion sódio e do ânion cloreto sobre os demais constituintes.

As propriedades físicas do solo, como estrutura, estabilidade dos agregados, dispersão das partículas, permeabilidade e infiltração são bastante influenciadas pelos tipos de cátions trocáveis presentes no solo (SHAINBERG & OSTER, 1978). Para Pizarro (1985), o principal efeito da salinidade sobre os solos ocorre em sua estrutura.

No solo a salinidade progride quando a quantidade de sais incorporada pela a água de irrigação se torna maior que a quantidade removida pela água de drenagem. A rapidez com que os sais se acumulam na zona radicular é determinada pela lâmina de água aplicada na irrigação, método de irrigação, tipo de drenagem, tipo de solo, condição edafoclimática do local e, principalmente, pelo teor de sais na água, e pelo tipo de sais nela contido (RICHARDS, 1954).

2.3 Qualidade de água para a irrigação

A agricultura irrigada depende não só da qualidade, mas também da quantidade da água; porém, o aspecto qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, as fontes de água eram, geralmente, abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização; esta situação, todavia, está alterando-se em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica tanto nos projetos novos como nos antigos que requerem águas adicionais, na necessidade de se recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível de águas, de acordo com sua qualidade (AYERS & WESTCOT, 1999).

As águas de irrigação devem ser avaliadas em especial sob três aspectos: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons, variáveis fundamentais na determinação da sua qualidade agronômica. O efeito da salinidade é de natureza osmótica podendo afetar diretamente o rendimento das culturas, uma vez que salinidade excessiva reduz o desenvolvimento das plantas, em virtude do aumento de energia que estas precisam despende para ajustamento bioquímico necessário a fim de absorver água do solo em condições de estresse. A sodicidade, referente ao efeito relativo do sódio da água de irrigação, tende a elevar a porcentagem de sódio trocável no solo (PST), ocasionando danos nas suas propriedades físico-químicas e, conseqüentemente, provocando problemas de infiltração. A toxicidade diz respeito ao efeito específico de certos íons sobre as plantas, sobretudo o cloreto, o sódio e o boro, afetando seu rendimento, independente do efeito osmótico da salinidade (SOARES, 2001).

De acordo com Lima (1998), o conceito de qualidade de água refere-se à sua adaptabilidade para determinado uso, isto é, se suas características físicas, químicas e biológicas são adequados à necessidade do usuário.

Para avaliação da qualidade de água para irrigação utilizam-se alguns parâmetros básicos, como: acidez (pH), condutividade elétrica (CEa), cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, boro, total de sólidos dissolvidos (TSD), relação de adsorção de sódio corrigido (RAS^o) e percentagem de sódio solúvel (PSS). No caso de irrigação localizada faz-se imprescindível a inclusão de mais alguns parâmetros, prevenindo-se quanto a possíveis obstruções de emissores; entre as diversas proposições para classificação da água de irrigação, tem-se: Richards (1954) e Ayers & Westcot (1999) como as mais citadas.

Medeiros & Gheyi (1994) enfatizam a necessidade do desenvolvimento de um sistema de classificação de água próprio para as condições brasileiras, como medida para se ter um prognóstico seguro de seu efeito quando usada em irrigação; enquanto isso não ocorre, sugerem que na classificação quanto à salinidade, seja utilizada a proposição do University of Califórnia Committee of Consultants (UCCC), citada por Pizarro (1985), por não ser tão conservadora como a de Richards (1954) nem generalista como a apresentada por Ayers & Westcot (1999). Com respeito à sodicidade ou aos problemas de infiltração e a toxicidade iônica, as diretrizes apresentadas por Ayers & Westcot (1999) são adequadas.

Ponderando os impactos de uma irrigação de longo prazo sobre o rendimento e a qualidade dos produtos agrícolas e do ambiente, especialmente o solo, Ayers & Westcot (1999) classificam a água em: sem restrição ao uso, com restrição leve a moderado e com restrição severa (Tabela 3).

Tabela 3. Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação

Problema Potencial	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Leve a moderado	Severo
Salinidade				
CEa ¹	dS.m ⁻¹	<0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT ²	mg.L ⁻¹	<450	450-2000	>2000
Infiltração (avaliada usando-se CEa e RAS conjuntamente)				
RAS ³ = 0-3 e CEa		>0,7	0,7-0,2	<0,2
= 3-6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
= 6-12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
= 12-20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
= 20-40		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidade de íons específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na)				
Irrigação por superfície	RAS	<3,0	3,0-9,0	>9,0
Irrigação por aspersão	meq.L ⁻¹	<3,0	>3,0	
Cloretos (Cl⁻)				
Irrigação por superfície	meq.L ⁻¹	<4,0	4,0-10,0	>10,0
Irrigação por aspersão	meq.L ⁻¹	<3,0	>3,0	
Boro (B)	mg.L ⁻¹	<0,7	0,7-3,0	>3,0
Outros (afetam culturas sensíveis)				
Nitrogênio (NO ₃ -N) ⁴	mg.L ⁻¹	<5,0	5,0-30	>30
Bicarbonatos (HCO ₃)	meq.L ⁻¹	<2,0	2,0-8,5	>8,5
pH			Faixa normal: 6,50 - 8,40	

1 CEa – condutividade elétrica da água; medida da salinidade, expressa em deciSiemens por metro (dS.m⁻¹) a 25°C ou milimhos por centímetro (mmho.cm⁻¹). Ambas as medidas são equivalentes

2 SDT – total de sais em solução, expresso em miligramas por litro (mg.L⁻¹)

3 RAS – Relação de Adsorção de Sódio

4 Nitrogênio na forma de nitrato expressos em termos de nitrogênio elementar

Fonte: Ayers & Westcot (1999)

2.4 Reúso de águas

Águas que seriam descartadas podem ser, muitas vezes, recuperadas e reusadas para fins benéficos diversos. A qualidade da água utilizada e o objetivo específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, de operação e manutenção. As possibilidades e maneiras de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Segundo Brega Filho & Mancuso (2003), o reúso de água pode ser classificado em duas grandes categorias: reúso potável e reúso não potável. Dentre os tipos básicos de reúso não potável pode-se citar os seguintes: agrícola, industrial, recreacional, doméstico, manutenção de vazões, aquíicultura e recarga de aquíferos subterrâneos.

A reutilização ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo, há muitos anos, porém o que influenciou, de forma tecnicamente correta a utilização controlada de esgotos para fins agrícolas, foram as iniciativas inglesas, buscando a despoluição do rio Tâmis. (PAGANINI, 2003).

Um bom planejamento na prática do reúso permite que haja continuidade das atividades exercidas pelo homem, sobretudo a agricultura, já que tal atividade vem sendo diretamente afetada pela grande escassez de água; além disso, o reúso de águas na agricultura pode proporcionar não só o volume de água exigido pelas plantas, mas, também, os nutrientes de que elas necessitam para se desenvolver e proporcionar economia de água de “qualidade” superior podendo, assim, ser empregada em atividades mais nobres (HESPANHOL, 2003).

As águas de qualidade inferior, tais como esgotos domésticos, águas de drenagem agrícola e águas salobras, podendo ser incluídas, as águas produzidas pela indústria do petróleo devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas de água para os usos menos restritivos. A utilização de tecnologias e metodologias apropriadas para o aproveitamento dessas fontes é, junto com a melhoria da eficiência de uso e controle da demanda, estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

2.4.1 Reúso de efluentes na agricultura

Água residuária é um termo usado para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial, de estabelecimentos públicos, áreas agrícolas, de superfície, de infiltração, pluvial e outros efluentes sanitários (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994; JORDÃO & PESSOA, 1995; BRAGA et al., 2002). Efluentes provenientes de atividades de exploração de petróleo também podem ser considerados águas residuárias, tendo em vista a necessidade de tratamento para seu descarte posterior.

Atualmente, uma das modalidades de pós-tratamento muito utilizada é a aplicação do efluente no solo para suprir as necessidades das plantas, tanto em termos de água quanto de nutrientes (VON SPERLING, 1996); desta forma, é possível economizar, não apenas no tratamento para remoção desses nutrientes como também na fertilização do solo, através de adubação.

Conforme Araújo (1999) e León & Cavallini (1999), o reúso de águas tratadas tem sido praticado mundialmente, sobretudo em regiões áridas ou semi-áridas, como se pode confirmar em países como o México (Vale de Mezquital), Tunísia (Tunis), Arábia Saudita (Riyadh e Dirab), Estados Unidos (Califórnia), Chile (Santiago) e em Israel. Os principais cultivos irrigados com águas residuárias nesses países, são: milho, alfafa, aveia, cevada, feijão, trigo, pimenta, tomate, cítricos, algodão, eucalipto, árvores e sementes de vegetais, gramas, árvores natalinas e forrageiras.

No Brasil, a prática planejada do reúso é pequena e se resume a algumas experiências isoladas em cidades do Rio Grande do Sul, São Paulo e Ceará; por sua vez, o Brasil não possui uma política própria de regulamentação para a prática do reúso, utilizando então, normas recomendadas por órgãos como a WHO, ou as normas para uso recomendadas pelo CONAMA.

Duarte (2002) irrigou pimentão com água residuária tratada e obteve frutos com qualidade satisfatória, porém com concentrações de ovos de helmintos superiores aos recomendados pela WHO (1989). A pesquisadora atribuiu a qualidade dos frutos ao manejo adequado dispensado no momento de colheita e armazenamento do produto. Nascimento (2005), concluiu, em seus experimentos de irrigação com água residuária, que houve influência significativa em todos os componentes da produção da mamoneira, com destaque

para a produção de sementes por planta, que atingiu $630,68 \text{ g.planta}^{-1}$, com incremento médio de 1932%.

A eficiência do uso das águas residuárias na agricultura depende, basicamente, das estratégias adotadas para otimizar a qualidade e a quantidade da produção, tendo em vista uma melhoria da produtividade do solo, do ambiente e da saúde pública, em que uma combinação apropriada dos diferentes componentes permitirá o resultado ótimo para a condição específica de manejo, cujo requisito básico é contar com as informações sobre as características do efluente da área que se pretende utilizar e combinar os tipos de cultura, os métodos de irrigação e as práticas de manejo (LÉON & CAVALLINI, 1999).

O principal critério para se selecionar o método de irrigação é a eficiência do uso de água, mas quando se usam águas residuárias existem outros fatores que devem ser levados em consideração, como, por exemplo, o risco de toxicidade por absorção foliar e o risco de entupimento de gotejadores.

Para a utilização de águas residuárias, é conveniente um sistema de tratamento com alta capacidade de remoção de matéria orgânica e nutrientes, elementos esses que se deseja aproveitar como fertilizantes. A irrigação localizada é reconhecidamente o método que gera o menor risco de contaminação, protegendo de forma adequada a saúde dos consumidores e dos agricultores. Este método de irrigação permite economia considerável de água, mas tem custo de implantação elevado além de exigir uma baixa concentração de sólidos, para evitar a obstrução dos gotejadores (LÉON & CAVALLINI, 1999).

2.5 Água conata e água produzida

2.5.1 Conceito

Em formações subsuperficiais as rochas são, em geral, naturalmente permeadas com líquidos, tais como água, óleo, gás ou com alguma combinação desses componentes. Acredita-se que as rochas reservatório de óleo eram, na sua maioria, completamente saturadas com água antes da invasão e aprisionamento do petróleo (AMYX et al., 1960). Os hidrocarbonetos mais densos migraram para este aprisionamento, deslocando água de formação e formando os reservatórios de hidrocarbonetos; desta maneira, as rochas do reservatório contêm, normalmente, hidrocarbonetos do petróleo (líquido e gás) e água. As fontes dessa água podem fluir de cima ou de baixo da zona do hidrocarboneto, de dentro da

zona do hidrocarboneto ou dos líquidos e dos aditivos injetados, resultado das atividades da produção; esta água é frequentemente referida como "água conata" ou "água de formação", transformando-se em água produzida quando o reservatório está produzindo e esses líquidos são trazidos à superfície, junto com óleo ou gás natural (VEIL et al., 2004). Segundo Silva (1999), a origem básica da água produzida juntamente com o petróleo está relacionada às condições ambientais existentes durante a gênese deste óleo. Um ambiente geológico marinho ou lacustre, em que tenha havido intensa deposição de matéria orgânica, associada a posterior soterramento e condições físico-químicas apropriadas, tende a reunir os condicionantes necessários para o aparecimento do petróleo nas rochas matrizes, já que o petróleo gerado migra para rochas permeáveis adjacentes que, trapeadas estruturalmente por rochas impermeáveis, resultam em acumulações nas rochas reservatório. Durante milhares de anos o petróleo se concentra, segregando-se da água, mas mantendo, muitas vezes, contato com a água conata. E se considera água produzida como sendo o efluente resultante dos processos de separação existentes nas estações coletoras e de tratamento na produção de petróleo.

O crescente volume resultante constitui-se em um perigo potencial para o meio ambiente e os riscos ambientais associados à água produzida podem variar em função da composição da água, das características do local em que ela ocorre e da sua disposição final (SILVA, 1999).

Quando os hidrocarbonetos são produzidos, também são trazidos à superfície como uma mistura fluida produzida. A composição deste líquido produzido depende se o óleo cru ou o gás natural também estão sendo produzidos e inclui, geralmente, uma mistura de hidrocarbonetos líquidos ou gasosos, água produzida, sólidos dissolvidos ou em suspensão e sólidos produzidos, tais como areia ou silte, e líquidos e os aditivos injetados que podem ter sido colocados na formação em consequência das atividades da exploração e da produção (VEIL et al., 2004).

2.5.2 Características da água produzida

Água produzida não é um produto único; suas propriedades físicas e químicas variam consideravelmente, dependendo da posição geográfica do campo, do tipo de produto de hidrocarboneto que está sendo gerado e da formação geológica, cujo contato foi mantido com a água produzida através de milhares de anos. As propriedades e o volume produzidos da água também podem variar durante toda vida de um reservatório (BREIT et al., 1998); esta água produzida da rocha reservatório é identificada pela sua salinidade e composição desses

sais, normalmente de metais alcalinos (Na e K), alcalinos terrosos (Mg, Ca, Sr e Ba) e de ânions (SO₄, Cl, HCO₃ e CO₃).

All (2003) sintetiza as exigências de qualidade da água de irrigação anotando a salinidade (afeta a cultura), sodicidade (afeta o solo) e toxicidade (afeta a cultura) como as três características mais críticas. A salinidade é expressa através da condutividade elétrica nas unidades de mmhos.cm⁻¹ ou, mais atualmente, em micro Siemens por centímetro (µS.cm⁻¹). As culturas têm a susceptibilidade variada à salinidade; quando a salinidade ultrapassa determinado nível, chamado salinidade limiar, os rendimentos da cultura diminuem.

Através da Tabela 4 apresentam-se características relativas à salinidade, objeto deste estudo, em quatro análises da água produzida *on shore* pela Petrobras nos campos de Estreito, Canto do Amaro e Guamaré, no Rio Grande do Norte.

Tabela 4. Características relativas à salinidade das águas produzidas *on shore* no Rio Grande do Norte*

Característica	Unidade	1	2	3	4	Média
Na	mg.L ⁻¹	361	346	358	390	363,8
K	mg.L ⁻¹	21	31	29,3	24	26,3
Ca	mg.L ⁻¹	101	70	61,5	40,8	68,3
Mg	mg.L ⁻¹	21	34	29,4	15,5	25,0
CO ₃	mg.L ⁻¹	0	0	0	0	0,0
HCO ₃	mg.L ⁻¹	550	532,6	527,9	514,7	531,3
SO ₄	mg.L ⁻¹	395,3	265	305	340	326,3
Cl	mg.L ⁻¹	521,3	251,6	259,5	379,5	353,0
TDS	mg.L ⁻¹	1731	1348	1199	1542	1455,0
Salinidade (NaCl)	mg.L ⁻¹	859,1	414,6	427,7	625,5	581,7
CEa (@ 25°C)	dS.m ⁻¹	2,74				

* - Análise realizada nos Laboratórios da Petrobras

2.6 Efeito dos sais nas plantas

Embora não se disponha de dados exatos sobre a extensão desses problemas no mundo, segundo Ayers & Westcot (1999), estimativas da FAO mostram que aproximadamente metade da área irrigada apresenta problemas sérios, provenientes da presença de sais no solo.

A salinidade exerce uma variedade de efeitos sobre o desenvolvimento de plantas e a qualidade da produção, dependendo de fatores tais como, natureza e quantidade de sais solúveis, espécie, cultivar e sua tolerância à salinidade, estágio de desenvolvimento fenológico, condições atmosféricas, em função de seus efeitos na taxa de evapotranspiração, além do manejo de irrigação (IGVALSON et al., 1976; KORKOR & HILLAL, 1976).

Dentre os principais problemas causados pelo acúmulo de sais no solo, a diminuição da disponibilidade de água para as plantas, o encharcamento do solo e o desequilíbrio na absorção de nutrientes essenciais, ou mesmo por toxidez similar àquela decorrente de adubações excessivas, são os que mais se destacam. Em geral, as plantas apresentam comportamento diferente diante desses problemas; nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, visto que umas produzem satisfatoriamente em condições de salinidade elevada e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos (AYERS & WESTCOT, 1999; GREENWAY & MUNNS, 1980; LIMA, 1997). Tais comportamentos dependem do tipo de sais solúveis, conteúdo de sódio trocável e presença de íons tóxicos, sendo que esta diferença deve à melhor capacidade de adaptação osmótica das plantas, resultando em absorção, mesmo em condições de salinidade, de quantidade suficiente de água (AYERS & WESTCOT, 1999).

O efeito principal da salinidade é de natureza osmótica, podendo afetar diretamente o rendimento das culturas. A sodicidade refere-se ao efeito relativo do sódio da água de irrigação, tendendo a elevar a percentagem de sódio trocável no solo (PST) com danos em todas as propriedades físico-químicas, provocando problemas de infiltração; em alguns casos, o efeito iônico pode se manifestar na forma de desequilíbrio nutricional (HOLANDA & AMORIM, 1997). Segundo Lima (1997), os efeitos dos sais sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água salina, pela interferência dos sais nos processos fisiológicos ou mesmo por toxidez; entretanto, os sais também podem influenciar positivamente o crescimento de algumas plantas e sua composição, promover o crescimento de plantas halófitas e, ainda, aumentar o rendimento ou qualidade de alguns cultivos. A salinidade moderada pode, por exemplo, aumentar os rendimentos de algodão (PASTERNAK et al., 1979), elevar a concentração total de sólidos solúveis em tomates (RUSH & EPSTEIN, 1981) e melões (DUTRA et al., 2000), além de aumentar a tolerância dos citros a geadas (SYLVERSTSEN & YELENOSKY, 1988).

2.6.1 Efeito osmótico

A água e os nutrientes nela dissolvidos são absorvidos do solo pelas plantas, principalmente através dos pêlos absorventes da raiz e, de certo modo, pelo processo físico de osmose; assim, a água pode mover-se do solo para dentro da raiz enquanto o potencial osmótico nas células dos pêlos absorventes for menor que aquele do solo (FOLLET et al., 1981).

Conforme Ayers & Westcot (1999), as plantas extraem a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são maiores que a força de retenção da água exercida pelo solo. A medida que diminui a umidade do solo, as forças que retêm a água restante se tornam maiores até se tornarem superiores às forças de extração, quando inicia-se o estado de escassez na planta.

Segundo Menguel & Kirkby (1987), quanto mais aumenta a concentração salina da solução do solo mais diminui o seu potencial osmótico até determinado ponto em que as células das raízes das plantas, não tendo a força de sucção suficiente para vencer o elevado potencial osmótico da solução ambiente, não podem mais absorver água do solo e, então, morrem, a menos que sejam capazes de se ajustar osmoticamente através da acumulação de solutos (sais) inorgânicos ou fotossintetizados.

Para Rhoades et al. (2000), o excesso de sais na zona radicular das plantas exerce, em geral, efeitos nocivos ao crescimento. A hipótese que melhor explica este fato é que a salinidade excessiva reduz o crescimento em virtude do aumento da energia que é gasta pelas plantas na absorção de água do solo e no ajustamento osmótico celular para sobreviver e produzir em condições de estresse.

Quando a extração de água pelas raízes é reduzida, as plantas diminuem o seu crescimento, chegando até a apresentar sintomas semelhantes aos provocados por estiagem como, por exemplo, murchamento, coloração verde-azulada escura e folhas com maior espessura (AYERS & WESTCOT, 1999); porém existem plantas tolerantes à salinidade, designadas halófitas, podendo sua tolerância atingir até cerca de 15g.L^{-1} de cloreto de sódio, equivalente à metade da concentração da água do mar; essas plantas absorvem, por exemplo, o cloreto e o sódio em altas taxas, os quais se acumulam nas folhas para estabelecer um equilíbrio osmótico com o baixo potencial da água presente no solo (LAUCHLI & EPSTEIN, 1984).

2.6.2 Efeito direto ou de toxicidade de sais

Segundo Smedema & Ricroft (1988), enquanto os problemas osmóticos são causados pela alta concentração de íons na solução do solo, a causa da toxicidade, ao que se supõe, é devido a uma concentração elevada de um cátion ou um ânion específico ou, ainda, a composição salina desfavorável. Ayers & Westcot (1999) indicam que esses efeitos tóxicos acontecem quando a planta absorve, com a água, certos sais ou íons que, em excesso, podem ser acumulados em níveis prejudiciais nas folhas durante a transpiração e, freqüentemente, acompanham ou complicam os problemas de salinidade e/ou de permeabilidade, podendo aparecer mesmo quando a salinidade é baixa.

A toxicidade é provocada, normalmente, pelos íons cloreto, sódio e boro; entretanto, muitos outros oligoelementos são tóxicos para as plantas, mesmo em pequenas concentrações. Segundo Lima (1997), esses efeitos acontecem quando as plantas absorvem expressivas quantidades de sais do solo juntamente com a água, permitindo que haja toxidez; este excesso pode promover desbalanceamento e danos ao citoplasma resultando em danos sobretudo na bordadura e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde por transpiração, quase que tão somente água, havendo um acúmulo maior de sais, translocados do solo para a planta, e intensa toxidez de sais nestas regiões.

Em geral, os danos nas culturas sensíveis ocorrem em concentrações iônicas relativamente baixas e se manifestam como queimaduras nas bordas das folhas e/ou clorose internervural. Caso a acumulação de íons seja suficientemente elevada, ocorrerá, como consequência, uma redução significativa nos rendimentos das culturas. As culturas anuais são mais tolerantes e, por conseguinte, não são afetadas por concentrações baixas desses elementos; por outro lado, todas as culturas sofrerão danos e chegarão a morrer se as concentrações forem suficientemente altas (AYERS & WESTCOT, 1999).

É recomendável, portanto, manter baixos os níveis de salinidade no solo durante o plantio; é oportuno, também, lembrar que os dados gerados pelas pesquisas e publicados na literatura foram obtidos, em sua maioria, de parcelas de irrigação por inundação ou gotejamento, razão pela qual é preciso considerar que outros métodos, como aspersão, por exemplo, podem ocasionar danos maiores uma vez que as folhas também absorvem os sais, reduzindo a produtividade ou mesmo apresentando aspectos negativos para o mercado; por exemplo, a uva se torna esbranquiçada por precipitados químicos oriundos da evaporação da água aspergida sobre as plantas (LIMA, 1997). Para Maas (1984), a absorção foliar da água de irrigação acelera a velocidade de acumulação dos íons tóxicos da planta sendo, muitas vezes, a principal fonte de toxicidade.

