



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

ANDREZZA KYARELLE BEZERRA DE MOURA

**INDICADORES DE ESTOQUES E EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTES E
ÁGUA EM SISTEMAS BISSALINO DA PALMA FORRAGEIRA, SORGO E
MILHETO**

**AREIA
2021**

ANDREZZA KYARELLE BEZERRA DE MOURA

**INDICADORES DE ESTOQUES E EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTES E
ÁGUA EM SISTEMAS BLOSSALINO DA PALMA FORRAGEIRA, SORGO E
MILHETO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado
Integrado em Zootecnia da Universidade
Federal da Paraíba como requisito parcial para
obtenção do título de Doutora em Zootecnia

Área de concentração: Nutrição e Produção
Animal.

Comitê de Orientação:

Profº. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo (EMBRAPA) – Orientador
Profº. Dr. Edson Mauro dos Santos (CCA/UFPB) - Co-orientador
Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva (UFRPE) - Co-orientador

**AREIA
2021**

**Catálogo na publicação Seção de
Catálogo e Classificação**

M929i Moura, Andrezza Kyarelle Bezerra de.

Indicadores de estoques e eficiência de uso de nutrientes e
água em sistemas bioassalino da palma forrageira, sorgo e milho
/ Andrezza Kyarelle Bezerra de Moura. - Areia:UFPB/CCA, 2021.
163 f. il.

Orientação: Gherman Garcia Leal de Araújo. Coorientação:
Edson Mauro dos Santos, Thieres George
Freire da Silva.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. lâminas de irrigação. 3. matéria orgânica.
4. produção de forragem. I. Araújo, Gherman Garcia Leal de. II.
Santos, Edson Mauro dos. III. Silva, Thieres George Freire da.
IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.2)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

PARECER DE DEFESA DE TRABALHO DE TESE

TÍTULO: “Indicadores de estoques e eficiência de uso de nutrientes e água em sistemas bioassalino da palma forrageira, sorgo e milho”

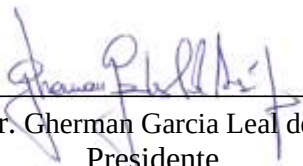
AUTORA: Andrezza Kyarelle Bezerra de Moura

ORIENTADOR: Profº Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:



Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araujo
Presidente
Universidade Federal da Paraíba/UFPB



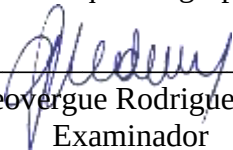
Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro
Examinador
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB



Prof. Dr. Alexandre Fernandes Perazzo
Examinador
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/UESB



Prof. Dr. Tadeu Vinhas Voltolini
Examinador
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA



Prof. Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros
Examinador
Instituto Nacional do Semiárido/INSA

Areia, 23 de fevereiro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANDREZZA KYARELLE BEZERRA DE MOURA – nascida em 18 de março de 1985 na cidade de Mossoró-RN, filha de Francisco Antonio Pereira de Moura e Maria Alice Bezerra da Silva Moura, formou-se como Zootecnista em agosto de 2009 na primeira turma de Graduados em Zootecnia da Universidade Federal Rural do Semiárido, Campus Mossoró-RN. Durante sua formação acadêmica executou trabalhos de extensão com pequenos ruminantes e pesquisas na área de apicultura, melhoramento genético em bovinocultura de corte e bovinocultura de leite. Foi participante do Centro Acadêmico de Zootecnia (CAZOO). Em 2011 foi aprovada na seleção para o Mestrado em Ciência Animal - UFERSA, onde participou do grupo de estudo PETRUS – Pesquisa, extensão e transferência de tecnologia com ruminantes, atuando no desenvolvimento do seu projeto de dissertação e outros na área de extensão rural. Concluindo o mestrado em 07 de agosto de 2013 com defesa da dissertação intitulada: Desempenho de bezerros mestiços recebendo soro de queijo em pó associado ao leite em pó na fase de aleitamento, sob a orientação da professora Dra. Patrícia de Oliveira Lima. Em março de 2017 ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia/UFPB, sob orientação do professor Doutor Gherman Garcia Leal de Araújo. Em dezembro de 2017 assumiu cargo público para professor EBTB no IFPA – *campus* Breves atuando até presente momento. Concluindo o doutorado em 23 de fevereiro de 2021 com defesa de tese intitulada: Indicadores de estoques e eficiência de uso de nutrientes e água em sistemas bioassilino da palma forrageira, sorgo e milheto.

À minha mãe **Maria Alice** e ao meu pai **Francisco Antonio** pelo amor incondicional e por sempre me apoiar nas minhas escolhas.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A **Deus** pelo dom da vida, força e proteção, pela sua presença constante e por iluminar em todos os caminhos da minha vida;

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela oportunidade de realização do doutorado.