2.6.3 Efeito indireto ou de natureza nutricional

Em determinadas condições de salinidade a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas, no entanto concentrações de íons diversos podem provocar interferências indiretas capazes de se constituir num obstáculo à absorção adequada de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico (CRUCIANI, 1987).

Algumas diferenças em relação ao crescimento das plantas quando se compara um sal com outro, indicam que, além do efeito osmótico, ocorre efeito específico de íon, como reportado por Ryan et al. (1975) que, estudando o efeito de diferentes sais (NaCl, CaCl₂, MgCl₂, Na₂SO₄, CaSO₄.2H₂O e MgSO₄.7H₂O) em várias concentrações (50, 100, 150 e 200 meq.L⁻¹) na germinação de quatro espécies de gramíneas, verificaram influência ocasionada tanto pela concentração de sais quanto pela natureza dos íons da solução salina.

De acordo com LaHaye & Epstein (1969) e Kent & Lauchli (1985), a suplementação de Ca ao meio ameniza a redução do crescimento em condições de estresse salino, sugerindo um provável aumento da permeabilidade da membrana plasmática devido ao deslocamento do Ca⁺⁺ pelo Na⁺. Kinraide (1999) cita que a concentração de Na nos tecidos das plantas é reduzida em presença de concentrações consideráveis de Ca⁺⁺ e K⁺ no meio externo e relata ainda que, apesar do efeito osmótico, altos níveis de Na⁺ nos tecidos são tóxicos apenas quando existe deficiência de Ca⁺⁺. Segundo Medeiros & Gheyi (1994), o excesso de um íon poderá provocar deficiência de outro, em razão de sua precipitação ou inibição na absorção (por exemplo, o excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato pode precipitar o cálcio), afetando o crescimento da planta pela falta do elemento precipitado e não pelo excesso do íon; outra observação é que, para algumas culturas anuais, a toxicidade do íon sódio se manifesta muito mais por efeito da deficiência do cálcio, resultado de complexas interações entre esses íons (AYERS & WESCOT, 1999).

Como outro exemplo de efeito indireto cita-se o efeito do sódio trocável no solo, que provoca condições físicas desfavoráveis para o crescimento das plantas, sobretudo para o sistema radicular; no entanto, riscos de toxicidade às plantas apresentados por alguns íons, quando em elevadas concentrações, não determinam a necessidade de sua completa remoção do solo ou das águas de irrigação; como exemplo, segundo Richards (1954) e Daker (1976), o sódio, apesar de não ser essencial às plantas, quando em concentrações adequadas, pode favorecer o cultivo de algumas hortaliças, especialmente beterraba, aipo, acelga e nabo.

De modo geral, as plantas requerem certos elementos minerais para seu crescimento normal e os retira do solo, principalmente, na forma de sais solúveis, porém, concentrações de sais excessivas são prejudiciais; razão por que, o grau em que esses íons se encontram em excesso na solução do solo (sais solúveis) ou no complexo sortido do solo (cátions trocáveis), representa uma medida do problema de salinidade (REEVE & FIREMAN, 1967; BERNSTEIN, 1964).

2.7 Tolerância das plantas à salinidade

As culturas não respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos satisfatórios em níveis altos de salinidade e outras são sensíveis em níveis relativamente baixos. A tolerância à salinidade de algumas culturas pode alcançar valores entre 8 e 10 vezes a tolerância de outras menos tolerantes; em geral, esta diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas possuem; assim, esta característica permite a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo em baixos níveis. A amplitude dessa tolerância relativa enseja a utilização de águas de salinidade moderada e, portanto, aumenta a faixa das águas salinas consideradas adequadas à irrigação (AYERS & WESTCOT, 1999).

Segundo Richards (1954), a tolerância das culturas à salinidade poderá ser avaliada segundo critérios como a capacidade para sobreviver em solos salinos, o rendimento obtido em solos salinos e o rendimento da cultura relativo em solos salinos comparados com os obtidos em solos não salinos sob condições de manejo semelhantes, sendo este último utilizado para classificar as culturas quanto a sua tolerância relativa à salinidade (MAAS, 1984) (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação da tolerância relativa das culturas à salinidade

Grupo de tolerância relativa	Salinidade Limiar – SL (dS m ⁻¹)
Sensíveis	<1,3
Moderadamente sensíveis	1,3-3,0
Moderadamente tolerantes	3,0-6,0
Tolerantes	6,0-10,0
Não adequa a maioria das culturas	>10,0

Fonte: Ayers & Westcot (1999)

É imprescindível reconhecer que tais dados de tolerância aos sais não podem fornecer com precisão as perdas de produtividades quantitativas, em função da salinidade, para todas as situações, uma vez que a resposta das plantas à salinidade varia em função de outros fatores, como condições de crescimento, de clima e de solo, manejo agrônomico e de irrigação, variedade da cultura, estágio de crescimento etc. Embora os valores não sejam exatos, uma vez que incorporam interações entre salinidade e outros fatores, os mesmos podem ser usados para previsões de como uma cultura poderia se comportar em relação a outras sob condições salinas. Brady & Buckman (1983) citam que a capacidade dos vegetais superiores em se desenvolverem satisfatoriamente em solos salinos, depende de vários fatores interligados, com destaque para a constituição fisiológica da planta e, também, o seu estágio de crescimento.

É comum ocorrer adaptações morfológicas nas plantas sob condições de estresse hídrico e salino, como forma de reduzir a transferência de água por transpiração; dentre essas adaptações se destaca a redução do tamanho e do número de folhas (MAAS & NIEMAN, 1978; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1989).

Em resultados de pesquisas sobre tolerâncias à salinidade no solo, Ayers & Westcot (1999) observaram uma redução de 50% na germinação nas culturas cevada, algodoeiro, beterraba açucareira, sorgo, cártamo, trigo, beterraba, alfafa, tomateiro, arroz, repolho, melão, milho, alface, cebola e feijão, respectivamente, para os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) iguais à 16 a 24; 15,5; 6 a 12,5; 13; 12,3; 14 a 16; 13,8; 8 a 13,4; 7,6; 18; 13; 10,4; 21 a 24; 11,4; 5,6 a 7,5 e 8 dS m⁻¹. Neste mesmo trabalho os autores acrescentaram que a salinidade na camada superficial do solo superior a 4 dS m⁻¹ inibe e retarda a germinação de sementes e o crescimento inicial das plantas.

Pomier & Brunin (1974), estudando o efeito da irrigação sobre a produção de um coqueiral plantado em areia grossa, cuja salinidade era metade daquela da água do mar, concluíram que tal procedimento não fora prejudicial ao coqueiro cultivado naquele tipo de solo tendo, ao contrário, contribuído significativamente para o aumento da produção.

No caso do cajueiro anão-precoce, Carneiro (2001), estudando o efeito da condutividade elétrica da água (CEa) variando de 0,7 a 2,8 dS m⁻¹, relata que a fitomassa da parte aérea aos 50 dias após a semeadura, decresceu 5,35% por aumento unitário da CEa. Gurgel (2003), estudando o efeito da salinidade na acerola, também constatou que a fitomassa da parte aérea foi afetada significativamente, em nível de 1% de probabilidade, com decréscimo linear de 13,15% por aumento unitário da CEa.

Em relação à cultura da mamona, são poucos os dados na literatura que avaliaram a resposta desta cultura à salinidade. Segundo Cavalcanti (2003) a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de emergência não foram afetados pela irrigação com águas com níveis de salinidade variando entre 0,7 e 4,7 dS.m⁻¹ em diferentes proporções de NaCl e CaCl₂; entretanto, Silva (2004) observou efeito negativo da salinidade na germinação, crescimento, produção e consumo hídrico da mamoneira irrigada com águas com níveis de salinidade variando entre 0,7 e 8,7 dS.m⁻¹. Conforme Richards (1954), a mamona apresenta redução de 50% na produção quando cultivada em solo com CEes de 6,0 a 10,0 dS.m⁻¹, dependendo da variedade. Ayers & Westcot (1999) classificaram a mamona como moderadamente sensível à salinidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Período de condução e localização do experimento

O estudo foi desenvolvido no período de 23 de março a 21 de agosto de 2005, em casa de vegetação coberta com telhas transparentes, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande, PB, localizada pelas coordenadas geográficas 7° 15' 18'' S e 35° 52' 28'' W e altitude de 550 m.

3.2 Cultivar de mamona

A cultivar utilizada no estudo foi a BRS Nordestina, desenvolvida pela Embrapa, que apresenta altura média de 1,90m, caule de coloração verde, com cera, racemo cônico, frutos semi-deiscentes e sementes de coloração preta. Como características médias apresentadas pela cultivar em condições semi-áridas do Nordeste e em anos normais quanto à precipitação pluvial, cita-se o período de 50 dias entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo, massa de 68 g para 100 sementes, teor médio de 48,90% de óleo na semente e produtividade de 1.500 kg de grãos por hectare e ciclo de 250 dias entre a emergência da plântula à última colheita (EMBRAPA, 1998).

3.3 Tratamentos e delineamento estatístico

Utilizou-se do delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições, em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco níveis de salinidade das águas de irrigação aplicadas a substratos sem e com adição de polpa de mamona, totalizando 10 tratamentos e 30 parcelas. A unidade experimental foi formada por um vaso com uma planta, após o desbaste.

A distribuição dos tratamentos por blocos é apresentada na Figura 2.

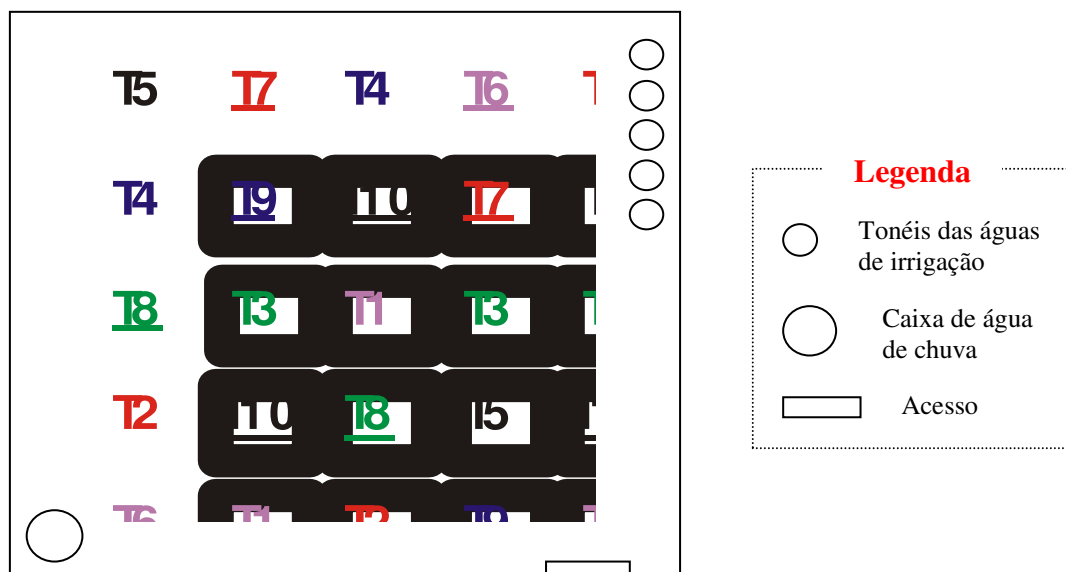


Figura 2. Croqui da distribuição das parcelas em ambiente protegido

onde:

T1	Água 1 + Substrato 1;	T6	Água 1 + Substrato 2;
T2	Água 2 + Substrato 1;	T7	Água 2 + Substrato 2;
T3	Água 3 + Substrato 1;	T8	Água 3 + Substrato 2;
T4	Água 4 + Substrato 1;	T9	Água 4 + Substrato 2;
T5	Água 5 + Substrato 1;	T10	Água 5 + Substrato 2.

3.3.1 Água

O fator água foi constituído de 5 águas com diferentes níveis de salinidade.

Buscando-se reproduzir as características inerentes à salinidade encontrada em águas produzidas pela Petrobras no Rio Grande do Norte (Tabela 4), preparado-se uma água (A5) através dos sais NaHCO_3 , Na_2SO_4 , KCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, conforme composição iônica apresentada na Tabela 6.

As demais águas foram preparadas a partir de diluições da água simulada por água de chuva (A1), nas proporções indicadas a seguir.

Água (A)

- (A1) 100% chuva (CE = 0,2);
- (A2) 25% simulada e 75% chuva (CE = 0,8);
- (A3) 50% simulada e 50% chuva (CE = 1,6);
- (A4) 75% simulada e 25% chuva (CE = 2,4);
- (A5) 100% simulada (CE = 3,2).

Tabela 6. Composição iônica da água simulada (A5)

Característica	Valor	Unidade
Na	22,24	meq.L ⁻¹
Ca	5,45	meq.L ⁻¹
Mg	3,33	meq.L ⁻¹
K	0,98	meq.L ⁻¹
CO ₃	-	meq.L ⁻¹
HCO ₃	9,50	meq.L ⁻¹
SO ₄	7,03	meq.L ⁻¹
Cl	15,46	meq.L ⁻¹
CE	3,2	dS.m ⁻¹ (25°C)
pH	8,2	

3.3.2 Substrato

O fator substrato foi composto pela aplicação de 100 g/vaso de “polpa de mamona” (endosperma e embrião da semente triturados, obtidos no processo de produção de biodiesel da Petrobras) em metade das parcelas experimentais, sendo incorporados e homogeneizados nos primeiros 25 cm de cada parcela. A composição química da polpa de mamona é apresentada na Tabela 7.

Substrato (S)

- (S1) Sem aplicação de polpa de mamona;
- (S2) Aplicação de 100g de polpa de mamona.

Tabela 7. Composição química da polpa de mamona, em porcentagem*

M.O.	N	Cinza	P	K	Ca	Mg
86,37	9,94	5,74	1,31	0,33	0,73	1,14

* - Análise realizada no Laboratório da Embrapa Algodão

3.4 Instalação e condução

Utilizaram-se vasos plásticos com 65 cm de altura e capacidade volumétrica de 58 litros, perfurados na parte inferior de forma a permitir a coleta da água drenada; no fundo do vaso colocou-se uma camada de areia lavada sobre uma camada de brita, para facilitar a drenagem; cada vaso recebeu 70 kg de um material de solo franco-arenoso, não salino e classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (ANEXO A), proveniente do município de Carnaubais, RN (campo de exploração de petróleo da Petrobras, predefinido para reúso agrícola de água produzida no cultivo da mamona, para fins agro-energéticos), peneirado em malha de 2 mm, cujas características físico-hídricas e químicas são apresentadas na Tabela 8, seguindo-se as metodologias propostas por Richards (1954) e pela Embrapa (1997b).

Tabela 8. Características físico-hídricas e químicas do material de solo de Carnaubais*

Características Físico-hídricas		Valor
Granulometria (g.kg ⁻¹)	Areia	83,0
	Silte	8,0
	Argila	9,0
Classificação textural		Areia Franca
Densidade aparente (g cm ⁻³)		1,52
Densidade real (g cm ⁻³)		2,3
Porosidade Total (%)		33,82
Capacidade de campo (%)		5,59
Ponto de Murcha (%)		2,87
Água disponível (%)		2,72
Características Químicas		
	Cálcio	11,0
	Magnésio	13,0
	Sódio	0,6
Complexo sortivo (mmolc.dm ⁻³)	Potássio	2,1
	Hidrogênio	2,3
	Alumínio	1,5
	Soma de bases (S)	26,7
	Capacidade de troca de cátions (CTC)	30,5
	Saturação de bases (V) %	87,5
	Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	2,38
	Fósforo, mg.dm ⁻³	1,03
	pH em água (1:2,5)	5,6
	pH do extrato de saturação	5,53
	Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS m ⁻¹)	0,17
	Classificação em relação à salinidade	Não salino
	RAS (mmol.L ⁻¹)0,5	0,85

* - Análise realizada no Laboratório da Embrapa Algodão

O material de solo recebeu adubação de fundação de fósforo na camada 0-25 cm, na dose de 0,3 g.kg⁻¹, através da aplicação de 133,6 g/vaso de superfosfato simples, segundo

recomendações de Novais et al. (1991) para o desenvolvimento de ensaios em ambiente controlado.

Obteve-se, em pré-teste de germinação, um percentual de 95% de sementes de mamona, em condições semelhantes às do experimento, indicando que não haveria necessidade da utilização de mais de cinco sementes por vaso no plantio para o estudo e garantir a manutenção de uma planta saudável por vaso caso haja alguma mistura de genótipos.

Após a realização do teste germinativo e o preparo do material de solo nos recipientes, previamente irrigados até atingir a capacidade de campo (CC), com as respectivas águas de cada tratamento, foi efetuada a semeadura de cinco sementes por vaso, em forma de “x”, à profundidade de 4,0 cm.

As irrigações subseqüentes foram realizadas de acordo com a necessidade das plantas sempre com as respectivas águas de cada tratamento, sendo o volume de irrigação calculado em função da demanda evapotranspiratória, acrescida de uma lâmina de cerca de 15% (fração de lixiviação “FL”); este volume foi recalculado a cada três irrigações pela diferença entre o volume de água aplicado e o volume de água drenado. A equação a seguir descreve o cálculo do volume de água utilizado na irrigação:

$$VI = \frac{(VA - VD)}{(1 - FL)}$$

onde:

VI – Volume de água a ser aplicada na irrigação (mL)

VA – Volume de água aplicado nas irrigações anteriores

VD – Volume de água drenado

FL – Fração de lixiviação (0,15)

As drenagens e as coletas de amostras das águas drenadas foram feitas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 e 135 dias após a semeadura (DAS). O sistema de coleta de drenagem foi individual, sendo acoplado um recipiente coletor com capacidade para 2,3 L à base de cada vaso. Conhecendo-se o volume de água aplicado e drenado por vaso e sua composição iônica, fez-se o balanço de sais e de água no solo.

Após a germinação, quando as plantas atingiram de 12 a 15 cm, por volta dos trinta dias após a semeadura (30 DAS), realizou-se o desbaste, mantendo-se apenas uma planta vigorosa por vaso.

As adubações potássicas e nitrogenadas de cobertura foram realizadas simultaneamente, através de 5 aplicações em intervalos de 15 dias, sempre após cada drenagem, aplicando-se

150 mg de K/kg e 100 mg de N/kg de material do solo, diluídos nas respectivas águas de irrigação, com base nas recomendações de Novais et al, (1991). Considerando-se 70 kg de solo, foram aplicados 10,5 g de K/vaso, equivalente a 20,02 g de cloreto de potássio/vaso e 7,0 g de N/vaso, que equivalem a 15,56 g de uréia/vaso por ciclo, distribuídos em quatro aplicações ao longo do ciclo da cultura, mas durante o experimento se observou a necessidade de uma quinta aplicação, repetindo-se valores de potássio e nitrogênio aplicados na quarta quinzena (Tabela 9).

Tabela 9. Detalhes das adubações potássicas e nitrogenadas

Quinzenas	Aplicações	
	Potássio	Nitrogênio
1 ^a	1,43 g de KCl	1,11 g de Uréia
2 ^a	4,29 g de KCl	3,33 g de Uréia
3 ^a	6,44 g de KCl	5,00 g de Uréia
4 ^a	7,86 g de KCl	6,10 g de Uréia
5 ^a	7,86 g de KCl	6,10 g de Uréia

Também foram realizadas adubações foliares semanais, com solução de zinco e cobre diluídos em água destilada aplicada durante a fase vegetativa, na tentativa de redução de deformações foliares apresentadas pela cultivar.

3.5 Variáveis analisadas

3.5.1 Porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência

A avaliação da germinação, foi realizada diariamente, mediante contagem do número de sementes germinadas até 20 DAS, tomando-se como critério a emergência da folha cotiledonar da superfície do solo; determinou-se o número de sementes germinadas em relação ao número de sementes plantadas (porcentagem de germinação - PG) e o índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes, utilizando-se da metodologia contida em Vieira & Carvalho (1994).

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \dots + \frac{En}{Nn}$$

onde:

IVE – índice de velocidade de emergência (Emergência/dia);

E1, E2,..., En – número de plântulas emergidas nas primeira, segunda, ..., ultima contagens;

N1, N2,..., Nn – número de dias após semeadura nas primeira, segunda, ..., ultima contagens.

3.5.2 Altura da planta e diâmetro do caule

A altura da planta (AP), do colo à gema apical, e o diâmetro do caule (DC), na região do colo das plantas, foram mensurados aos 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 DAS.

3.5.3 Área foliar

Para o cálculo da área foliar (AF) foi utilizado o método desenvolvido por Severino et al. (2005a), considerando-se apenas folhas com comprimento mínimo de 5,0 cm, em intervalos de 20 dias até os 140 DAS da cultura, cuja fórmula utilizada se encontra descrita a seguir:

$$AF = 0,2622 \times P^{2,4248}$$

onde:

AF = área foliar (cm²)

P = comprimento da nervura central da folha (cm)

3.5.4 Número de folhas e índice de deformação foliar

O número de folhas (NF) e o índice de deformação foliar (IDF) foram determinados através de dados obtidos aos 40, 60, 80, 100, 120 e 140 DAS, considerando-se folha deformada aquela cujo desenvolvimento anormal gerou lóbulos que não apresentavam o formato tradicional da mamoneira (digitolobado).

$$IDF = \frac{NFD}{NF} \times 100$$

3.5.5 Comprimento de cacho

O comprimento do 1º cacho (CC) das plantas foi medido aos 80, 100, 120 e 140 DAS.

3.5.6 Fitomassas

Ao final do experimento (150 DAS) o material vegetal colhido foi separado, em raízes (PSR), caules (PCl), folhas (PFT) e cachos (PCh), seco em estufa a 60 °C por 72 horas, antes da determinação de suas massas. Obteve-se fitomassa total (FT) através da soma de cada uma dessas partes.

3.5.7 Época e altura da emissão de inflorescências

Consideraram-se as inflorescências que se exteriorizaram, permitindo a observação de suas flores, emissão de inflorescência (EI), e se mediu altura da planta no momento da emissão (AI), levando em conta a distância do colo da planta até a base da inflorescência.

3.5.8 Número dos frutos

Em cada parcela foi determinada a quantidade de fruto produzido (NFr) ao final do experimento (150 DAS).

3.5.9 Balanço hídrico

O balanço hídrico do experimento foi realizado através da medição do volume total de água consumido (VTAC), do volume consumido diariamente (VCD) e da fração de lixiviação (FL). O VTAC foi obtido mediante a diferença entre o volume de água aplicado e o volume drenado durante todo o ciclo da cultura; o VCD pela diferença entre o volume de água aplicado e o drenado, em intervalos de 15 dias, e a FL através da divisão do volume de água drenado pelo aplicado durante o experimento, conforme equações a seguir:

$$VTAC = VA - VD \qquad VCD = \frac{(VAi - VDi)}{N^{\circ} \text{ dias}} \qquad FL = \frac{VD}{VA}$$

onde:

VA – Volume de água aplicado;

VAi – Volume de água aplicado no intervalo

VD – Volume de água drenado;

VDi – Volume de água drenado no intervalo; e

Nº dias – Número de dias entre drenagens.

3.5.10 Análise estatística

Os dados das fases de germinação, crescimento e produção da mamona BRS Nordestina, além da fitomassa e do balanço hídrico, foram submetidos a análise de variância (Teste “F”). A influência das águas de irrigação foi analisada por regressão polinomial (linear e quadrática), por se tratar de um fator quantitativo; enquanto para o substrato, como fator qualitativo, o teste “F” permitiu a análise dos efeitos da presença ou ausência da incorporação da polpa de mamona como adubo orgânico (Ferreira, 2000).

3.5.11 Balanço de íons

Para avaliação do balanço de íons do sistema solo-água-planta, determinaram-se os teores de sódio, potássio, cálcio e magnésio na água de irrigação, na polpa de mamona, na água de drenagem e nas diferentes partes da planta (cacho, caule, folha e raiz) e se observaram o pH da pasta de saturação e a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo ao final do experimento, nas parcelas 1 a 10.

Coletou-se, em cada parcela, uma amostra composta do solo, em várias profundidades e direções. Em relação ao tecido vegetal da mamoneira e à polpa de mamona, os materiais foram submetidos a secagem durante 72 horas, em estufa à temperatura de 60°C com circulação forçada de ar, após a coleta do solo aos 150 DAS.

As amostras de água de irrigação e drenagem foram analisadas nos Laboratórios do CENPES-Petrobras, enquanto as de tecido vegetal e de solo foram analisadas nos Laboratórios da Embrapa-CNPA.

Desta forma, para se avaliar a movimentação dos íons no sistema solo-água-planta, utilizou-se da seguinte equação:

$$\text{Entradas} - \text{Saída} = \Delta \square \text{ Solo}$$

ou

$$\text{Entradas} - (\text{Drenagem} + \text{Planta}) = \Delta \text{ Solo}$$

onde:

Entradas = Íons presentes nas águas de irrigação, adubação e polpa de mamona;

Drenagem = Íons presentes nas águas de drenagem;

Planta = Íons presentes nos cachos, caules, folhas e raízes das plantas;

Δ Solo = Saldo dos íons no solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Germinação

Na Tabela 10 apresenta-se o resumo das análises de variância e médias das variáveis porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamoneira.

Tabela 10. Resumo das análises de variância e médias das variáveis porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamoneira

F.V.	GL	Quadrados Médios	
		PG	IVE
Água (A)	4	420,000 *	0,0180 *
Ef. Linear	1	806,7 *	0,033 *
Ef. Quadrático	1	119,0 ns	0,007 ns
Falta de ajuste	2	377,1 *	0,016 ns
Substrato (S)	1	5333,33 **	0,05341 **
A x S	4	300,000 ns	0,0059 ns
Bloco	2	13,333333 ns	0,00014 ns
Erro	18	117,03704	0,0060
CV		13,75216	21,43960
		Médias	
Água (CE - dS.m ⁻¹)		(%)	(Emerg.dia ⁻¹)
A1 (0,2)		83,33	0,384
A2 (0,8)		86,66	0,422
A3 (1,6)		73,33	0,328
A4 (2,4)		83,33	0,389
A5 (3,2)		66,66	0,285
Substrato			
Sem polpa		92 a	0,404 a
Com polpa		65,33 b	0,319 b

(*) Significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade e não significativo (ns).

Para o fator substrato, as médias das variáveis seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste "F".

A porcentagem de germinação e o índice de velocidade de emergência sofreram influência linear significativa devido ao aumento da salinidade da água a 5%, cujos decréscimos por incremento unitário da condutividade elétrica da água (CEa) foram de 5,72 e 7,71%, respectivamente; entretanto, é importante observar os baixos valores dos coeficientes de regressão obtido. A Figura 3 apresenta as equações de regressão da PG e IVE.

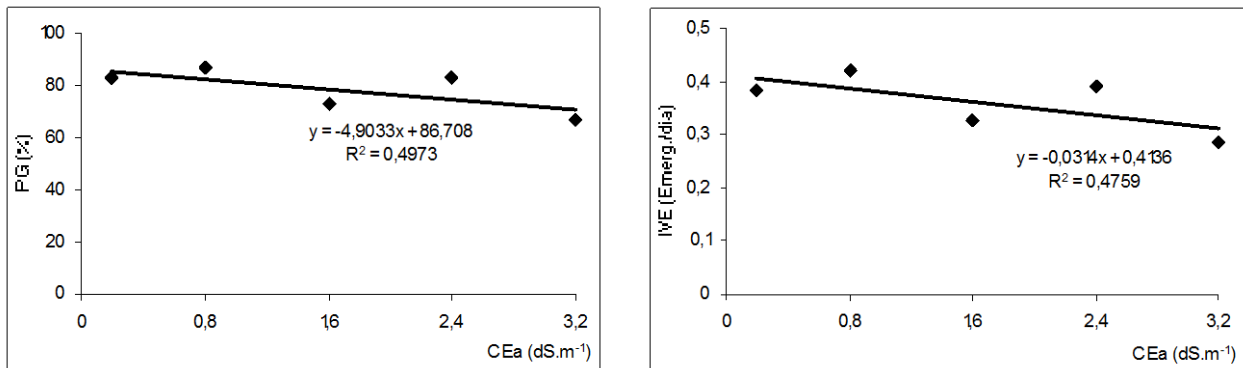


Figura 3. Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação da mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 20 DAS

Esses efeitos significativos observados em IVE pelo fator água (A) são similares aos encontrados em PG, mostrando reduções associadas ao aumento da salinidade, em ambas as variáveis. Segundo Rhoades & Loveday (1990), a influência significativa da salinidade da água de irrigação, seja na PG ou no IVE, está relacionada com a redução do potencial osmótico da solução do solo, causada pelo aumento da concentração de sais solúveis, que resulta em uma diminuição da absorção de água pela semente e, conseqüentemente, contribui para um decréscimo na porcentagem de germinação e atraso nos dias para germinar. Os sais presentes na água reduzem o potencial osmótico da solução do solo, proporcionando o retardamento do tempo de embebição das sementes e, por conseqüência, da emergência das plântulas (PRISCO, 1980).

Resultados semelhantes foram observados por Silva (2004), na cultivar de mamona BRS Paraguaçu irrigada com águas salinas, reforçando ainda mais os efeitos da salinidade nesta fase. Outros autores também têm constatado redução da velocidade de emergência em outras espécies, devido à diminuição do potencial osmótico, como no caso de melão, estudado por Oliveira et al. (1998); em feijão, por Magalhães & Carrelli (1972); em forrageiras, por Sharma (1976) e em algodão, por Pereira (1997).

A incorporação no solo da polpa de mamona influenciou significativamente ($p < 0,01$), as variáveis PG e IVE, sendo os valores no tratamento sem adição de polpa no substrato iguais a 40,8 e 26,6%, respectivamente, maiores que naqueles com polpa (Figura 4).

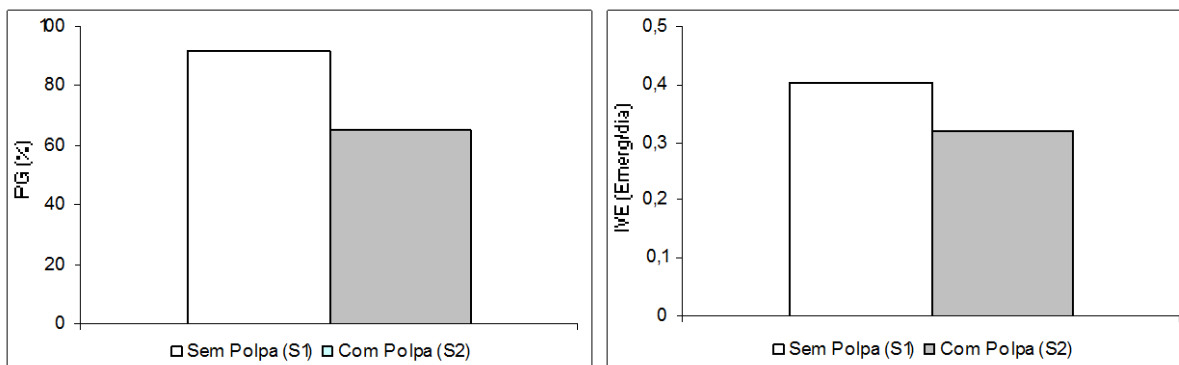


Figura 4. Porcentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de emergência (IVE) da mamona em função do substrato

Como a polpa de mamona incorporada ao solo possui baixa relação C/N (Tabela 7) e o material de solo utilizado no experimento é classificado, granulometricamente, como Areia Franca (Tabela 8), os efeitos negativos da adição de polpa de mamona observados nas variáveis de germinação foram ocasionados, possivelmente, pela liberação de calor e perda de N, em forma amoniacal, durante o processo de mineralização da matéria orgânica que, em contato com a umidade do solo, libera amônia (NH_3), forma hidróxido de amônio (NH_4OH), de caráter alcalino, danoso às plantas. Segundo Peres (2002), no cultivo de hortaliças e de culturas perenes o emprego de matéria orgânica é relativamente comum mas só deve ser fornecida às plantas após sua completa mineralização (decomposição), pois durante este processo dá-se liberação de calor e NH_3 tóxico que podem prejudicar as plantas. Severino et al. (2005b) concluíram, em seu trabalho, que o solo que recebeu adição de torta de mamona (baixa relação C/N) apresentou atividade microbiana muito maior que o solo que recebeu esterco bovino ou bagaço de cana (elevada relação C/N).

Gupta (2004), avaliando efeitos do tempo de incorporação da torta de mamona não decomposta, como adubo orgânico, observou que os efeitos adversos da aplicação da polpa de mamona 20 dias antes da semeadura foram completamente mitigados, apresentando um aumento de matéria seca do trigo nas parcelas submetidas à adição de torta de mamona.

Para as variáveis PG e IVE, os efeitos da interação (A x S) e dos blocos não foram significativos (Tabela 10), indicando que não houve diferença entre os efeitos da água de irrigação entre os substratos nem dos substratos nas diferentes águas.

4.2 Crescimento

O resumo das análises de variância e os valores médios das variáveis de crescimento estão apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

Segundo Ayers e Westcot (1999), o aumento da pressão osmótica do solo atua de forma negativa sobre os processos fisiológicos, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular, promovendo, como consequência, redução no crescimento e atraso no desenvolvimento da cultura.

Observa-se que, possivelmente, a ação dos microrganismos na decomposição da polpa de mamona, assim como ocorreu na germinação, continuou influenciando as variáveis de crescimento, no diâmetro de caule e área foliar até os 40 DAS (Figura 9) e na altura da planta até os 80 DAS (Figura 6). Findado o processo de decomposição, ocorre grande redução na liberação de amônia e calor e as parcelas submetidas a adição da polpa passam, aparentemente, a ser beneficiadas pela melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, como a constante disponibilização de nutrientes ao longo do experimento e aumento da capacidade de troca catiônica e de retenção hídrica, que permitiram uma recuperação do crescimento e normalização do desenvolvimento dessas plantas, uma vez que não se observaram mais efeitos significativos do substrato, nessas variáveis. Os gráficos das variáveis de crescimento facilitam a visualização deste efeito negativo e da possível recuperação.

Constata-se, então, que a interação A x S não foi significativa para as variáveis de crescimento (Tabela 11), indicando que não houve diferença entre os efeitos da água de irrigação entre os substratos nem dos substratos nas diferentes águas.

Tabela 11. Resumo das análises de variância de altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), número de folhas (NF), índice de deformação foliar (IDF) e comprimento de cacho (CC), dos 20 aos 140 DAS

	FV	GL	Quadrados Médios					CC
			AP	DC	AF	NF	IDF	
20 DAS	Água (A)	4	1,937500 ns	0,422833 ns	20246,7108 ns	-	-	-
	Substrato (S)	1	97,20000 **	5,72033 **	253441,82 **	-	-	-
	A x S	4	8,054166 ns	0,724500 ns	21525,5128 ns	-	-	-
	Bloco	2	7,233333 ns	0,229333 ns	730,7623 ns	-	-	-
	Erro	18	7,22407	0,37340741	15332,6068	-	-	-
	CV (%)		18,7	8,374656	28,35685	-	-	-
40 DAS	Água (A)	4	6,19583 ns	1,341667 ns	4642938,00 **	10,5833 ns	0,0853 **	-
	Ef. Linear	1	-	-	17979271,2 **	-	-	-
	Ef. Quadrático	1	-	-	427210,9 ns	-	Tabela 13	-
	Falta de ajuste	2	-	-	82755,5 ns	-	-	-
	Substrato (S)	1	143,0083 **	11,4083 **	4544999,79 *	3,3333 ns	0,0001 ns	-
	A x S	4	7,27916 ns	0,283333 ns	514308,72 ns	8,0833 ns	0,0099 *	-
	Bloco	2	3,85833 ns	0,225000 ns	103100,23 ns	17,5000 ns	0,0058 ns	-
	Erro	18	11,08981	1,31759259	566179,79	14,1667	0,0031	-
CV (%)		15,50103	7,835252	20,59814	25,0924	23,4687	-	
60 DAS	Água (A)	4	15,38333 ns	3,258333 ns	32395219,0 **	42,8833 ns	0,0276 **	-
	Ef. Linear	1	-	-	120716805,0 **	-	0,0611 **	-
	Ef. Quadrático	1	-	-	2794219,0 ns	-	0,0461 **	-
	Falta de ajuste	2	-	-	3035220,2 ns	-	0,0016 ns	-
	Substrato (S)	1	86,70000 **	0,533333 ns	186519,7 ns	34,1333 ns	0,0003 ns	-
	A x S	4	2,116666 ns	2,158333 ns	6298792,7 ns	52,2167 ns	0,0131 ns	-
	Bloco	2	3,600000 ns	0,858333 ns	3840527,5 ns	27,7000 ns	0,0005 ns	-
	Erro	18	9,26666	1,38611111	2605182,8	19,0704	0,0052	-
CV (%)		9,788167	5,956149	15,40554	20,2174	45,5577	-	
80 DAS	Água (A)	4	97,25000 **	20,2833 **	155941235,8 **	10,217 ns	0,0934 **	-
	Ef. Linear	1	345,6 **	70,4 **	596906967,2 **	-	0,2908 **	-
	Ef. Quadrático	1	1,2 ns	1,4 ns	25751537,5 ns	-	0,0647 ns	-
	Falta de ajuste	2	21,1 ns	4,6 ns	553737,3 ns	-	0,0091 ns	-
	Substrato (S)	1	154,13333 *	5,633333 ns	461081,6 ns	17,633 ns	0,0120 ns	-
	A x S	4	11,21666 ns	5,55000 ns	15708900,6 ns	37,050 ns	0,0229 ns	-
	Bloco	2	10,90000 ns	3,03333 ns	12702311,9 ns	37,900 ns	0,0549 ns	-
	Erro	18	21,12222	2,9962963	18471350	33,567	0,0184	-
CV (%)		10,44521	7,515114	25,75021	25,081	50,4401	-	
100 DAS	Água (A)	4	132,4666 ns	38,5108 **	110110627,4 *	24,283 ns	0,0733 *	369,916 **
	Ef. Linear	1	-	146,6 **	394247119,6 **	-	0,1451 **	976,1 **
	Ef. Quadrático	1	-	2,3 ns	35931362,4 ns	-	0,1474 **	4,8 ns
	Falta de ajuste	2	-	5,1 ns	5131876,5 ns	-	0,0004 ns	249,4 *
	Substrato (S)	1	258,1333 ns	12,033 ns	93733,1 ns	86,700 **	0,0688 ns	572,033 **
	A x S	4	13,80000 ns	13,8275 ns	12320925,2 ns	46,783 **	0,0148 ns	170,783 ns
	Bloco	2	79,23333 ns	5,42500 ns	21664040,2 ns	35,233 ns	0,0067 ns	32,2333 ns
	Erro	18	60,9000	6,079074	27101245	9,974	0,0173	67,27037
CV (%)		13,51705	9,339310	25,80025	16,651	41,5120	104,7045	
120 DAS	Água (A)	4	124,1166 ns	65,5500 **	75252897,0 *	51,033 **	0,0351 ns	429,216 ns
	Ef. Linear	1	-	228,2 **	23665605,0 ns	10,417 ns	-	-
	Ef. Quadrático	1	-	20,0 ns	156661333,8 *	**	-	-
	Falta de ajuste	2	-	14,0 ns	60343203,4 ns	23,519 ns	-	-
	Substrato (S)	1	86,70000 ns	1,633333 ns	49134,6 ns	4,033 ns	0,0893 *	740,033 *
	A x S	4	73,45000 ns	8,050000 ns	50651139,5 ns	26,033 ns	0,0052 ns	341,116 ns
	Bloco	2	115,6000 ns	0,233333 ns	7264642,9 ns	29,633 ns	0,1041 **	128,133 ns
	Erro	18	112,3407	10,2703704	23620010,6	10,522	0,0138	153,652
CV (%)		16,13256	11,68193	28,41764	18,678	40,1658	52,89746	
140 DAS	Água (A)	4	110,1333 ns	37,8750 **	26362047,3 ns	8,917 ns	0,0129 ns	281,966 ns
	Ef. Linear	1	-	87,6 **	-	-	-	-
	Ef. Quadrático	1	-	40,7 *	-	-	-	-
	Falta de ajuste	2	-	11,6 ns	-	-	-	-
	Substrato (S)	1	19,20000 ns	8,008 ns	24262995,5 ns	32,033 ns	0,0243 ns	229,63 ns
	A x S	4	227,5333 ns	12,59167 ns	23863357,2 ns	36,783 *	0,0055 ns	224,63 ns
	Bloco	2	104,5333 ns	4,0083 ns	6686778,2 ns	13,233 ns	0,0071 ns	222,30 ns
	Erro	18	122,2740	6,0083	13735610,7	10,826	0,0081	127,89
CV (%)		16,08792	8,7804	29,09790	19,167	77,0522	39,131	

(*) Significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade e não significativo (ns)

Tabela 12. Valores médios das variáveis altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), número de folhas (NF), índice de deformação foliar (IDF) e comprimento de cacho (CC) dos 20 aos 140 DAS

	FV	Médias					
		AP (cm)	DC (mm)	AF (cm ²)	NF	IDF	CC (cm)
20 DAS	Água (CE - dS.m ⁻¹)						
	A1 (0,2)	14,5	7,0	473,6	-	-	-
	A2 (0,8)	15,3	7,6	488,1	-	-	-
	A3 (1,6)	14,1	7,5	468,6	-	-	-
	A4 (2,4)	14,0	7,1	401,6	-	-	-
	A5 (3,2)	13,8	7,3	351,5	-	-	-
	Substrato						
Sem polpa	16,1 a	7,7 a	528,6 a	-	-	-	
Com polpa	12,5 b	6,9 b	344,8 b	-	-	-	
40 DAS	Água (CE - dS.m ⁻¹)						
	A1 (0,2)	22,1	14,3	4934,8	12,8		-
	A2 (0,8)	22,8	15,2	4006,5	16,0		-
	A3 (1,6)	21,7	15,2	3611,9	15,5	Tabela 13	-
	A4 (2,4)	20,6	14,3	3021,5	16,0		-
	A5 (3,2)	20,3	14,3	2690,2	14,7		-
	Substrato						
Sem polpa	23,7 a	15,3 a	4042,2 a	15,3 a	0,238 a	-	
Com polpa	19,3 b	14,0 b	3263,8 b	14,7 a	0,234 a	-	
60 DAS	Água (CE - dS.m ⁻¹)						
	A1 (0,2)	32,7	20,4	13440,0	17,7	0,046	-
	A2 (0,8)	32,8	19,9	12090,3	20,8	0,148	-
	A3 (1,6)	30,8	20,5	10413,7	22,5	0,219	-
	A4 (2,4)	29,3	18,9	8097,4	22,0	0,196	-
	A5 (3,2)	29,8	19,1	8344,3	25,0	0,181	-
	Substrato						
Sem polpa	32,8 a	19,9 a	10556,0 a	20,5 a	0,155 a	-	
Com polpa	29,4 b	19,6 a	10398,3 a	22,7 a	0,161 a	-	
80 DAS	Água (CE - dS.m ⁻¹)						
	A1 (0,2)	47,7	25,0	24081,6	22,2	0,064	-
	A2 (0,8)	48,5	23,8	19251,3	23,3	0,238	-
	A3 (1,6)	43,7	24,2	15848,8	24,8	0,349	-
	A4 (2,4)	40,5	21,3	12668,0	23,7	0,323	-
	A5 (3,2)	39,7	20,8	11602,7	21,5	0,370	-
	Substrato						
Sem polpa	46,3 a	23,5 a	16814,4 a	22,3 a	0,2489 a	-	
Com polpa	41,7 b	22,6 a	16566,5 a	23,9 a	0,2888 a	-	
100 DAS	Água (CE - dS.m ⁻¹)						
	A1 (0,2)	63,0	29,4	23556,2	16,7	0,134	13,5
	A2 (0,8)	60,7	27,6	24413,3	19,7	0,314	18,8
	A3 (1,6)	59,0	27,4	21071,7	21,5	0,393	3,0
	A4 (2,4)	54,7	24,7	17802,1	19,8	0,415	2,2
	A5 (3,2)	51,3	23,0	14045,0	17,2	0,330	1,7
	Substrato						
Sem polpa	60,7 a	27,0 a	20121,8 a	17,3 a	0,2693 a	12,2 a	
Com polpa	54,8 a	25,8 a	20233,6 a	20,7 b	0,3651 a	3,5 b	
120 DAS	Água (CE - dS.m ⁻¹)						
	A1 (0,2)	69,5	30,8	17082,0	16,3	0,182	34,2
	A2 (0,8)	64,7	28,7	15540,1	17,0	0,266	30,5
	A3 (1,6)	70,2	29,2	21770,7	21,7	0,361	19,5
	A4 (2,4)	65,3	26,2	18812,7	18,2	0,368	18,7
	A5 (3,2)	58,8	22,3	12305,5	13,7	0,283	14,3
	Substrato						
Sem polpa	67,4 a	27,2 a	17061,7 a	17,0 a	0,2377 a	28,4 a	
Com polpa	64,0 a	27,7 a	17142,7 a	17,7 a	0,3468 b	18,5 b	
140 DAS	Água (CE - dS.m ⁻¹)						
	A1 (0,2)	70,0	29,3	10430,0	16,7	0,043	38,3
	A2 (0,8)	68,0	28,6	10764,7	16,5	0,164	32,7
	A3 (1,6)	73,7	30,7	14526,5	19,3	0,107	28,5
	A4 (2,4)	70,0	26,8	14996,9	16,8	0,124	23,7
	A5 (3,2)	62,0	24,2	12966,2	16,5	0,145	21,3
	Substrato						
Sem polpa	69,5 a	28,4 a	11837,5 a	16,1 a	0,1451 a	31,7 a	
Com polpa	67,9 a	27,4 a	13636,2 a	18,2 a	0,0882 a	26,1 a	

Para o fator substrato, para mesma idade, médias das variáveis seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste "F"

4.2.1 Altura da planta

A altura de planta (AP) foi afetada significativamente ($p < 0,01$) pelo aumento da condutividade elétrica na água de irrigação de forma linear apenas aos 80 DAS decorrente, possivelmente, do aumento progressivo da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, com 6,56% de decréscimo por incremento unitário da CEa (Figura 5); após este período, ocorre, na fase reprodutiva, um redirecionamento maior dos assimilados para os cachos, reduzindo o crescimento das plantas, o que dificulta a observação dos efeitos da salinidade da água de irrigação, através desta variável.

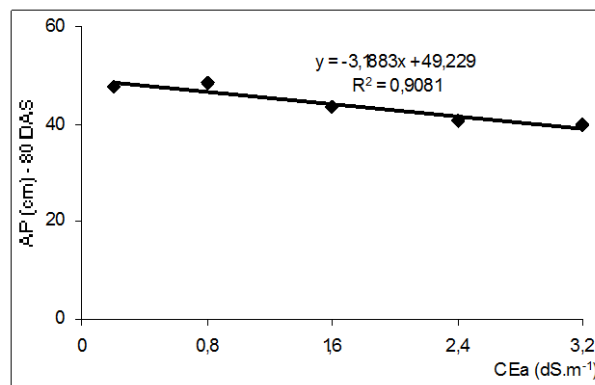


Figura 5. Altura da planta (AP) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80 DAS

O efeito mais comum da salinidade sobre a planta, geralmente é detectado no crescimento, devido ao abaixamento do potencial osmótico da solução do solo, com conseqüente diminuição da disponibilidade e absorção de água, prejudicando a divisão e o alongamento das células. Além do efeito osmótico pode haver acúmulo de íons de sódio e/ou cloreto, afetando negativamente o crescimento das plantas em virtude do efeito tóxico desses elementos, causando desequilíbrio nutricional (TESTER & DAVENPORT, 2003).

Cavalcanti (2003), estudando o comportamento da mamona irrigada com águas com valores de condutividade elétrica entre 0,7 e 4,7 dS.m⁻¹, em diferentes proporções de Na⁺ e Ca²⁺, observou uma redução de 22,78% aos 80 DAS na AP, para a cultivar BRS Nordestina, sendo este valor muito próximo à redução de 20,2% constatada no presente estudo, com valores de condutividade elétrica entre 0 e 3,2 dS.m⁻¹, comprovando o efeito osmótico da salinidade no desenvolvimento da mamona. Silva (2004), por sua vez, encontrou valores de redução em torno de 46,30 e 42,68%, também para valores de condutividade elétrica entre 0,7 e 4,7 dS.m⁻¹, na cultivar BRS Paraguaçu aos 80 DAS, nesta variação de CE com NaCl.

O substrato influenciou a variável altura da planta significativamente a 1% aos 20, 40 e 60 DAS e a 5% aos 80 DAS (Figura 6), cujos valores de AP no substrato sem polpa foram, respectivamente, 28,8; 22,8; 11,6 e 11,0%, maiores que no substrato com polpa.

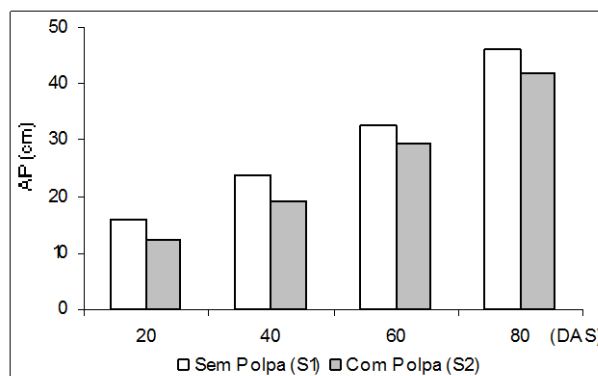


Figura 6. Altura da planta (AP) da mamona em função do substrato, aos 20, 40, 60 e 80 DAS

Observa-se uma redução gradual do efeito negativo da adição de polpa de mamona na variável AP, principalmente após os 60 DAS.

Avaliando-se a evolução da variável altura da planta, ao longo do experimento, em relação à água de irrigação e ao substrato (Figura 7), nota-se efeito negativo progressivo da salinidade, ficando mais evidente nas parcelas irrigadas pela A5 (CEa = 3,2), enquanto o substrato sem adição de polpa de mamona ocasionou maior crescimento das plantas ao longo do experimento, quando comparado com as cultivadas em substrato com adição de polpa.

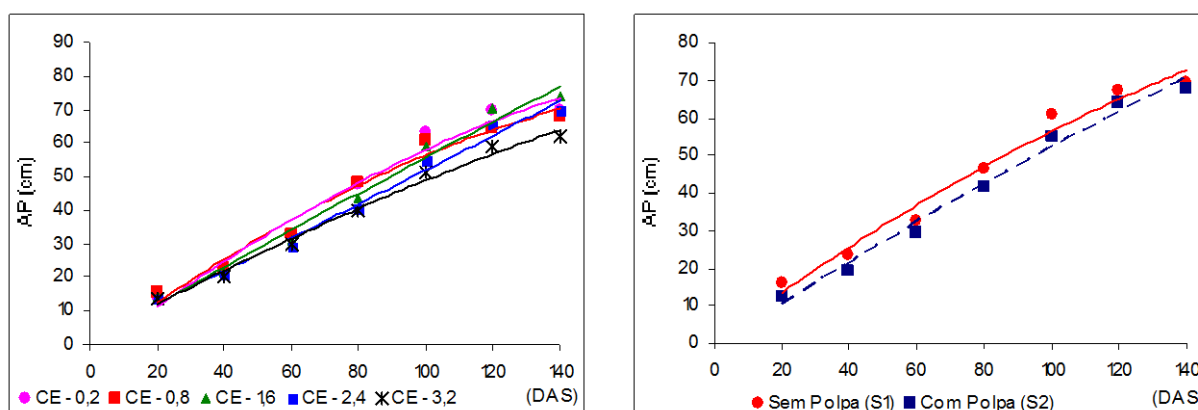


Figura 7. Variação da altura da planta (AP) da mamona em função da água de irrigação e do substrato ao longo do experimento

4.2.2 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule (DC) foi afetado significativamente pela água a 1%, a partir dos 80 DAS (Figura 8), apresentando decréscimos lineares por incremento unitário da CEa de 5,69; 7,01 e 8,27% aos 80, 100 e 120 DAS, respectivamente, e quadrático aos 140 DAS.

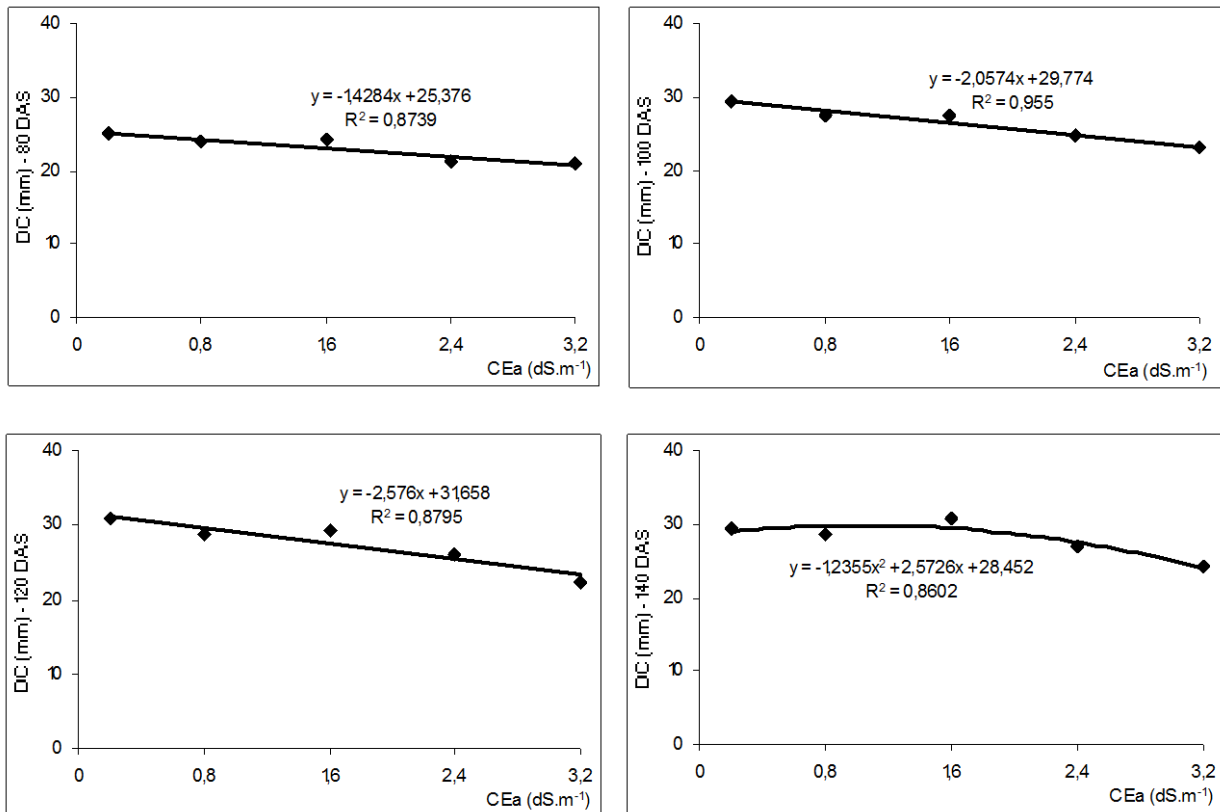


Figura 8. Variação do diâmetro do caule (DC) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80, 100, 120 e 140 DAS

Assim como observado na fase germinativa e na variável altura de planta, a adição de polpa de mamona no solo influenciou significativamente ($p < 0,01$) a variável DC aos 20 e 40 DAS, em que os valores desta variável no substrato sem polpa nessas épocas foram 11,6 e 9,3%, respectivamente, maiores que no substrato com polpa; após este período, os efeitos da polpa não foram mais significativos quando, provavelmente, ocorreu uma redução na decomposição do material, que permitiu a observação da melhora física e química do solo decorrente de sua incorporação, conforme discutido na fase germinativa.

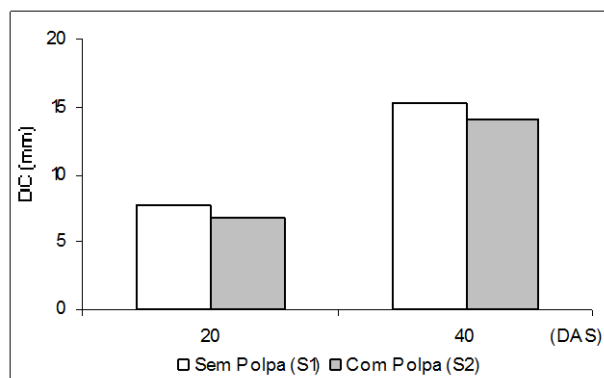


Figura 9. Diâmetro de caule (DC) da mamona em função do substrato, aos 20 e 40 DAS

Avaliando-se a evolução da variável diâmetro de caule ao longo do experimento, em relação à água de irrigação e ao substrato (Figura 10), observa-se efeito negativo progressivo da salinidade nesta variável, apresentando diferenciação mais acentuada nas águas 4 e 5 (CE = 2,4 e 3,2), enquanto parcelas sem adição de polpa de mamona apresentaram, ao longo do experimento, valores maiores comparados com as parcelas com adição de polpa.

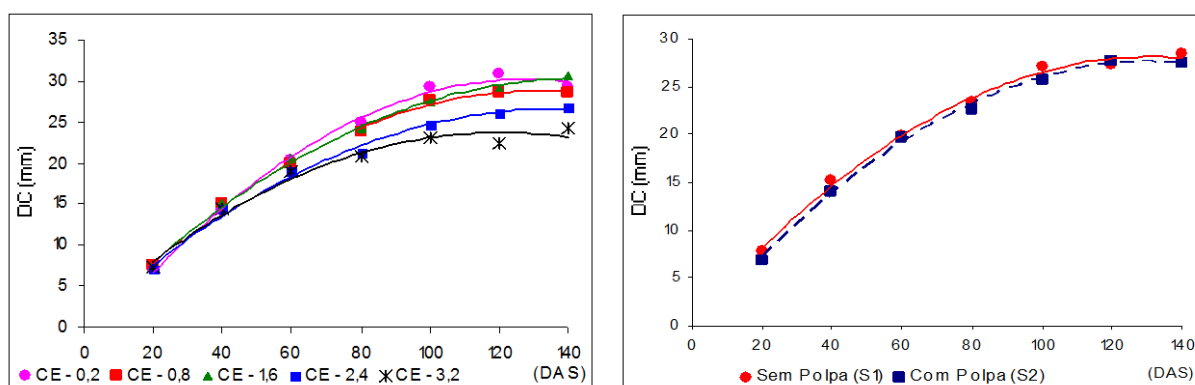


Figura 10. Variação do diâmetro de caule (DC) da mamona em função da água de irrigação e do substrato, ao longo do experimento

4.2.3 Área foliar

A área foliar (AF) sofreu influência linear significativa da água a 1%, aos 40, 60 e 80 DAS e a 5% aos 100 DAS, sendo os decréscimos por incremento unitário da CEa, nessas épocas, de 15,21; 14,12; 18,15 e 13,64%, respectivamente, e quadrático ($p < 0,05$) aos 120 DAS. A Figura 11 apresenta a variação da área foliar em função da condutividade elétrica das águas.

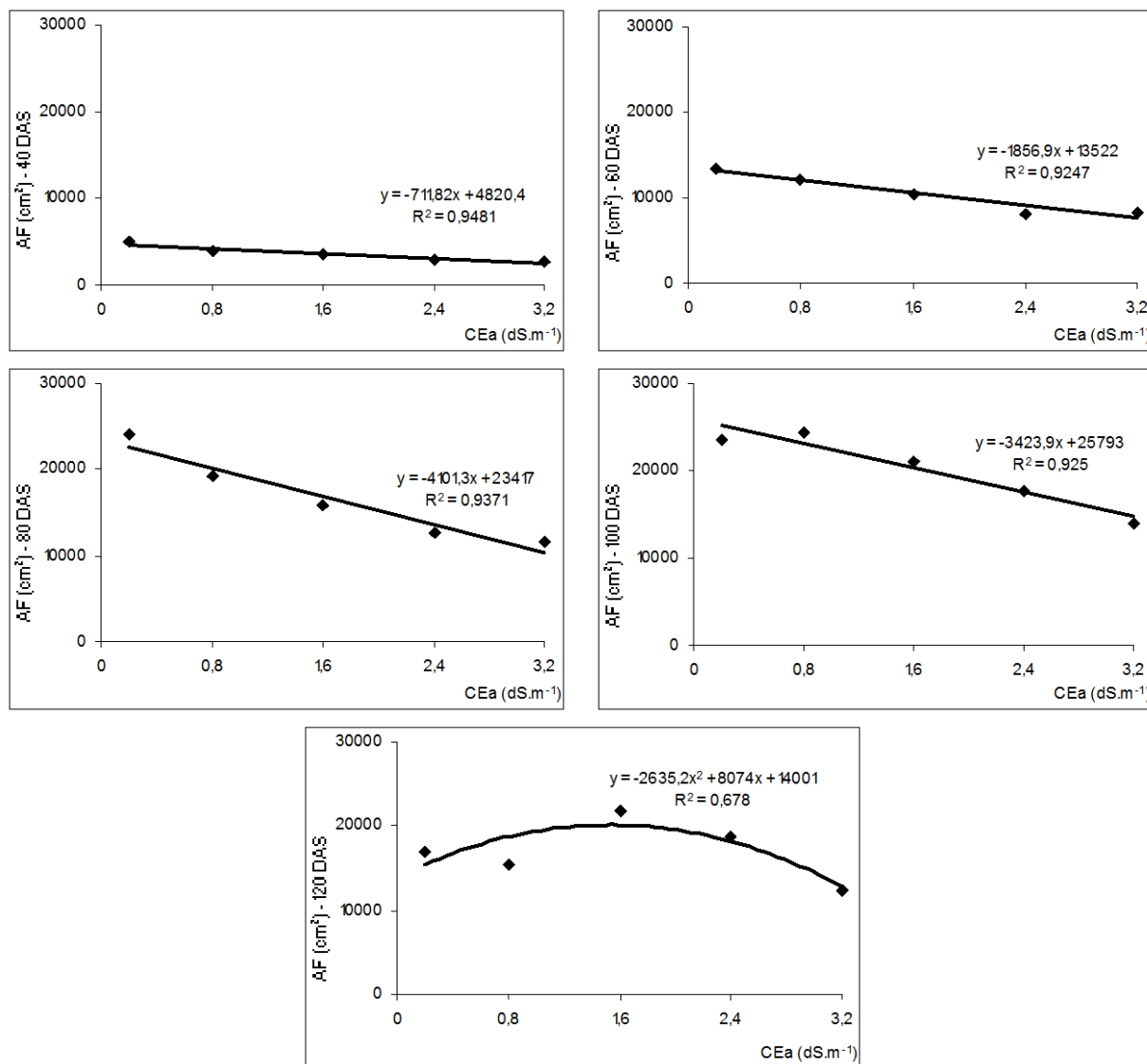


Figura 11. Área foliar (AF) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 40, 60, 80, 100 e 120 dias após semeadura (DAS)

A redução da AF com o aumento da salinidade da água de irrigação decorre, provavelmente, da diminuição do volume das células que, segundo Lauchli & Epstein (1984), Araújo (1994) e Souza (1995), reduz a atividade fotossintética que contribui para a adaptação à salinidade.

Como as parcelas irrigadas com as águas 1 e 2 estavam submetidas a um estresse salino menor que as demais, nota-se uma redução de 27,5 e 36,5%, respectivamente, no valor da variável

AF de 100 a 120 DAS, por consequência de sua maior precocidade; referidas plantas não sofreram atraso em seu desenvolvimento, iniciando a fase reprodutiva mais precocemente, o que provocou uma redução em seus valores de AF (Tabela 12).

O substrato influenciou significativamente a variável AF a 1% aos 20 e a 5% aos 40 DAS, em que os valores dessa variável no substrato sem polpa nessas épocas foram 53,3 e 23,8% maiores que no substrato com polpa, respectivamente (Figura 12).

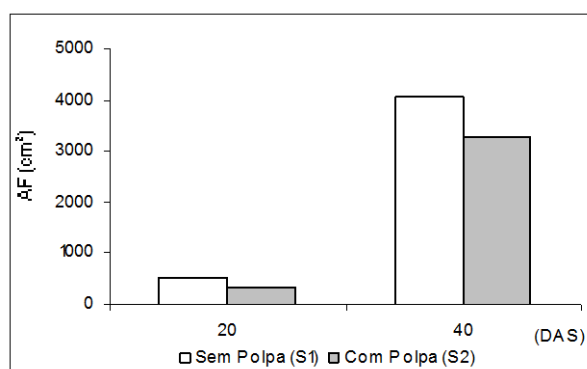


Figura 12. Área foliar (AF) da mamona em função do substrato, aos 20 e 40 DAS

Ainda em relação ao efeito do substrato, observa-se pequeno efeito negativo na fase inicial do experimento, porém com posterior recuperação das plantas com adição de polpa de mamona no restante da fase vegetativa (Figura 13). Segundo Peres (2002), os efeitos negativos podem decorrer da liberação de amônia no processo fermentativo da polpa nesta fase, enquanto a recuperação pode ser atribuída à melhoria das propriedades físicas e químicas do solo.

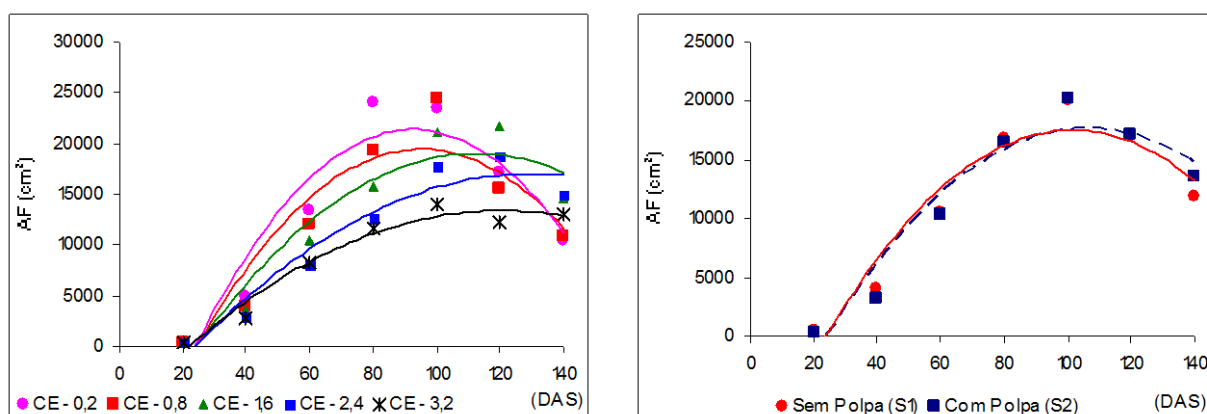


Figura 13. Variação da área foliar (AF) da mamoneira em função da água de irrigação e do substrato ao longo do experimento

Observa-se grande influência da salinidade das águas de irrigação na área foliar (AF) das plantas (Figura 13). Plantas submetidas a estresses salinos maiores apresentaram menores valores de AF, ao longo de todo o ciclo da cultura; também é possível observar que a salinidade ocasionou retardo na fase vegetativa da cultura.

4.2.4 Número de folhas e índice de deformação foliar

A variável número de folhas (NF) sofreu influência significativa (1%) pela água aos 120 DAS e pelo substrato aos 100 DAS (Figura 14). O valor de NF em tratamentos com adição de polpa de mamona foi 19,7% maior que o valor em tratamentos sem adição.

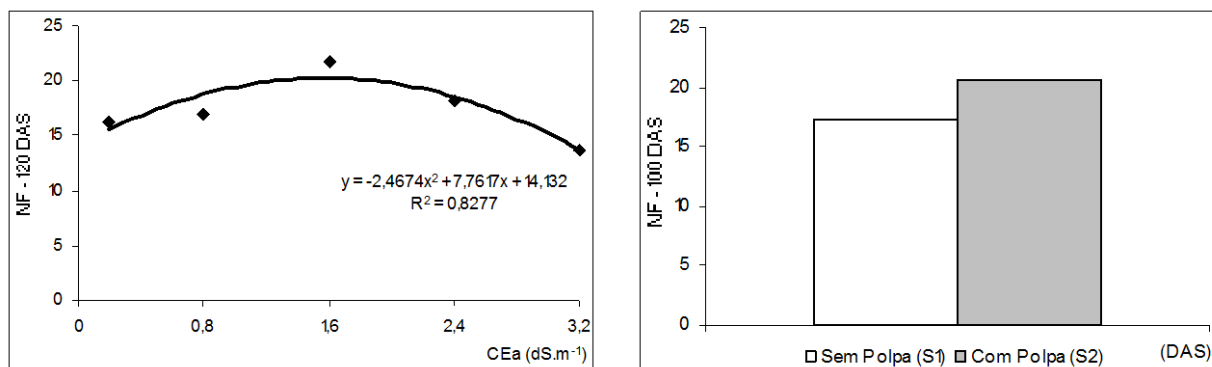


Figura 14. Número de folhas (NF) aos 120 DAS em função da condutividade elétrica da água de irrigação e aos 100 DAS em função do substrato

Observa-se que o tratamento irrigado com A3 (CEa = 1,8 dS.m⁻¹) aos 120 DAS estava com o mais elevado número de folhas, causado, possivelmente, pelo atraso na fase vegetativa das culturas irrigadas com águas com elevada salinidade (Figura 14), assim como observado na variável AF aos 120 DAS (Figura 11); entretanto, o mesmo não foi observado nas parcelas irrigadas com A4 e A5 porque, possivelmente, essas plantas se desenvolveram menos, apresentando um número menor de folhas, ao longo do ciclo da cultura (Tabela 12).

O maior valor de NF aos 100 DAS em parcelas com polpa de mamona pode ser atribuído ao dano ocasionado pelo processo de decomposição da polpa e à constante disponibilização de nitrogênio, associados à adição do material, que podem ter promovido um atraso na fase vegetativa da cultura.

Em relação ao índice de deformação foliar (IDF), observa-se que a variável sofreu influência significativa quadrática pela água aos 40, 60 e 100 DAS e linear aos 80 DAS, com acréscimo por incremento unitário da CEa de 63,41% (Figura 15).

Na Tabela 13 estão o resumo das análise de variância e as médias da variável índice de deformação foliar (IDF) para fator água, aos 40 DAS.

Tabela 13. Resumo do desdobramento da análise de variância e médias da variável índice de deformação foliar (IDF) aos 40 DAS, para fator água

FV	GL	IDF (40 DAS)
Água (A)	4	0,085 **
Água em S1	4	0,046 **
Ef. Linear	1	0,135 **
Ef. Quadrático	1	0,049 **
Falta de ajuste	2	0,001 ns
Água em S2	4	0,049 **
Ef. Linear	1	0,114 **
Ef. Quadrático	1	0,024 *
Falta de ajuste	2	0,029 **
		Médias (%)
Água em S1 (CE - dS.m ⁻¹)		(%)
A1 (0,2)		0,0417
A2 (0,8)		0,1900
A3 (1,6)		0,3148
A4 (2,4)		0,3426
A5 (3,2)		0,3010
Água em S2 (CE - dS.m ⁻¹)		(%)
A1 (0,2)		0,0196
A2 (0,8)		0,3056
A3 (1,6)		0,2144
A4 (2,4)		0,3016
A5 (3,2)		0,3304

(*) Significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade e não significativo (ns)

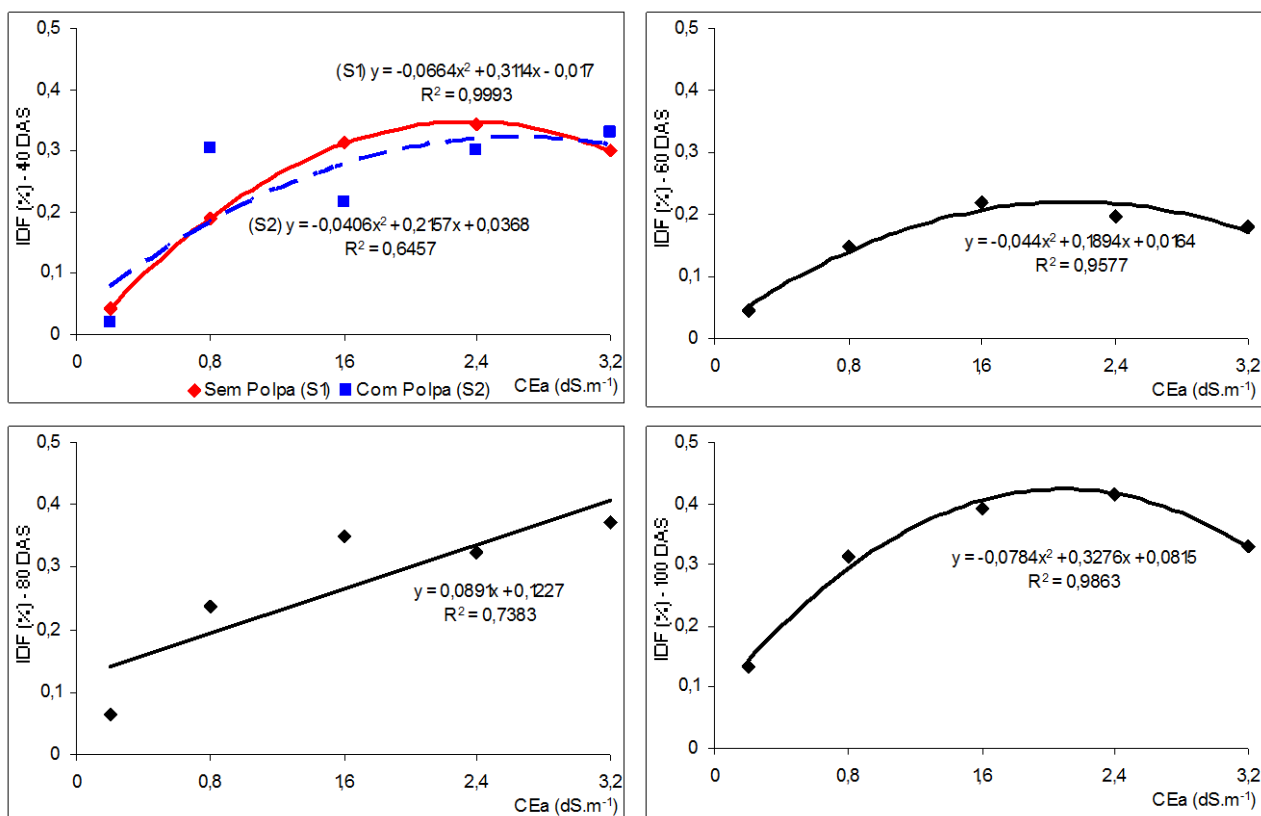


Figura 15. Índice de deformação foliar (IDF) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 40, 60, 80, 100 DAS

O aumento da salinidade da água de irrigação promoveu aumento no número de folhas deformadas das plantas devido, possivelmente, à elevação da concentração de alguns íons que, segundo Cruciani (1987), podem provocar interferências indiretas, capazes de se constituir num obstáculo à absorção adequada de macro ou micronutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico.

As exigências nutricionais diferem entre as cultivares de mamona porém sintomas de deficiência nutricional, geralmente são semelhantes entre elas; a deficiência de boro pode ocasionar colapso da inflorescência, provocando superbrotamento, com aborto das flores e aparecimento de maior porcentagem de flores masculinas. Sintomas associados são enrugamento da folha, necrose do ápice dos racemos primários, redução do número de frutos, necrose do caule, folhas novas sem os recortes normais, dando aspecto arredondado e coriáceo; esta deficiência pode ser acentuada em solos pobres após adubação nitrogenada e de estiagem intensa, em geral, passado o período de estresse, a planta se recupera na emissão dos cachos subsequentes (SAVY FILHO, 2005).

O substrato influenciou (5%) positivamente a variável IDF aos 120 DAS (Figura 16).

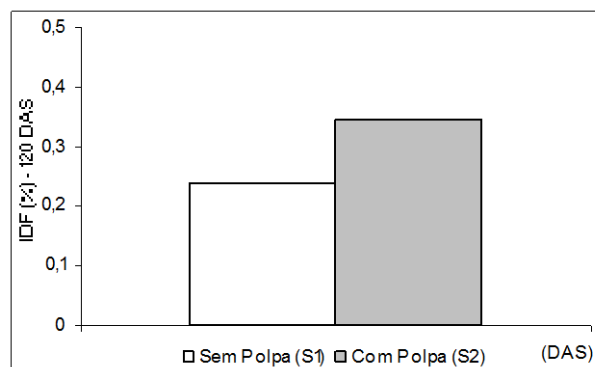


Figura 16. Índice de deformação foliar (IDF) da mamona em função do substrato, aos 120 DAS

Observa-se maior número de folhas deformadas no tratamento com adição de polpa de mamona. Como as parcelas sem adição de polpa se desenvolveram mais precocemente, como observado em AF, possivelmente estas já se encontravam no início da fase de senescência.

4.2.5 Comprimento de cacho

O comprimento de cacho (CC) sofreu influência linear significativa ($p < 0,01$) pela água aos 100 DAS, com decréscimo por incremento unitário da CEa de 34,51%. Na Figura 17 se observa a equação de regressão do CC, aos 100 DAS.

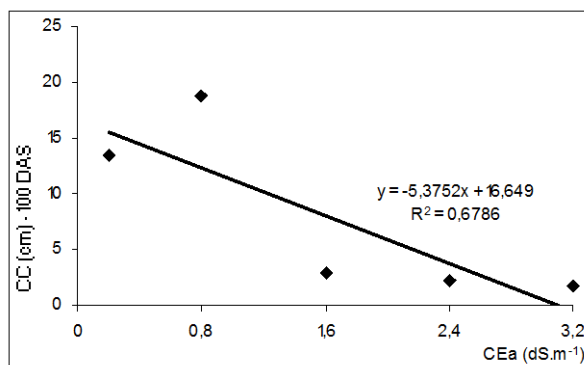


Figura 17. Comprimento de cacho (CC) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 100 DAS

O substrato influenciou significativamente a variável CC aos 100 e 120 DAS, em que os valores desta variável no substrato sem polpa, nessas épocas, foram 348,6 e 53,5%, respectivamente, maiores que no substrato com polpa.

A diferença apresentada na variável comprimento de cacho aos 100 e 120 DAS, entre os substratos sem e com adição de polpa, foi decorrente, possivelmente, do efeito negativo, no desenvolvimento inicial, da adição de polpa de mamona, que promoveu um atraso no florescimento dessas parcelas, como discutido em AF, NF e IDF; esta suposição é reforçada quando se observa que a diferença entre os valores dos substratos decai aos 120 DAS e desaparece aos 140 DAS, pelo teste “F” (Tabela 12).

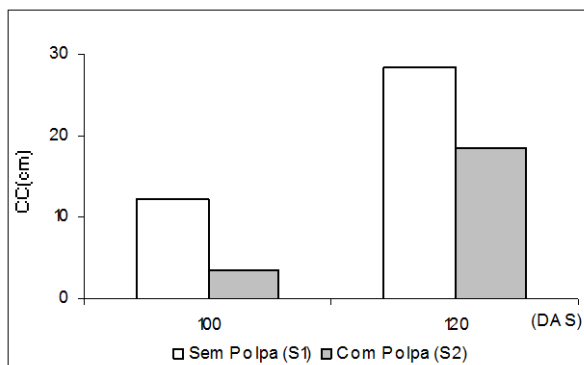


Figura 18. Comprimento de cacho (CC) da mamona em função do substrato, aos 100 e 120 DAS

4.3 Fitomassa

A Tabela 14 apresenta o resumo das análises de variância e valores médios das variáveis peso de folha total (PFT), peso de caule (PCI), peso de sistema radicular (PSR), peso de cacho (PCh) e fitomassa total (FT), determinados aos 150 DAS.

Tabela 14. Resumo das análises de variância e valores médios das variáveis de fitomassa aos 150 DAS

F.V.	GL	Quadrados Médios				
		PFT	PCI	PSR	PCh	FT
Água (A)	4	3797,207 *	2079,004 **	24353,468 ns	7555,610 ns	54741.943 ns
Ef. Linear				-	-	-
Ef. Quadrático		Tabela 15		-	-	-
Falta de ajuste				-	-	-
Substrato (S)	1	10769,285 **	8,42700 ns	9601,563 ns	1316,056 ns	26433.008 ns
A x S	4	2803,850 *	1353,983 *	28578,901 ns	7080,642 ns	34577.860 ns
Bloco	2	310,48900 ns	584,82533 ns	21109,284 ns	2446,852 ns	20934.744 ns
Erro	18	890,89529	390,35014	15596,59062	3055,72903	19634.108778
CV (%)		12,37064	28,78252	52,10471	39,81177	20.35303
		Médias				
Água (CE - dS.m ⁻¹)		(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
A1 (0,2)				178,6	163,1	681,2
A2 (0,8)				238,0	183,2	727,9
A3 (1,6)		Tabela 15		257,0	138,5	750,9
A4 (2,4)				337,1	113,5	756,3
A5 (3,2)				187,7	96,0	526,0
Substrato		(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
Sem polpa		Desdobramento na Tabela 15		221,8 a	145,5 a	658,8 a
Com polpa				257,6 a	132,2 a	718,1 a

(*) Significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade e não significativo (ns)

Para o fator substrato, as médias das variáveis seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste "F"

Conforme observado na Tabela 14, apenas as variáveis peso total de folhas (PFT) e peso de caule (PCI) da mamoneira foram influenciadas significativamente ($p < 0,01$) pela água, ao fim do experimento, porém houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação dos fatores, para ambas as variáveis (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo do desdobramento das análises de variância e médias das variáveis peso de folha total (PFT) e peso de caule (PCI) dos fatores água e substrato aos 150 dias após a semeadura (DAS)

FV	GL	PFT	PCI
Água (A)	4	3797,2 *	2079,0 **
Água em S1	4	1788,8 ns	1878,8 **
Ef. Linear	1	-	2664,0 *
Ef. Quadrático	1	-	121,0 ns
Falta de ajuste	2	-	2365,1 **
Água em S2	4	4812,2 **	1554,2 *
Ef. Linear	1	11741,4 **	1969,9 *
Ef. Quadrático	1	3750,7 ns	1295,9 ns
Falta de ajuste	2	1878,4 ns	1475,4 *
Substrato (S)	1	10769,3 **	8,4 ns
Substrato em A1	1	8221,4 **	-
Substrato em A2	1	4924,9 *	-
Substrato em A3	1	130,7 ns	-
Substrato em A4	1	7869,9 **	-
Substrato em A5	1	837,8 ns	-

	Médias	
	(g)	(g)
Água em S1 (CE - dS.m ⁻¹)		
A1 (0,2)	217,0	90,1
A2 (0,8)	213,4	59,9
A3 (1,6)	264,9	101,0
A4 (2,4)	202,7	43,9
A5 (3,2)	213,6	51,0
Água em S2 (CE - dS.m ⁻¹)		
A1 (0,2)	291,1	80,9
A2 (0,8)	270,7	69,2
A3 (1,6)	274,3	70,6
A4 (2,4)	275,1	89,6
A5 (3,2)	190,0	30,2
Substrato em A1		
Sem polpa	217,0 b	90,1 a
Com polpa	291,1 a	80,9 a
Substrato em A2		
Sem polpa	213,4 b	59,9 a
Com polpa	270,7 a	69,2 a
Substrato em A3		
Sem polpa	264,9 a	101,0 a
Com polpa	274,3 a	70,6 a
Substrato em A4		
Sem polpa	202,7 b	43,9 a
Com polpa	275,1 a	89,6 a
Substrato em A5		
Sem polpa	213,6 a	51,0 a
Com polpa	190,0 a	30,2 a

(*) Significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade e não significativo (ns).

Para o fator substrato, as médias das variáveis seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste "F".

Os decréscimos do valor de PFT por incremento unitário da CEa foram de 8,38%, em parcelas com polpa de mamona, enquanto em PCI os decréscimos foram de 13,75 e 12,31% em parcelas sem e com polpa, respectivamente (Tabela 15).

Observaram-se efeitos significativos da salinidade da água nas variáveis PFT e PCI, que não se repetem, de forma significativa, para PSR, PCh e FT, possivelmente por uma adaptação das culturas ao estresse hídrico, uma vez que procuram reduzir a evapotranspiração e aumentar a capacidade de absorção de água (Figura 19).

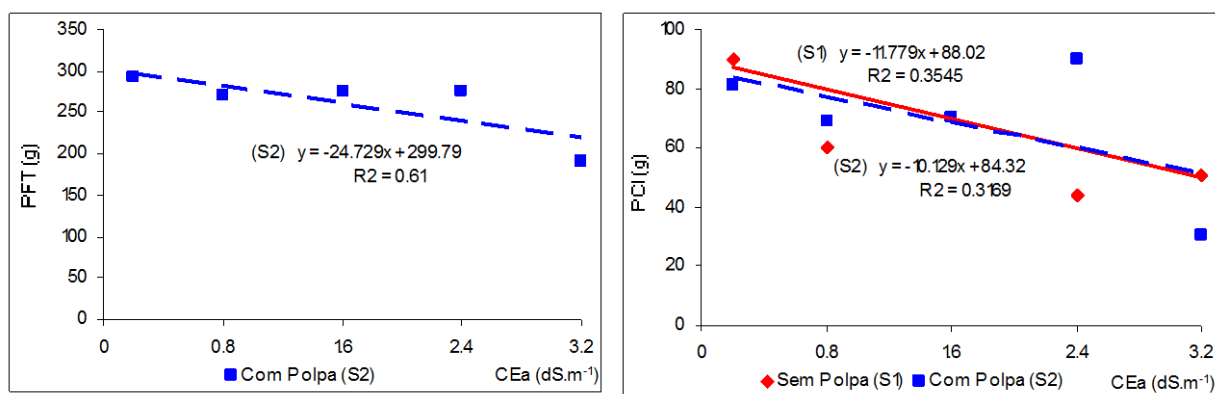


Figura 19. Peso total de folhas (PFT) e Peso de caule (PCI) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 150 DAS, para ambos os substratos

A salinidade inibe menos o crescimento das raízes que o da parte aérea (MAAS et al., 1972; MAAS & HOFFMAN, 1977; SHANNON, 1979; FAGERIA, 1989); em função disto, a planta aumenta sua capacidade de absorção de água em detrimento da taxa de transpiração (FAGERIA, 1989, 1997). Segundo Lima (1997), decréscimos da fitomassa com incremento da salinidade da água de irrigação ocorrem na maioria das culturas, embora existam exceções. Cavalcanti et al. (2004) observaram decréscimo de 6% no valor fitomassa da parte aérea por incremento unitário CEa, com níveis salinos entre 0,7 a 4,7 dS.m⁻¹.

A adição de polpa de mamona aumentou significativamente o valor da variável PFT nas parcelas irrigadas com A1, A2 e A4, cujos valores em parcelas com polpa foram 34,15; 26,86 e 35,72%, respectivamente, maiores que no substrato com polpa (Figura 20).

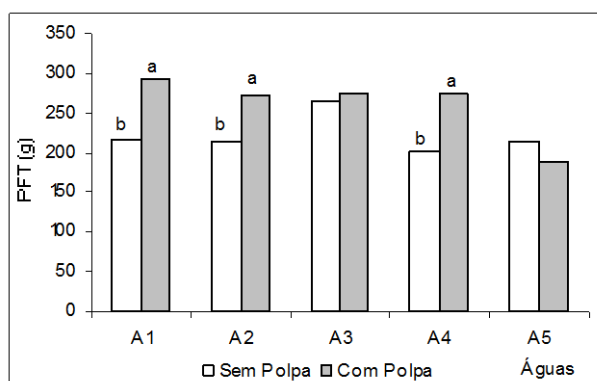


Figura 20. Peso total de folhas (PFT) da mamona em função do substrato, aos 150 DAS

O maior valor de PFT observado nesses tratamentos com adição de polpa de mamona pode, possivelmente, ser atribuído à melhora das propriedades físicas e químicas do solo e ao prolongamento da fase vegetativa dessas plantas, pela constante disponibilização de nitrogênio.

4.4 Produção

Apresentam-se, na Tabela 16, o resumo da análise de variância e os valores médios referentes às variáveis emissão de inflorescência (EI), altura da emissão da 1ª inflorescência (AI), número de frutos (NFr) e peso de unidade reprodutiva (PCh) ao final do experimento.

Tabela 16. Resumo da análise de variância das variáveis de produção aos 150 DAS

F.V.	GL	Quadrados Médios			
		EI	AI	NFr	PCh
Água (A)	4	766,55 *	74,12 ns	1073,4 **	7557,04 *
Ef. Linear	1	-	-	3856,0 ***	-
Ef. Quadrático	1	-	-	60,0 ns	-
Falta de ajuste	2	-	-	188,8 ns	-
Substrato (S)	1	353,63 **	1,20 ns	202,8 ns	1315,00 ns
A x S	4	733,05 ns	374,28 ns	582,0 ns	7080,81 ns
Bloco	2	208,43 ns	24,43 ns	69,0 ns	2448,44 ns
Erro	18	332,14	133,10	347,7	3055,99
CV (%)		17,827	19,059	32,677	39,814

Médias				
Água (CE - dS.m ⁻¹)	(DAS)	(cm)		(g)
A1 (0,2)	90,8	58,5	72,7	163,1
A2 (0,8)	89,0	57,3	64,7	183,2
A3 (1,6)	109,5	65,7	55,0	138,5
A4 (2,4)	109,8	62,7	56,2	113,5
A5 (3,2)	112,0	58,5	36,8	96,0

Substrato	DAS	(cm)		(g)
Sem polpa	98,8 b	60,7 a	54,5 a	145,5 a
Com polpa	105,7 a	60,3 a	59,7 a	132,2 a

(**) Significativo a 0,05 e (***) a 0,01 de probabilidade e não significativo (ns)

Para o fator substrato, as médias das variáveis seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste "F"

(*) - As variáveis EI e PCh apresentaram significância a 9,76 e 8,14%, respectivamente

O NFr decresceu significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da salinidade da água, com decréscimo por incremento unitário da CEa de 14,58% (Figura 21); a EI e PCh também decresceram 9,76 e 8,14%, respectivamente, em função do aumento unitário da CEa.

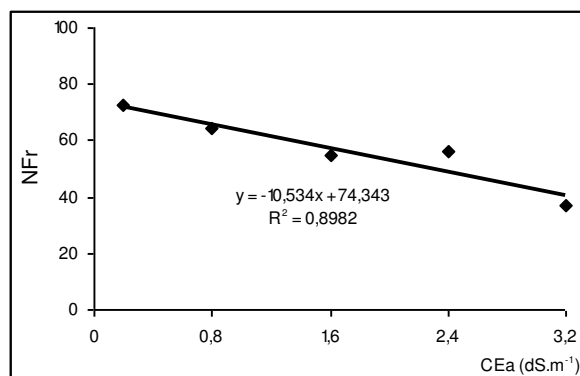


Figura 21. Número de frutos (NFr) da mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 150 DAS

Devido às condições de realização do experimento, casa de vegetação e vasos com volumes de 58 litros, a variável número de frutos possibilita boa indicação do efeito negativo da salinidade da água de irrigação na produção da mamoneira. Observa-se, através da Tabela 16 e da Figura 21, que águas com condutividade elétrica igual ou superior a $0,8 \text{ dS.m}^{-1}$ podem promover reduções acentuadas na produtividade da cultura.

A salinidade afeta não apenas o crescimento mas também a produção das culturas e a qualidade dos frutos, efeito que se manifesta principalmente na redução da população e desenvolvimento dos frutos, com sintomas similares aos do estresse hídrico, porém ainda são escassas as informações sobre o efeito da salinidade da água e/ou do substrato na qualidade de produção, embora esses efeitos sejam aparentes e tenham sido notados em condições de campo; em geral, a salinidade do substrato, causada tanto pela irrigação por água salina como pela combinação dos fatores água, substrato e manejo das culturas, pode resultar em atraso na colheita, redução no número de frutos e peso dos frutos e sementes, influenciando diretamente na produção (RHOADES et al., 2000).

O substrato influenciou significativamente (5%) a variável EI, apresentando valor no substrato sem polpa 6,5% menor que no substrato com polpa.

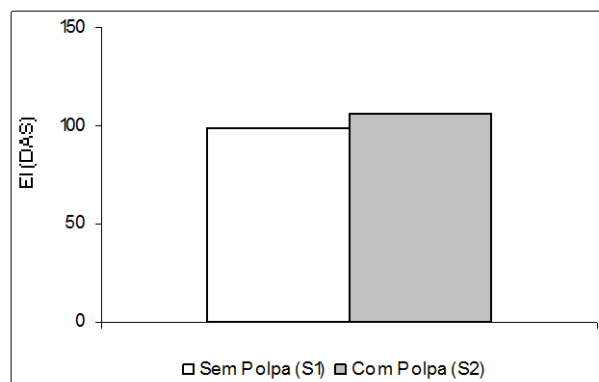


Figura 22. Dias após semeadura para emissão de 1ª inflorescência (EI) da mamona, em função do substrato

O maior valor da variável emissão de inflorescência em tratamentos com polpa, reforça a possibilidade da adição do material não estabilizado e com baixa relação C/N, ter ocasionado danos à fase inicial de crescimento e desenvolvimento da mamoneira, atrasando, assim, a emissão de inflorescência, como explicado nos itens em que se avaliaram os efeitos dos tratamentos na fase germinativa e no crescimento da cultura.

4.5 Balanço hídrico

4.5.1 Volume total de água consumido

A interação A x S influenciou significativamente ($p < 0,05$) a variável volume total de água consumido (VTAC), (Tabela 17).

Tabela 17. Resumo da análise de variância, do desdobramento dos fatores A x S e as médias da variável volume total de água consumido (VTAC)

F.V.	GL	Quadrado Médio VTAC
Água (A)	4	5454,750 **
Água em S1	4	1701,1 **
Ef. Linear	1	6406,8 **
Ef. Quadrático	1	44,4 ns
Falta de ajuste	2	176,6 ns
Água em S2	4	4254,8 **
Ef. Linear	1	15507,3 **
Ef. Quadrático	1	1194,8 *
Falta de ajuste	2	158,6 ns
Substrato (S)	1	5,599 ns
A x S	4	501,162 *
Bloco	2	73,165 ns
Erro	18	166,886
CV (%)		7,809
		Médias
Água em S1 (CE - dS.m ⁻¹)		(L)
A1 (0,2)		189,4
A2 (0,8)		189,7
A3 (1,6)		165,3
A4 (2,4)		147,5
A5 (3,2)		137,4
Água em S2 (CE - dS.m ⁻¹)		(L)
A1 (0,2)		202,9
A2 (0,8)		185,1
A3 (1,6)		181,2
A4 (2,4)		148,1
A5 (3,2)		107,7
Substrato		(L)
Sem polpa		165,86 a
Com polpa		165,00 a

(**) Significativo a 0,05 e (***) a 0,01 de probabilidade e não significativo (ns)

Para o fator substrato, as médias das variáveis seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste “F”

Constata-se efeito significativo ($p < 0,01$) promovido pela água em ambos os substratos, com comportamento linear para substratos sem polpa e quadrático para substratos com adição de polpa de mamona, conforme observado na Tabela 17 e na Figura 23.

O decréscimo no volume total de água consumido por incremento unitário da CEa foi de 9,54% em substrato sem adição de polpa de mamona, enquanto as diferenças observadas entre parcelas irrigadas com águas com condutividades elétricas 0,2 e 3,2 dS.m⁻¹ foram de 27,46 e 46,92% para substratos sem e com polpa de mamona, respectivamente. Na Figura 23 são apresentadas as equações de regressão linear e quadrática da VTAC.

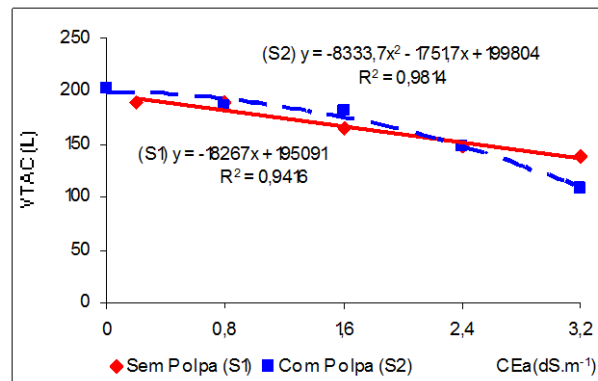


Figura 23. Volume total de água consumido (VTAC) de água pela mamona em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 135 DAS, para ambos os substratos

Os valores do volume total de água consumido (Tabela 17 e Figura 23), sugerem que a adição de polpa de mamona aumenta o consumo hídrico da mamoneira, quando submetida a irrigação com águas salinas, apesar do efeito do substrato não ter sido significativo; a exceção se dá nas parcelas irrigadas com águas com valor de CE igual a 3,2 dS.m⁻¹, cujos danos ocasionados no início do desenvolvimento da cultura pela adição de polpa de mamona, somados ao efeito de salinidade, sodicidade e toxicidade das águas, podem ter sido em maiores proporções no tratamento irrigado com A5 e polpa (S2), não permitindo sua recuperação no período e condições avaliadas.

Aumentando a condutividade elétrica da água (CEa), aumenta também a tensão necessária para que a planta retire água do substrato, uma vez que o potencial do substrato se torna cada vez mais negativo e, conseqüentemente, a planta terá maior dificuldade para utilizar essa água que, apesar de sua presença, não está totalmente disponível para as plantas (RHOADES & LOVEDAY, 1990). Segundo Rhoades et al. (2000), a concentração salina próxima à zona radicular reduz o fluxo de água nas plantas devido ao efeito osmótico, fato observado durante todo o ciclo, comprovando que o estresse salino induz a um estresse hídrico, em virtude da redução do potencial osmótico da solução do substrato.

Quanto aos efeitos do fator substrato, não se verificou significância ao longo do experimento, indicando que a polpa de mamona não afetou significativamente o volume total de água consumido (Tabela 17).

4.5.2 Consumo diário de água

A Tabela 18 apresenta o resumo da análise de variância e valores médios da variável volume consumido diariamente, no experimento.

Tabela 18. Resumo da análise de variância referente ao volume médio de água consumido diariamente (VCD) em períodos de 15 dias, ao longo do ciclo da cultura

F.V.	GL	Quadrados Médios								
		0-15 DAS	15-30 DAS	30-45 DAS	45-60 DAS	60-75 DAS	75-90 DAS	90-105 DAS	105-120 DAS	120-135 DAS
Água (A)	4	730,10 ns	15563,44 *	85400,69 **	255172,7 **	758406,39 **	1063953,8 **	607581,50 **	849368,06 **	355242,04 **
Ef. Linear	1	-	47255,63 **	323449,4 **	988166,7 **	3004888,01 **		2022537,6 **		835440,00 **
Ef. Quadrático	1	-	267,86 ns	8560,76 ns	13646,75 ns	8096,13 ns	Tabela 19	272308,34 *	Tabela 19	475504,76 *
Falta de ajuste	2	-	7365,14 ns	4796,32 ns	9438,73 ns	10320,70 ns		67740,04		55011,69
Substrato (S)	1	79681,0 **	92108,90 **	55012,28 **	3513,61 ns	38115,79 ns	16520,53 ns	289821,17 *	185863,17 ns	27200,37
A x S	4	88,36 ns	8038,23 ns	3593,58 ns	4108,47 ns	18821,27 ns	142968,87 *	85039,87	174505,76 *	143756,85
Bloco	2	4668,90 ns	2272,45 ns	2120,13 ns	14989,73 ns	31390,71 ns	88589,35 ns	5798,50	34420,73 ns	120260,37
Erro	18	2153,56	4514,57	3065,24	8308,60	24392,77	34797,22	41686,32	53172,50	65469,42
CV (%)		7,566	10,591	4,692	8,092	13,419	13,194	14,215	13,284	15,169
		Médias								
Água (CE - dS.m ⁻¹)		(mL)	(mL)	(mL)	(mL)	(mL)	(mL)	(mL)	(mL)	(mL)
A1 (0,2)		624,1	672,9	1304,4	1397,6	1621,0		1639,4		1815,6
A2 (0,8)		625,7	701,9	1259,4	1256,8	1389,2		1784,4		1772,8
A3 (1,6)		603,5	609,4	1225,0	1123,2	1170,6	Tabela 19	1528,3	Tabela 19	1899,4
A4 (2,4)		610,6	608,7	1087,4	941,0	883,8		1231,1		1668,3
A5 (3,2)		602,7	579,2	1023,3	913,8	754,8		998,1		1277,8
Substrato										
Sem polpa		664,9 a	689,8 a	1222,8 a	1137,3 a	1199,5 a	1390,3 a	1338,0 b	1657,1 a	1716,9 a
Com polpa		561,8 b	579,0 b	1137,1 b	1115,6 a	1128,2 a	1437,2 a	1534,6 a	1814,5 a	1656,7 a

(**) Significativo a 0,05 e (***) a 0,01 de probabilidade e não significativo (ns)

Para o fator substrato, as médias das variáveis seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste “F”

O volume consumido diariamente (VCD) sofreu influência significativa das águas de irrigação a 1% no período 15-30 DAS e a 5% dos 30 aos 135 DAS, sendo linear aos 15-30, 30-45, 45-60 e 60-75 DAS (Figura 23), com decréscimos por incremento unitário da CEa de 5,44; 7,36; 12,27 e 18,49%, respectivamente, e quadrático aos 90-105 e 120-135 DAS.

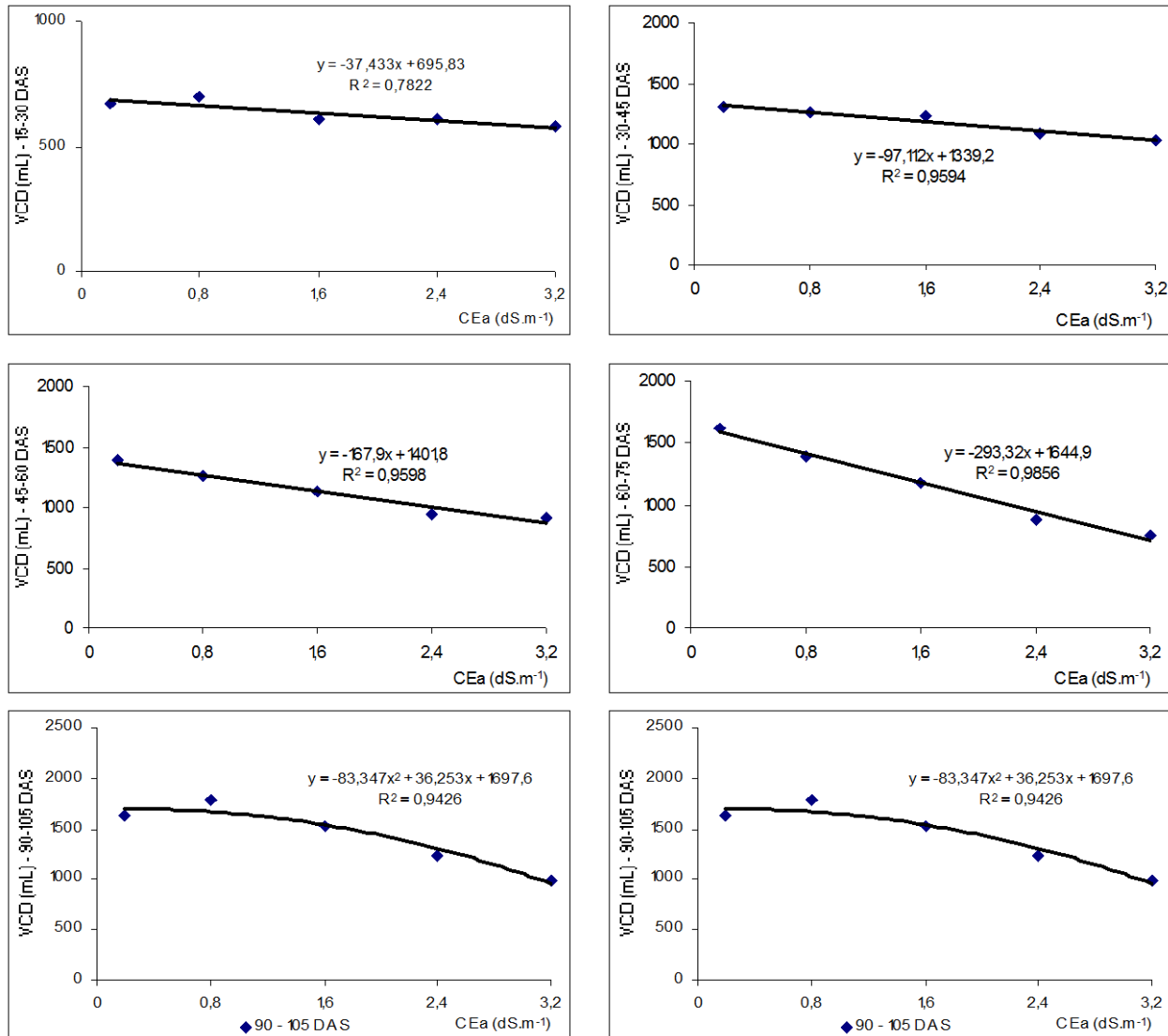


Figura 24. Volume de água consumido diariamente (VCD) pela mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação, nos períodos 15-30, 30-45, 45-60, 60-75, 90-105 e 120-135 DAS

Apenas na fase germinativa o efeito da salinidade da água de irrigação não foi significativo, período de baixa taxa transpiratória. O aumento de salinidade da água de irrigação através da redução no potencial osmótico do solo, possivelmente, diminuiu de forma progressiva o consumo hídrico nas parcelas submetidas a estresse salino.

Ocorreu efeito significativo da interação A x S em VCD aos 75-90 e 105-120 DAS (Tabela 19).

Tabela 19. Resumo da análise de variância e médias da variável volume consumido diariamente (VCD) para o fator água, nos períodos 75 - 90 e 105 - 120 DAS

FV	GL	VCD	
		75 - 90 DAS	105 - 120 DAS
Água (A)	4	1063953,8 **	849368,1 **
Água em S1	4	334141,5 **	202758,5 *
Ef. Linear	1	1233294,5 **	633653,3 **
Ef. Quadrático	1	45958,3 ns	115238,1 ns
Falta de ajuste	2	28656,5 ns	31071,3 ns
Água em S2	4	872781,2 **	821115,3 **
Ef. Linear	1	3206126,2 **	2666107,0 **
Ef. Quadrático	1	261069,7 *	305038,7 *
Falta de ajuste	2	11964,5 ns	156657,7 ns
		Médias	
Água em S1 (CE - dS.m ⁻¹)		(mL)	
A1 (0,2)		1829,3	1794,4
A2 (0,8)		1655,6	1962,2
A3 (1,6)		1233,3	1731,1
A4 (2,4)		1180,0	1497,8
A5 (3,2)		1053,3	1300,0
Água em S2 (CE - dS.m ⁻¹)		(mL)	
A1 (0,2)		1955,6	2348,9
A2 (0,8)		1779,6	1945,6
A3 (1,6)		1652,2	2090,4
A4 (2,4)		1176,2	1713,3
A5 (3,2)		622,7	974,4

Significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade e não significativo (ns)

O volume consumido diariamente (VCD) nos períodos 75-90 e 105-120 DAS, foi influenciado significativamente ($p < 0.01$) pela salinidade das águas, com comportamento linear em tratamentos sem adição de polpa de mamona, e quadrático em tratamentos com polpa (Tabela 19). A Figura 25 apresenta as regressões de VCD para ambos os substratos, aos 75-90 e 105-120 DAS, com valores de decréscimos por incremento unitário da CEa nos tratamentos sem adição de polpa iguais a 14,52 e 10,11%, respectivamente.

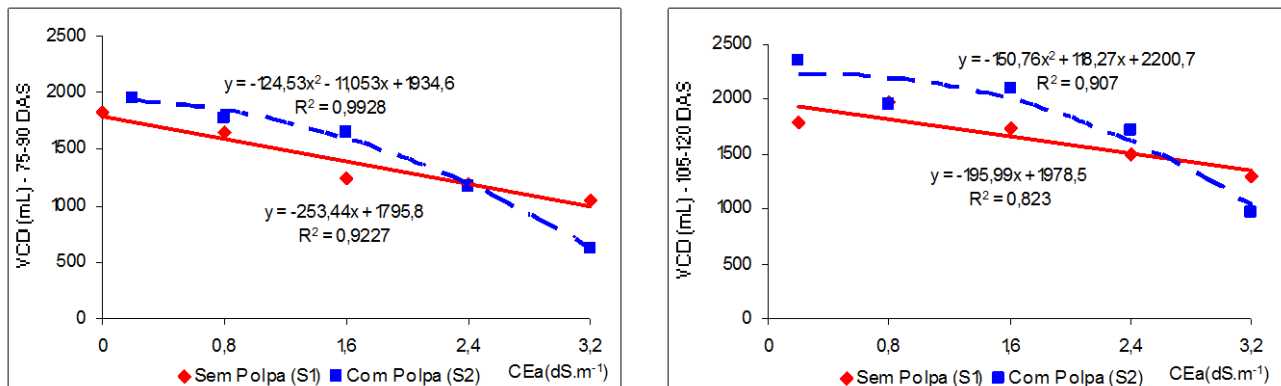


Figura 25. Volume de água consumido diariamente (VCD) pela mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 75-90 e 105-120 DAS, para ambos os substratos

Tal como observado na Tabela 19, o volume consumido diariamente pelas plantas irrigadas com A5 ($CE = 3.2 \text{ dS.m}^{-1}$) foi menor nas parcelas sem polpa de mamona do que nas parcelas submetidas à sua adição (Figura 25). Neste tratamento, possivelmente, os efeitos negativos da polpa de mamona na fase de desenvolvimento inicial da cultura foram agravados pela elevada salinidade da água A5 ($CEa = 3,2 \text{ dS.m}^{-1}$); efeitos negativos dos fatores água e substrato na área foliar aos 40 DAS reforçam esta possibilidade (Tabela 11).

O substrato influenciou significativamente a 1% o volume de água consumido diariamente até os 45 DAS, e a 5% no período 90-105 DAS (Tabela 18 e Figura 26).

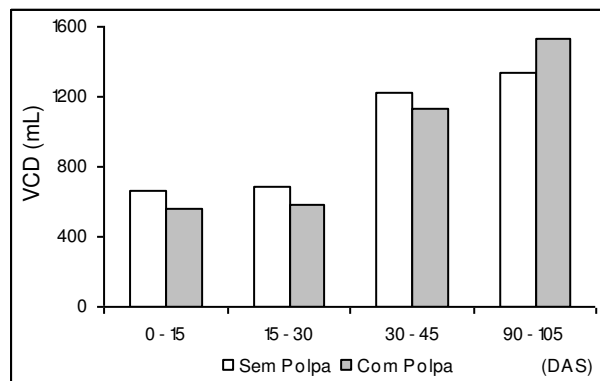


Figura 26. Volume de água consumido diariamente (VCD) da mamona, em função do substrato nos períodos 0-15, 15-30, 30-45 e 90-105 DAS

Observa-se redução no VCD até os 45 DAS, possivelmente decorrente de efeitos negativos da semeadura da mamona logo após a adição de polpa não fermentada e com baixa relação C/N, e aumento do valor no período 90-105 DAS, que pode ter sido ocasionado por um atraso na fase vegetativa, como analisado na variável emissão de inflorescência.

Avaliando-se a evolução do consumo diário da cultura (Figura 27), observa-se que a salinidade da água de irrigação causou efeito negativo progressivo da salinidade no consumo hídrico, ao longo do experimento. Em relação ao substrato, vê-se que a adição de polpa de mamona promoveu redução no VCD no início do experimento; entretanto, a melhora das propriedades físicas e químicas do solo pode ter possibilitado a recuperação das plantas com adição do material, como abordado na análise de outras variáveis.

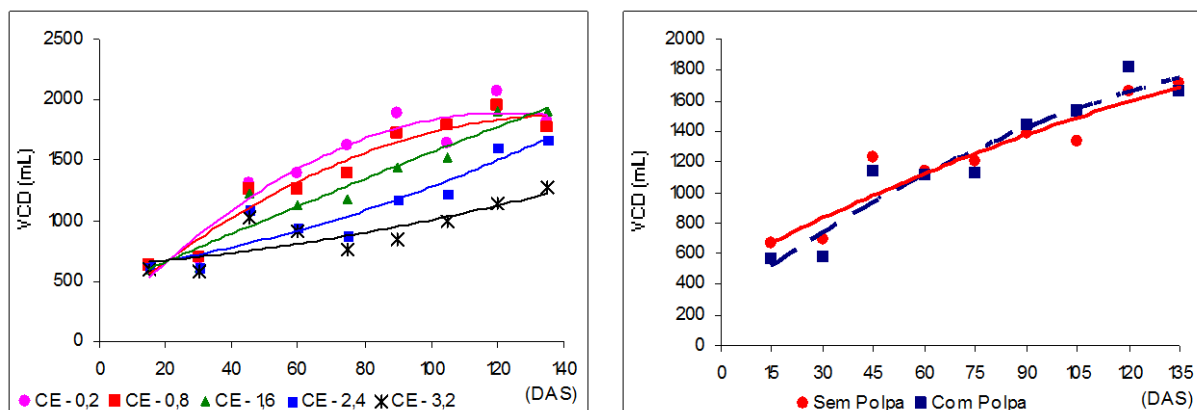


Figura 27. Variação de volume consumido diariamente (VCD) da mamona em função da água de irrigação e do substrato, ao longo do experimento

4.5.3 Fração de lixiviação

Apresentam-se, na Tabela 20, valores médios das variáveis volume total de água consumido (VTAC), o volume total de água drenada (VTAD) e a fração de lixiviação (FL) em cada tratamento estudado.

Tabela 20. Médias das variáveis volume total de água consumido (VTAC), volume total de água drenada (VTAD) e fração de lixiviação (FL)

	VTAC	VTAD	FL
Água em S1 (CE - dS.m ⁻¹)			
Médias (L)			
A1 (0,2)	189,4	30,5	0,13870
A2 (0,8)	189,7	30,4	0,13812
A3 (1,6)	165,3	29,3	0,15057
A4 (2,4)	147,5	27	0,15473
A5 (3,2)	137,4	26	0,15912
Água em S2 (CE - dS.m ⁻¹)			
(L)			
A1 (0,2)	202,9	31,1	0,13291
A2 (0,8)	185,1	30,4	0,14107
A3 (1,6)	181,2	29,2	0,13878
A4 (2,4)	148,1	27,1	0,15468
A5 (3,2)	107,7	22,7	0,17408

Constata-se, conforme descrito no item “3.4 Instalação e condução”, que o volume de água aplicado a cada quinzena, ao longo do experimento, foi determinado objetivando-se a manutenção do valor da fração de lixiviação próximo a 0,15.

4.6 Balanço de íons

Apresenta-se, na Tabela 21, o balanço de íons no sistema solo-água-planta, considerando-se a inserção de cátions através da água de “irrigação”, da “adubação” e da adição da “polpa”, e sua movimentação para a “água drenada” e para a “planta”, para se obter a diferença desses no solo.

Tabela 21. Resumo do balanço de íons no sistema solo-água-planta

Subst.	Águas	Entrada (g)					Água Drenada		Planta		Δ Solo	
		CEa	AI	Adub.	Polpa	Total	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Na	A1	0,2	2,7	-	-	2,7	2,7	99,7	1,1	38,9	-1,1	-38,7
	A2	0,8	35,1	-	-	35,1	27,1	77,1	3,3	9,4	4,7	13,5
	A3	1,6	55,8	-	-	55,8	45,8	82,2	2,6	4,7	7,4	13,2
	A4	2,4	94,0	-	-	94,0	72,9	77,6	4,4	4,7	16,7	17,8
	A5	3,2	120,4	-	-	120,4	90,3	75,0	2,7	2,3	27,3	22,7
	Médias		61,6	-	-	61,6	47,8	77,5	3,1	5,0	2,8	4,6
	A1	0,2	2,9	-	-	2,9	3,1	106,5	1,5	51,1	-1,7	-57,6
	A2	0,8	33,2	-	-	33,2	29,5	88,9	3,2	9,5	0,5	1,6
	A3	1,6	65,5	-	-	65,5	52,4	80,1	3,6	5,6	9,4	14,3
	A4	2,4	89,9	-	-	89,9	64,8	72,0	3,6	4,0	21,5	23,9
A5	3,2	97,8	-	-	97,8	56,8	58,1	3,8	3,9	37,2	38,0	
Médias		57,9	-	-	57,9	41,3	71,4	3,5	6,0	3,1	5,4	
K	A1	0,2	1,5	7,7	-	9,1	0,3	2,8	5,6	61,1	3,3	36,1
	A2	0,8	3,3	7,7	-	10,9	0,5	4,6	5,9	53,7	4,5	41,7
	A3	1,6	4,3	7,7	-	11,9	1,9	16,3	4,6	38,3	5,4	45,3
	A4	2,4	6,6	7,7	-	14,2	1,7	12,0	5,3	37,1	7,3	50,9
	A5	3,2	8,1	7,7	-	15,7	2,1	13,5	3,9	25,1	9,7	61,4
	Médias		4,7	7,7	-	12,4	1,3	10,5	5,5	44,0	5,1	40,7
	A1	0,2	1,5	7,7	0,3	9,5	0,4	4,0	5,9	61,6	3,3	34,4
	A2	0,8	3,1	7,7	0,3	11,1	1,3	11,9	7,1	64,1	2,7	24,0
	A3	1,6	4,9	7,7	0,3	12,9	0,9	7,3	5,9	45,9	6,0	46,8
	A4	2,4	6,3	7,7	0,3	14,3	2,2	15,5	6,6	46,3	5,5	38,2
A5	3,2	6,6	7,7	0,3	14,6	2,5	17,5	3,9	26,7	8,1	55,9	
Médias		4,5	7,7	0,3	12,5	1,5	11,9	6,6	53,0	5,9	47,1	
Ca	A1	0,2	4,0	25,4	-	29,4	12,8	43,5	6,7	22,7	10,0	33,8
	A2	0,8	6,3	25,4	-	31,7	13,9	43,9	7,2	22,6	10,6	33,5
	A3	1,6	6,8	25,4	-	32,2	13,9	43,2	5,0	15,4	13,3	41,4
	A4	2,4	8,4	25,4	-	33,7	15,5	46,0	9,0	26,8	9,2	27,2
	A5	3,2	8,1	25,4	-	33,5	15,4	46,1	4,2	12,7	13,8	41,3
	Médias		6,7	25,4	-	32,1	14,3	44,6	7,0	21,7	6,4	20,0
	A1	0,2	4,2	25,4	0,7	30,3	3,1	10,3	7,5	24,7	19,7	64,9
	A2	0,8	5,9	25,4	0,7	32,0	29,5	92,2	8,9	27,9	-6,4	-20,1
	A3	1,6	8,2	25,4	0,7	34,3	52,4	152,9	9,4	27,3	-27,5	-80,2
	A4	2,4	8,0	25,4	0,7	34,1	64,8	190,0	7,4	21,6	-38,0	-111,6
A5	3,2	6,4	25,4	0,7	32,5	56,8	174,7	4,2	12,8	-28,5	-87,5	
Médias		6,5	25,4	0,7	32,7	41,3	126,6	8,4	25,7	7,5	22,9	
Mg	A1	0,2	0,2	-	-	0,2	4,0	1852,9	3,5	1615,7	-7,3	-3368,5
	A2	0,8	2,2	-	-	2,2	4,1	188,3	5,3	245,9	-7,2	-334,2
	A3	1,6	3,5	-	-	3,5	4,5	127,7	4,0	114,9	-5,0	-142,6
	A4	2,4	5,8	-	-	5,8	5,3	91,7	4,0	69,5	-3,5	-61,2
	A5	3,2	7,4	-	-	7,4	5,8	78,7	3,6	49,5	-2,1	-28,2
	Médias		3,8	-	-	3,8	4,7	124,4	4,5	117,9	4,1	107,9
	A1	0,2	0,2	-	1,1	1,4	3,9	285,3	4,7	343,0	-7,3	-528,3
	A2	0,8	2,0	-	1,1	3,2	4,2	131,5	7,3	230,4	-8,3	-261,9
	A3	1,6	4,1	-	1,1	5,2	5,1	97,5	4,5	86,0	-4,4	-83,4
	A4	2,4	5,5	-	1,1	6,6	5,3	80,3	6,1	91,6	-4,8	-71,9
A5	3,2	6,0	-	1,1	7,1	5,4	75,9	4,5	63,6	-2,8	-39,5	
Médias		3,6	-	1,1	4,7	4,8	101,7	6,2	130,6	5,4	115,3	

Teores elevados dos cátions K^+ e Ca^{++} inseridos por “adubação” química e pela “polpa” de mamona, ocasionaram uma pequena variação nos valores dos cátions totais, apresentados na coluna “entrada”, desproporcional ao aumento da salinidade das águas, principalmente em relação ao Ca^{++} .

A textura franco arenosa do solo, praticamente isento de argilas, sua elevada concentração inicial de Mg^{++} e a grande inserção de Ca^{++} e Na^+ pela adubação e pelas águas de irrigação, respectivamente, favoreceram a lixiviação desses cátions para as águas drenadas; a exceção se dá no caso do K^+ que, pelos baixos teores inseridos pelas águas de irrigação e por sua importância ao metabolismo da planta, apresentou baixa lixiviação e elevada absorção pelas plantas.

Valores apresentados na coluna “planta”, indicam uma seletividade parcial na absorção de cátions. Não houve variação na massa absorvida desses íons proporcionalmente à elevação da salinidade das águas de irrigação, sendo Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} e Na^+ , ordenadamente, os cátions mais absorvidos pela planta.

Reduções de absorção de K^+ e Ca^{++} pelas plantas irrigadas com água com valor de condutividade elétrica igual a $3,2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (A5) podem ter ocorrido em função do seu menor desenvolvimento, como observado através de seus valores de fitomassa total (Tabela 14).

Ainda pela Tabela 21 pode-se observar tendência ao aumento de concentração de Na^+ e Mg^{++} no solo com o aumento da salinidade das águas de irrigação; apenas uma pequena parte dos cátions adicionados ao sistema solo-água-planta foi absorvido pela planta. Segundo Rhoades & Loveday (1990) e Ayers & Westcot (1999), em geral, após cada irrigação os sais solúveis, adicionados ao solo, juntamente com a água de irrigação; se vão concentrando na solução do solo e, a medida em que as plantas extraem grande parte da água armazenada na zona radicular para os seus processos vitais, através da transpiração, deixam para trás quase todos os sais.

O Mg^{++} apresenta valores negativos na coluna “ Δ Solo”, indicando uma considerável absorção pela planta e lixiviação para a água drenada deste elemento.

A Figura 28 apresenta a variação de massa (g) dos cátions no solo em relação à condutividade das águas de irrigação, determinada no início e no final do experimento, além de valores calculados através da coluna “ Δ Solo” (Tabela 21 e Figura 28), para ambos os substratos.

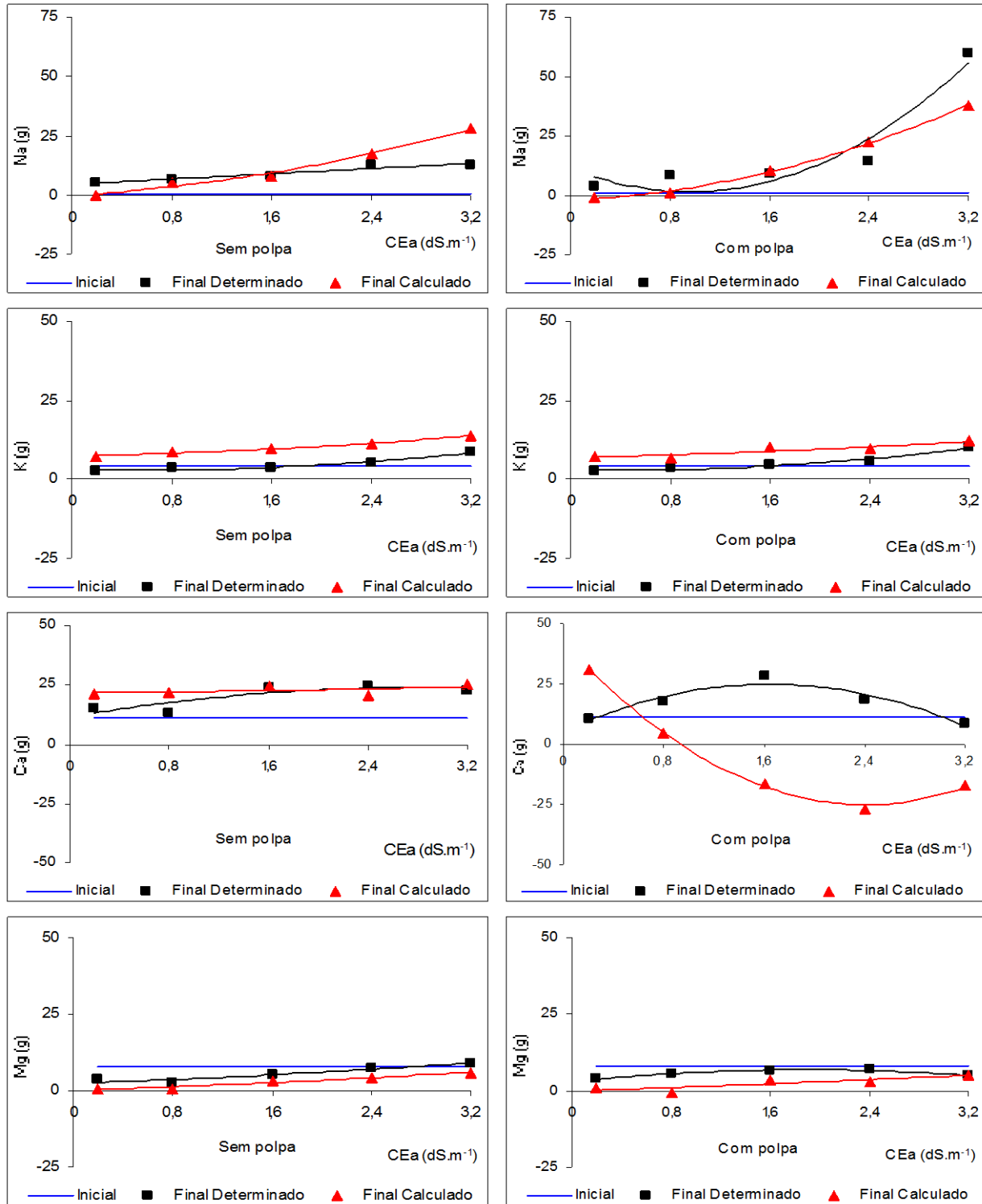


Figura 28. Variação de massa de cátions (g) no solo inicial e final (calculado e analisado), em relação à salinidade das águas de irrigação, para ambos os substratos

Nota-se coerência entre os valores finais de massa dos cátions no solo, determinados por análises e calculados pelo balanço de íons (Figura 28), que indicam uma confiabilidade nos apresentados no resumo do balanço de íons (Tabela 21)

A diferença observada entre o valor final do Ca^{++} no solo com polpa, determinado por análise e calculado pelo balanço de íons, pode decorrer de desvios de amostragem, como coleta de amostras não representativas e manuseio inadequado, ou, principalmente, de análises químicas, ocasionados por imprecisões analíticas e dispersões laboratoriais, uma vez que estes desvios não se repetem para os demais cátions.

A Figura 29 apresenta a variação dos valores de pH e da condutividade elétrica no extrato de saturação no solo com a elevação da salinidade.

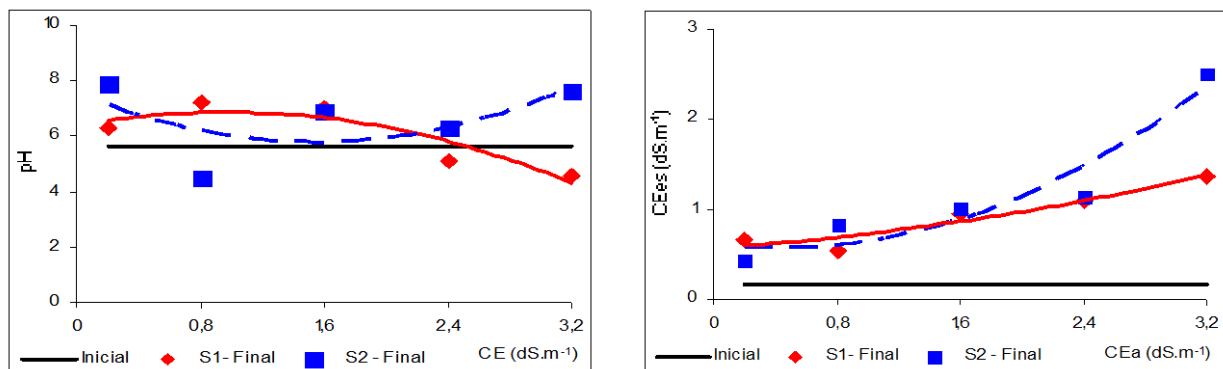


Figura 29. Variação do pH e da CEes no solo, em função da elevação da salinidade nas águas de irrigação

Vê-se um aumento do pH e da CEes do solo em função do aumento da salinidade das águas de irrigação (Figura 29).

O aumento de pH do solo foi ocasionado, possivelmente, pela incorporação de elevado teor de Ca^{++} ao solo, proveniente do superfosfato simples utilizado como fonte de fósforo, e pelo elevado teor de HCO_3^- e pH alcalino das águas de irrigação (Tabela 6). Cabe salientar que o valor de pH final no solo menor que o inicial em parcelas submetidas a irrigação com água A1 (CE = 0,2 dS.m⁻¹), provavelmente decorreu da lixiviação do cátions Ca^{++} e Mg^{++} preexistentes no solo; por outro lado, o aumento da CEes no solo foi consequência, provavelmente, do aumento de concentração de íons, incorporados pelas águas de irrigação, e da seletividade parcial de absorção radicular destes cátions.

5 CONCLUSÕES

1. O aumento da salinidade na água de irrigação e a polpa de mamona afetaram a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de emergência.
2. O aumento da salinidade na água de irrigação influenciou negativamente o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira, estudados através das variáveis altura de planta, diâmetro de caule, área foliar, número de folhas, índice de deformação foliar e comprimento de cacho. A área foliar, variável mais afetada, foi reduzida a partir dos 40 DAS, enquanto a altura da planta apresentou decréscimo em função da salinidade das águas aos 80 DAS.
3. Dentre as variáveis de fitomassa, apenas o peso de folha total e o peso de caule foram afetados negativamente pela salinidade da água de irrigação, enquanto a variável peso de folha total foi afetada positivamente pela adição de polpa de mamona.
4. Na fase reprodutiva a variável número de frutos foi afetada negativamente pela salinidade da água de irrigação, enquanto a variável emissão de inflorescência o foi negativamente, pela adição de polpa de mamona.
5. O aumento da salinidade na água de irrigação influenciou negativamente o consumo hídrico da mamoneira, durante todo o experimento. O volume total de água consumido não foi influenciado pela polpa de mamona; entretanto, o volume consumido diariamente

foi reduzido no início e aumentado significativamente no final do experimento, com a adição da matéria orgânica.

6. Nas proporções de íons utilizadas na formação das águas, houve deslocamento de maior percentual de massa dos cátions Na^+ e Ca^{++} para a água drenada, e K^+ e Mg^{++} foram deslocados em maior quantidade para as plantas.
7. O aumento dos teores dos cátions nas águas de irrigação não resultou em sua maior absorção pela planta.
8. O aumento da condutividade elétrica das águas de irrigação promoveu um aumento do pH e da CEs no solo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 467 p.

ALL Consulting. **Handbook on coal bed methane produced water: management and beneficial use alternatives**. Ground Water Protection Research Foundation, U.S. Department of Energy and U.S. Bureau of Land Management. Tulsa, 2003. 322 p.

AMYX, J. W.; BASS, D. M., WHITING, R. L. **Petroleum reservoir engineering** – Physical Properties, New York, McGraw-Hill, 1960. 610 p.

ARAÚJO, A. L. de. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.)**. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande - PB, 1999. 130 p. (Dissertação de Mestrado).

ARAÚJO, C. A. S. **Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva**. Viçosa. UFV, 1994. 87 p. (Dissertação de Mestrado).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

AZEVEDO, D. M. P. de; NÓBREGA, L. B. da.; LIMA, E. F.; BATTISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. DE M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 6, p.121-155.

BERNSTEIN, L. Effects of salinity on mineral composition and growth of plants. **Plant analysis and fertilizer problems**. v.4, p.25-45. 1964.

BOHN, H. L.; McNEAL B. L.; O'CONNOR G. A. **Soil chemistry**. New York: John Wiley and Sons, 1979. 329 p.

BRADY, N.; BUCKMAN, H. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro. Livraria Freitas Bastos S. A. 1983. 647 p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; NUCCI, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S. Conceito de reuso de água. In: **Reuso de água**; Capítulo 2. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.

BREIT, G.; KLETT, T. R.; RICE, C. A.; FERDERER, D. A.; KHARAKA, Y. **National compilation of information about water co-produced with oil and gas**. International Petroleum Environmental Conference, Albuquerque, NM. 1998. p.20-23.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; MELO, E. de B. **Mamona consorciada com feijão visando a produção de biodiesel, emprego e renda**. Bahia Agrícola. v. 5, n. 2, p.34-37, 2002.

CARNEIRO, P. T. **Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade**. Campina Grande: UFPB, 2001. 85 p. (Dissertação de Mestrado).

CAVALCANTI, M. L. F. **Germinação e crescimento inicial da mamoneira irrigada com águas salinas**. Campina Grande: UFCG, 2003. 46 p. (Dissertação de Mestrado).

CAVALCANTI, M. L. F.; BARROS JUNIOR, G.; CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTI, R. S. Crescimento inicial da mamoneira submetida à salinidade da água de irrigação. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**. Belo Horizonte, v.4, n.1. 2004.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Mamona – Brasil. Série Histórica de Área Plantada. Brasília-DF. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/mamonaseriehist.xls>> Acesso em: 08 set 2006

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, 17 de março de 2005**. São Paulo, 2005. 23 p.

COSTA, F. X.; SEVERINO, L. S. BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, R. M. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. **Composição química da torta de mamona**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. Energia e sustentabilidade - Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. s.p.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337 p.

DAKER, A. **A água na agricultura; Manual de hidráulica agrícola**, vol. 3, Irrigação e drenagem, Rio e Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 453 p.

DUARTE, A. de S. **Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada.** Campina Grande: UFCG, 2002. 108 p. (Dissertação Mestrado)

DUTRA, I.; MEDEIROS, J. F. de; PORTO FILHO, F. de Q.; COSTA, M. da. C. Determinação do fator de cobertura do melão cultivado sob diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2000. v.4, p.146-151.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Arranjo de fileiras no consórcio mamona/milho.** Embrapa-CNPAC. Campina Grande, 1997a. 21 p. (Boletim de pesquisa, 34).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** Embrapa-CNPAC. Rio de Janeiro, 1997b. 212 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil.** Campina Grande: Embrapa-CNPAC, 1997c. 52 p. (Circular técnica, 25).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Nova cultivar de mamona, BRS 149 (Nordestina) e seu sistema de produção.** Embrapa-CNPAC. Campina Grande, 1998. 1-4 p. (Comunicado Técnico, 91).

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília: Embrapa-CNPAC/DPU, 1989. 425 p. (Documento, 18).

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R.; Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.319 – 362.

FERREIRA, P. V. **Estatística aplicada à agronomia.** 3 ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422 p.

FOLLET, H. R., MURPHY, L. S., DONAHUE, R. L. **Fertilizers and soil amendments.** New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1981. p.163-168.

FORNARI, E. **Manual prático de agroecologia.** São Paulo: Ground, SP, 2002. 237 p.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual review of plant physiology.** Palo Alto, 1980. v.31 p.149-90

GÓES, E. S. de. **O problema da salinidade e drenagem em projetos de irrigação no Nordeste e a ação da pesquisa com vistas ao seu equacionamento.** Recife: SUDENE, 1978. 20 p.

GUPTA A. P.; ANTIL R. S.; NARWAL R. P. Utilization of deoiled castor cake for crop production. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 2004. v.50, p.389-395.

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. de S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Estresse salino na germinação e formação de porta enxerto de acerola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2003. v.7, n.1. p.31-36.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (ed.). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. p.37-95.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IGVALSON, R. D.; RHOADES, J. D.; PAGE, A. L. Correlation of alfafa yield with various index of salinity. **Soil science**. Baltimore, 1976. v.122, n.3.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720 p.

KENT, L. M.; LAUCHLI, A. Germination and seedling growth of cotton: salinity-calcium interactions. **Plant, Cell and Environment**. 1985, v.8, p.155-159.

KIEHL, J. E. Preparo de composto na fazenda. **Casa da Agricultura**. Campinas, 1981. v.3, n.3, p.6-9.

KINRAIDE, T. B. Interactions among Ca^{2+} , Na^{+} and K^{+} in salinity toxicity: quantitative resolution of multiple toxic and ameliorative effects. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, 1999. v.50, n.3, p.1495-1505.

KORKOR, S. A.; HILLEL, M. H. Use of saline water for irrigating. Wheat crop. **Agrochemical**, 1976. v.20, n.1-2, p.233-238.

LAHAYE, P. A.; EPSTEIN, E. Salt toleration by plants: enhancement with calcium. **Science**, 1969. v.166, p.355-356.

LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, 1984. v.38, n.10, p. 18-21.

LÉON S., G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande. UFP, 1999. 110 p.

LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB, SBEA, 1997. p.113-136.

LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem.** Viçosa: UFV, 1998. 87 p. (Tese de Doutorado).

MAAS, E. V. Crop tolerance. **California Agriculture**. Berkeley, v.38, n.10, p.20-21. 1984.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - current assesment. **Journal of Irrigations and Drainege**, New York: ASCE, v.103. p.115-134. 1977.

MAAS, E. V.; NIEMAN, R. H. Physiology of plant tolerance to salinity. In: **Crop tolerance to suboptimal land conditions**. Jung, G. A. (ed.). ASA Special Publication. n.32. p.227-299. 1978

MAAS, E. V.; OGATA, G.; GARBER, M. J. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. **Agronomic Jornal** **64**, p.793-795. 1972.

MAGALHÃES, A. C. N.; CARELLI, M. L. Germinação de sementes de feijão (*Pahseolus vularis* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. **Bragantia**, Campina, 1972. v.31, n.51, p. 19-26.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. **Qualidade de água de irrigação**. Mossoró, ENA/ESAM, 1994. 60 p. (ESAM, Boletim Técnico/Científico, 22).

MENGUEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International. Potash Institute, 1987. 687 p.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A; CAMARGO, F. A. O. (ed.), **Fundamentos da matéria orgânica do solo - Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 1-8.

NASCIMENTO, M. B. H. do. **Utilização de água residuária tratada e biossólido no cultivo da mamona**. Campina Grande: UFCG, 2005. 66 p. (Dissertação de Mestrado)

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: **Métodos de pesquisa em fertilidade de solo**. Brasília: Embrapa-SEA. 1991. 392 p. (Documentos, 3).

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, T. G.; OLIVEIRA, B. C. Efeito de substratos salinizados na germinação, vigor e no desenvolvimento do algodoeira herbáceo. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, 1998. v.18, n.2, dez. p.1-10.

PAGANINI, W. da S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (ed). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. p.339 - 431.

PASTERNAK, D.; TWERSKY, M.; MALACH, Y. Salt resistance in agricultural crops. In: MUSSED, H.; STAPLES, R.C. (ed.). **Stress physiology in crop plants**. New York: John Wiley and Sons Inc., 1979.

PEREIRA, J. R. **Genótipos de algodoeiro erbáceo (*Gossypium hirsutum* L. *Latifolium* H.) submetidos a estresse hídrico na fase de germinação.** Campina grande: UFPB, 1997. 136 p. (Dissertação de Mestrado).

PERES, L. E. P. **Nutrição Mineral de Plantas.** Piracicaba – SP, 2002. Apostila disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/sbfv/arquivos/aulas/grad01/05__nutricao_mineral/NutricaoMineral.pdf. Acesso em: 26 jul. 2006.

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E. de; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília: MAPA/SPA, 2005. v.14, n.5, p.31-41.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (ed.). **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003. p.37-95.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos.** Madrid: Ed. Agrícola Española, S. A , 1985. 542 p.

POMIER, M.; BRUNIN, C. Irrigation des cocotiers à l'eau salée. **Oléagineux**, Paris, 1974, v.29, n.4, p.183-186.

PRISCO, J. T. Alguns aspectos da fisiologia do “stress” salino. **Revista Brasileira de Botânica.** São Paulo, 1980. v.3, p. 85-94.

REEVE, R. C.; FIREMAN, M. Salt problems in relation to irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISE, R. H.; EDMINSTER, T. W. (ed). **Irrigation of agricultural lands.** Madison: American Society of Agronomy, 1967. cap.51, p.356-357.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M.; **Uso de águas salinas para produção agrícola.** Campina Grande: UFPB. 2000, 117 p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48).

RHOADES, J. D., LOVEDAY, J. Salinity in irrigated agriculture. In: STEWARD, B. A, NIELSEN, D. R. (ed.). **Irrigation of agricultural crops.** Madison: American Society of Agronomy, 1990. Cap. 9, p.31-67. (Agronomy, 30).

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).

ROSA, E. A. dos S. A salinização em ambientes protegidos. In: **Forum internacional de cultivo protegido.** Botacutu: UNESP, 1997. p.226-262.

RUSH, D. W.; EPSTEIN, E. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. **Journal American Society of Horticulture Science**, 1981.v.106, p.699-704

RYAN, J.; MIYAMOTO, S. STROEHLEIN, J. L. **Salt and specific ion effects on germination of four grasses.** Journal of range Management, v.28. 1975

SANTOS, J. G. R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: Teoria e prática.** Campina Grande-PB. 2000. 171 p.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola.** Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO. **Diagnóstico e oportunidades de investimentos: mamona.** Salvador: SEBRAE, 1995. 64 p. (Série Oleaginosas)

SEVERINO, L. S. **O que sabemos sobre a torta de mamona.** Embrapa-CNPQ, 2005. 31 p. (Documentos, 134).

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SANTOS, J. W. dos. **Método para determinação da área foliar da mamoneira.** Campina Grande – PB: Embrapa-CNPQ. 2005a. 22 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - 55)

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. DE MACEDO. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de biologia e ciências da terra.** V.5, nº 1, 2005b, 22 p.

SHAINBERG, I.; OSTER, J. D. **Quality of irrigation water.** Bet Dagan: International Irrigation Center, 1978. 65 p.

SHARMA, M. L. Interaction of water potential and temperature effects on germination of three semi-arid plant species. **Agronomy Journal**, Madison: American Society of Agronomy, 1976. v.68, p.390-394.

SHANNON, M. C. Quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. **Horticulture Science.** Fort Collins, 1979. v.14, p.587-589.

SMEDEMA, L. K., RYCROFT, D. W. **Land drainage:** Planning and design of agricultural drainage systems. London: Editora Batsford, 1988. 376 p.

SILVA, C. R. R. **Água produzida na extração de petróleo.** Bahia: Escola Politécnica – UFBA, 1999, 27 p. (Monografia.)

SILVA, D. da.; PRUSKI, F. F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura.** Brasília: MMA/ SBH/ ABEAS.1997. 252 p.

SILVA, S. M. S. **Germinação, crescimento e desenvolvimento de genótipos de mamoneira irrigadas com águas salinas.** Campina Grande: UFCG, 2004. 78 p. (Dissertação de Mestrado).

SOARES, F. A. **Comportamento do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims.f. flavicarpa Deg.*) sob condições de estresse salino.** Campina grande: UFPB, 2001. 153 p. (Dissertação de Mestrado).

SOUSA, J.T., LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande: EDUEP, 2003. 103 p.

SOUZA, M. R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. Campina Grande-PB: UFPB, 1995. 94p. (Dissertação de Mestrado).

SYLVERSTSEN, J. P.; YELENOSKY, G. Salinity can enhance freeze tolerance of citrus rootstock seedlings by modifyng growth, water relations, and mineral nutrition. **Journal American Society of Horticulture Science**, Geneva. 1988. v.13.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, London, 2003, v.91, n.3, p.503-527.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos – Um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande: Epgraf, 1994. 210 p.

VEIL, J.A., M.G. PUDER, D. ELCOCK, AND R.J. REDWEIK, JR., 2004, **A white paper describing produced water from production of crude oil, natural gas, and coal bed methane**. U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory, 2004. 79 p.

VIEIRA, R.D. & CARVALHO, N.M. de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

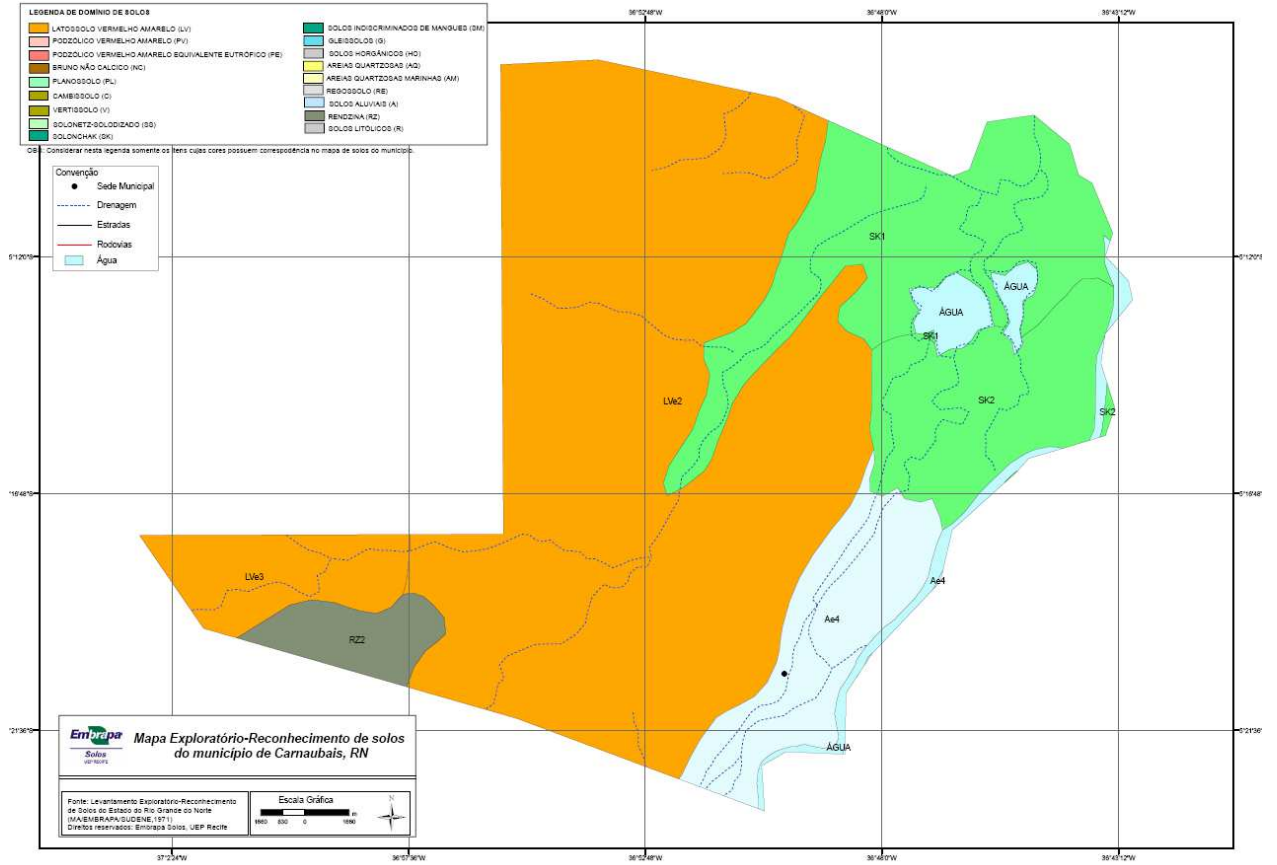
VON SPERLING, M. Noções de qualidade de água, In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 187 p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Report of a WHO Scientific Group, Technical Report Series. 778. WHO, 1989, Geneva. 72 p.

ANEXOS

ANEXO A

Mapa Exploratório-Reconhecimento de solos do município de Carnaubais, RN



ANEXO B

Boletins de análises químicas do cacho, caule, folha e raiz da mamona,
aos 150 dias após semeadura

BOLETIM Nº.: 055/05

CLIENTE: Liv Soares / Daniel Kühner Coelho

Material: Cachos de mamona (Na, K, Ca, Mg, S)

LOCAL:

DETERMINAÇÕES

Identificação			%Umid	%Na	%K	%K2O	%Ca	%CaO	%Mg	%MgO	%S
Nº lab.	Tratamento	Parcela									
05.01255		1	5,44	0,89	0,78	0,94	0,68	0,95	0,21	0,36	0,16
1.256		2	4,63	0,73	0,99	1,18	0,63	0,88	0,18	0,31	0,12
1257		3	4,14	0,57	0,98	1,18	0,63	0,88	0,28	0,49	0,16
1.258		4	4,99	0,49	1,07	1,29	0,63	0,89	0,49	0,85	0,12
1259		5	5,42	0,24	0,78	0,94	0,55	0,77	0,15	0,27	0,13
1.260		6	6,69	0,16	0,99	1,18	0,73	1,02	0,44	0,77	0,19
1261		7	7,63	0,00	0,82	0,99	0,87	1,21	0,45	0,78	0,22
1.262		9	5,85	0,81	0,76	0,92	0,26	0,36	0,80	1,39	0,15
1263		10	4,74	0,24	0,88	1,06	0,80	1,12	0,08	0,13	0,23
Máximo			7,63	0,89	1,07	1,29	0,87	1,21	0,80	1,39	0,23
Mínimo			4,14	0,00	0,76	0,92	0,26	0,36	0,08	0,13	0,12
Média			5,50	0,46	0,90	1,07	0,64	0,90	0,34	0,59	0,16
Desvio Padrão			1,09	0,31	0,11	0,14	0,17	0,24	0,23	0,39	0,04
%C.V.			19,84	68,18	12,69	12,69	27,18	27,18	66,13	66,13	25,28

Adeilva Rodrigues Valença

Assistente de Operações I
Embrapa Algodão - Mat. 305.122
Data: 03/03/06
Responsável pelas análises

Dr. Gilvan Barbosa Ferreira

Engº Agrônomo, D.S. - CREA nº 7826-D
Pesquisador da Embrapa Algodão
Data: 03/03/06
Resp. pelo Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas

BOLETIM Nº.: 056/05

CLIENTE: Liv Soares / Daniel Kühner Coelho

Material: Caule de mamona (Na, K, Ca, Mg, S)

LOCAL:

DETERMINAÇÕES

Identificação			%Umid	%Na	%K	%K2O	%Ca	%CaO	%Mg	%MgO	%S
Nº lab.	Tratamento	Parcela									
05.01264		1	6,16	0,94	0,51	0,61	1,67	2,33	0,52	0,90	0,24
1.265		2	5,91	1,75	0,79	0,94	2,43	3,40	0,44	0,76	0,13
1266		3	6,50	1,50	0,49	0,59	1,97	2,76	0,36	0,63	0,19
1.267		4	5,24	0,43	0,89	1,06	1,56	2,19	0,49	0,85	0,19
1268		5	6,46	0,44	0,66	0,80	1,50	2,10	0,42	0,72	0,14
1.269		6	6,10	0,18	0,79	0,95	1,71	2,39	0,67	1,17	0,17
1270		7	6,86	0,18	1,10	1,31	1,25	1,75	0,91	1,59	0,19
1.271		8	5,31	0,96	0,63	0,76	1,27	1,78	0,49	0,85	0,22
1.272		9	5,27	3,48	0,51	0,61	2,54	3,55	0,54	0,94	0,24
1273		10	6,43	0,18	0,75	0,90	1,11	1,56	0,49	0,86	0,17
Máximo			6,86	3,48	1,10	1,31	2,54	3,55	0,91	1,59	0,24
Mínimo			5,24	0,18	0,49	0,59	1,11	1,56	0,36	0,63	0,13
Média			6,02	1,00	0,71	0,85	1,70	2,38	0,53	0,93	0,19
Desvio Padrão			0,58	1,03	0,19	0,23	0,48	0,68	0,16	0,27	0,04
%C.V.			9,62	103,17	26,89	26,89	28,40	28,40	29,42	29,42	20,03

Adeilva Rodrigues Valença

Assistente de Operações I
Embrapa Algodão - Mat. 305.122
Data: 03/03/06
Responsável pelas análises

Dr. Gilvan Barbosa Ferreira

Engº Agrônomo, D.S. - CREA nº 7826-D
Pesquisador da Embrapa Algodão
Data: 03/03/06
Resp. pelo Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas

BOLETIM Nº.: 053/05

CLIENTE: Liv Soares / Daniel Kühner Coelho

Material: Folhas(Na, K, Ca, Mg, S)

LOCAL:

DETERMINAÇÕES

Identificação			%Umid	%Na	%K	%K2O	%Ca	%CaO	%Mg	%MgO	%S
Nº lab.	Tratamento	Parcela									
05.01201		2	11,89	0,11	1,18	1,42	2,27	3,18	1,05	1,82	0,55
1.202		3	12,18	0,09	1,21	1,45	2,15	3,00	1,08	1,88	0,55
1203		4	12,41	0,07	1,12	1,34	2,01	2,82	1,08	1,88	0,68
1.204		5	12,45	0,05	1,05	1,26	1,56	2,18	1,03	1,79	0,65
1.205		6	13,53	0,07	1,18	1,42	1,58	2,21	1,52	2,64	0,46
1206		7	13,26	0,14	1,15	1,38	1,66	2,33	1,29	2,24	0,42
1.207		8	13,39	0,07	1,06	1,27	1,16	1,62	1,04	1,81	0,41
1.208		9	13,31	0,21	1,22	1,47	1,11	1,55	1,26	2,20	0,47
1209		10	12,06	0,05	1,16	1,39	1,69	2,36	1,02	1,78	0,66
Máximo			13,53	0,21	1,22	1,47	2,27	3,18	1,52	2,64	0,68
Mínimo			11,89	0,05	1,05	1,26	1,11	1,55	1,02	1,78	0,41
Média			12,72	0,09	1,15	1,38	1,69	2,36	1,15	2,01	0,54
Desvio Padrão			0,64	0,05	0,06	0,07	0,40	0,57	0,17	0,30	0,10
%C.V.			5,07	55,37	5,24	5,24	23,95	23,95	14,74	14,74	19,37

Adeilva Rodrigues Valença

Assistente de Operações I
Embrapa Algodão - Mat. 305.122
Data: 15/12/05
Responsável pelas análises

Dr. Gilvan Barbosa Ferreira

Engº Agrônomo, D.S. - CREA nº 7826-D
Pesquisador da Embrapa Algodão
Data: 15/12/05
Resp. pelo Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas



BOLETIM Nº.: 054/05

CLIENTE: Liv Soares / Daniel Kühner Coelho

Material: Raiz de mamona (Na, K, Ca, Mg, S)

LOCAL:

DETERMINAÇÕES

Identificação			%Umid	%Na	%K	%K2O	%Ca	%CaO	%Mg	%MgO	%S
Nº lab.	Tratamento	Parcela									
05.01210		1	11,35	0,88	0,43	0,51	0,59	0,82	0,85	1,48	0,31
1.211		2	9,92	0,73	0,38	0,45	0,85	1,18	0,51	0,89	0,39
1212		3	10,09	0,62	0,36	0,43	0,71	1,00	0,43	0,75	0,22
1.213		4	12,52	0,71	0,41	0,49	0,55	0,77	0,81	1,40	0,25
1.214		5	12,23	0,21	0,41	0,49	0,37	0,51	0,44	0,77	0,12
1215		6	12,38	0,62	0,55	0,66	0,55	0,77	0,50	0,87	0,23
1.216		7	12,76	0,73	0,64	0,77	0,51	0,71	0,50	0,87	0,26
1.217		8	11,24	0,63	0,70	0,84	0,50	0,70	0,55	0,95	0,28
1.218		9	12,57	0,94	0,53	0,63	0,69	0,96	0,92	1,60	0,35
1219		10	12,14	0,25	0,50	0,60	0,36	0,51	0,61	1,06	0,11
Máximo			12,76	0,94	0,70	0,84	0,85	1,18	0,92	1,60	0,39
Mínimo			9,92	0,21	0,36	0,43	0,36	0,51	0,43	0,75	0,11
Média			11,72	0,63	0,49	0,59	0,57	0,79	0,61	1,07	0,25
Desvio Padrão			1,03	0,24	0,11	0,14	0,15	0,21	0,18	0,31	0,09
%C.V.			8,79	37,66	23,40	23,40	26,62	26,62	29,19	29,19	35,25

Adeilva Rodrigues Valença

Assistente de Operações I
Embrapa Algodão - Mat. 305.122
Data: 15/12/05
Responsável pelas análises

Dr. Gilvan Barbosa Ferreira

Engº Agrônomo, D.S. - CREA nº 7826-D
Pesquisador da Embrapa Algodão
Data: 15/12/05
Resp. pelo Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas

ANEXO C

Planilha de determinação da massa de cátions deslocada para as plantas

Parcela	Trat.	Parte	%Umid	%Na	%K	%K2O	%Ca	%CaO	%Mg	%MgO	%S	P. Fitomassa	Umid	Na	K	Ca	Mg
1	5	Cacho	5,44	0,89	0,78	0,94	0,68	0,95	0,21	0,36	0,16	137,0	7,5	1,15	1,01	0,88	0,27
2	4	Cacho	4,63	0,73	0,99	1,18	0,63	0,88	0,18	0,31	0,12	163,1	7,5	1,14	1,53	0,98	0,28
3	8	Cacho	4,14	0,57	0,98	1,18	0,63	0,88	0,28	0,49	0,16	180,4	7,5	0,99	1,70	1,08	0,48
4	2	Cacho	4,99	0,49	1,07	1,29	0,63	0,89	0,49	0,85	0,12	232,0	11,6	1,08	2,37	1,39	1,07
5	6	Cacho	5,42	0,24	0,78	0,94	0,55	0,77	0,15	0,27	0,13	162,6	8,8	0,38	1,20	0,85	0,24
6	7	Cacho	6,69	0,16	0,99	1,18	0,73	1,02	0,44	0,77	0,19	75,5	5,1	0,11	0,69	0,51	0,31
7	9	Cacho	7,63	0,00	0,82	0,99	0,87	1,21	0,45	0,78	0,22	23,8	1,8	0,00	0,18	0,19	0,10
8	3	Cacho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
9	10	Cacho	0,81	0,76	0,92	0,26	0,36	0,80	1,39	0,15	0,15	108,4	0,9	0,82	0,99	0,38	1,50
10	1	Cacho	0,24	0,88	1,06	0,80	1,12	0,08	0,13	0,23	0,23	224,8	0,5	1,98	2,37	2,51	0,30
1	5	Caule	6,16	0,94	0,51	0,61	1,67	2,33	0,52	0,90	0,24	47,6	2,9	0,42	0,23	0,74	0,23
2	4	Caule	5,91	218,79	3,93	4,72	2,43	3,40	0,44	0,76	0,13	55,4	3,3	114,04	2,05	1,27	0,23
3	8	Caule	6,50	187,15	2,46	2,95	1,97	2,76	0,36	0,63	0,19	57,4	3,7	100,43	1,32	1,06	0,20
4	2	Caule	5,24	54,31	4,43	5,32	1,56	2,19	0,49	0,85	0,19	61,5	3,2	31,65	2,58	0,91	0,28
5	6	Caule	6,46	55,02	3,31	3,98	1,50	2,10	0,42	0,72	0,14	96,2	6,2	49,51	2,98	1,35	0,37
6	7	Caule	6,10	21,93	3,94	4,73	1,71	2,39	0,67	1,17	0,17	106,3	6,5	21,89	3,93	1,70	0,67
7	9	Caule	6,86	22,11	5,48	6,57	1,25	1,75	0,91	1,59	0,19	101,3	7,0	20,86	5,17	1,18	0,86
8	3	Caule	5,31	119,57	3,17	3,80	1,27	1,78	0,49	0,85	0,22	108,7	5,8	123,07	3,26	1,31	0,50
9	10	Caule	5,27	434,60	2,53	3,04	2,54	3,55	0,54	0,94	0,24	40,6	2,1	167,15	0,97	0,98	0,21
10	1	Caule	6,43	22,00	3,74	4,49	1,11	1,56	0,49	0,86	0,17	83,9	5,4	17,27	2,94	0,87	0,39
1	5	Folha		0,21	1,22	1,47	1,11	1,55	1,26	2,20	0,47	190,6	0,0	0,40	2,33	2,11	2,41
2	4	Folha	11,89	0,11	1,18	1,42	2,27	3,18	1,05	1,82	0,55	215,4	25,6	0,22	2,24	4,32	1,99
3	8	Folha	12,18	0,09	1,21	1,45	2,15	3,00	1,08	1,88	0,55	285,1	34,7	0,23	3,02	5,37	2,70
4	2	Folha	12,41	0,07	1,12	1,34	2,01	2,82	1,08	1,88	0,68	193,2	24,0	0,12	1,89	3,41	1,83
5	6	Folha	12,45	0,05	1,05	1,26	1,56	2,18	1,03	1,79	0,65	309,6	38,6	0,12	2,85	4,22	2,79
6	7	Folha	13,53	0,07	1,18	1,42	1,58	2,21	1,52	2,64	0,46	318,6	43,1	0,19	3,25	4,34	4,18
7	9	Folha	13,26	0,14	1,15	1,38	1,66	2,33	1,29	2,24	0,42	264,6	35,1	0,32	2,65	3,82	2,96
8	3	Folha	13,39	0,07	1,06	1,27	1,16	1,62	1,04	1,81	0,41	249,8	33,4	0,15	2,30	2,50	2,25
9	10	Folha	13,31	0,21	1,22	1,47	1,11	1,55	1,26	2,20	0,47	209,5	27,9	0,38	2,22	2,02	2,29
10	1	Folha	12,06	0,05	1,16	1,39	1,69	2,36	1,02	1,78	0,66	216,1	26,1	0,09	2,20	3,20	1,94
1	5	Raiz	11,35	0,88	0,43	0,51	0,59	0,82	0,85	1,48	0,31	98,1	11,1	0,77	0,37	0,51	0,74
2	4	Raiz	9,92	0,73	0,38	0,45	0,85	1,18	0,51	0,89	0,39	324,0	32,2	2,14	1,10	2,47	1,50
3	8	Raiz	10,09	0,62	0,36	0,43	0,71	1,00	0,43	0,75	0,22	290,2	29,3	1,63	0,93	1,86	1,13
4	2	Raiz	12,52	0,71	0,41	0,49	0,55	0,77	0,81	1,40	0,25	301,3	37,7	1,87	1,08	1,45	2,13
5	6	Raiz	12,23	0,21	0,41	0,49	0,37	0,51	0,44	0,77	0,12	336,7	41,2	0,61	1,21	1,08	1,31
6	7	Raiz	12,38	0,62	0,55	0,66	0,55	0,77	0,50	0,87	0,23	494,8	61,2	2,67	2,38	2,38	2,17
7	9	Raiz	12,76	0,73	0,64	0,77	0,51	0,71	0,50	0,87	0,26	493,1	62,9	3,16	2,76	2,17	2,16
8	3	Raiz	11,24	0,63	0,70	0,84	0,50	0,70	0,55	0,95	0,28	261,3	29,4	1,46	1,62	1,15	1,27
9	10	Raiz	12,57	0,94	0,53	0,63	0,69	0,96	0,92	1,60	0,35	150,6	18,9	1,23	0,69	0,91	1,21
10	1	Raiz	12,14	0,25	0,50	0,60	0,36	0,51	0,61	1,06	0,11	138,4	16,8	0,30	0,61	0,44	0,74