Aos meus pais, **Antonio e Alice**, pela base sólida que sempre me deu força para encarar a vida de frente, pela dedicação na formação da pessoa íntegra que me tornei, pelo apoio em todas as minhas escolhas e pelo amor incondicional;

Ao Professor **Gherman Garcia Leal de Araujo**, pela orientação e apoio na realização deste trabalho, obrigada por toda confiança em mim depositada;

À minha banca examinadora composta pelos professores **Ossival Lolato Ribeiro, Tadeu Vinhas Voltolini, Alexandre Fernandes Perazzo e Geovergue Rodrigues de Medeiros** pela colaboração na finalização desse trabalho;

Ao professor **Fleming Sena Campos**, pelo apoio, incentivo e ensinamento, por toda paciência dedicada no desenvolvimento desse trabalho;

Ao meu comitê de orientação composto pelos professores **Thieres George Freire da Silva e Edson Mauro dos Santos** pela orientação e contribuições dada ao trabalho;

Ao **Instituto Federal do Pará** *campus* Breves, por me permitir o afastamento para execução desse trabalho;

Aos amigos que o IFPA *campus* Breves me proporcionou, **Samanda Katrine, Julia Moreau, Mateus Castro, Ana Célia, Luciano Quadros, Heryclei Serejo, Essia Romão, Arllen Paumgartten, Rodrigo Vieira, Adriano Duarte, Priscila Bezerra, Raoani Mendonça, Luã Oliveira, Lenilton Alex, Celine, Fabricio Nilo**, por tornar meus dias mais leves;

As amigas **Aline Lopes e Sâmí Grangeiro** pela oportunidade de convivência e pelo acolhimento;

À minha turma de doutorado, em especial as queridas amigas que dividiram comigo momentos felizes e me escutaram nos momentos de angústia, em especial a **Kleitiane e Thamires**;

Ao meu esposo **Diógenes Melo de Araújo**, por estar ao meu lado me apoiando e por ter compreendido os meus momentos de ausência;

À **EMBRAPA**, pelo apoio financeiro do projeto “A agricultura bioessalina na produção de forragem e aumento da capacidade de suporte de unidades familiares do Semiárido”;

À **CAPES**, pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de estudos.

Tudo posso naquele que me fortalece

Filipenses 4:13

INDICADORES DE ESTOQUES E EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTES E ÁGUA EM SISTEMAS BIOSSALINO DA PALMA FORRAGEIRA, SORGO E MILHETO

RESUMO - Objetivou-se avaliar estoques e eficiência do uso de nutrientes e água da palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), sorgo BRS Ponta negra (*Sorghum bicolor*) e milheto ADR 300 (*Pennisetum glaucum*) cultivado em sistemas bioessalino, com diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 4 com quatro repetições para palma forrageira e três repetições para o sorgo e o milheto. O primeiro fator foi constituído de quatro lâminas de irrigação: 0% (testemunha) condição de sequeiro; 12%; 20%; e 28%ETo, em que ETo% é a evapotranspiração de referência calculada, que adicionados à precipitação pluviométrica para a palma forrageira; quatro lâminas de irrigação para o sorgo e o milheto: 25%; 50%; 75%; e 100%ETo no 1º e 2º ciclo; e o segundo fator foi composto de quatro níveis de matéria orgânica: 0, 15, 30, e 45 t/ha (esterco bovino curtido). A composição, estoque, eficiência do uso do nutriente, produtividade de água da cultura e a produtividade econômica da água da palma forrageira e do sorgo apresentaram variação pelas ETo%, MO e/ou, por sua interação ($P < 0,05$). Já o milheto teve influência da ETo%, e da interação entre a lâmina de água e matéria orgânica ($P < 0,05$). Na observação isolada da matéria orgânica, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para as variáveis na cultura do milheto. A aplicação de ETo% nas culturas estudadas (palma, sorgo e milheto) contribuiu para o acúmulo de sais no solo, influenciando na produção da matéria verde. O incremento de MO contribuiu na produção da palma forrageira nas idades de 6, 9, 12 e 15 meses, do sorgo e milheto em ambos os ciclos. Nas condições de baixa disponibilidade hídrica e/ou com água de baixa qualidade, o esterco bovino como fonte de matéria orgânica auxiliou o uso da água pelas culturas. Assim, utilização de água salina para a irrigação da palma forrageira associada a níveis crescente de matéria orgânica teve influência na composição mineral, no entanto com relação ao estoque dos minerais aumentaram significativamente. Para o sorgo as combinações de lâminas de água com os níveis de matéria orgânica, aumentaram a composição mineral, no entanto com relação ao estoque dos minerais, houve aumento com a aplicação da MO observada de forma isolada. Já para o milheto, o uso de água salina para a irrigação, apresentou pouca variação, que pode ser conferida pela tolerância da cultura ao estresse salino, tanto para composição e estoque mineral quanto para os indicadores de eficiência da água. A irrigação com água salina para os indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente foi mais eficaz na condição de sequeiro para palma e para o sorgo a ETo25%. Para a produtividade econômica da água da palma forrageira, o retorno financeiro a cada m³ de água foi mais eficaz com as combinações das lâminas de água com a dose de 30t/ha nas idades de 6 e 9 meses, e para as demais idades com 45t/ha. O sorgo foi mais eficiente com a combinação da lâmina de água ETo25% com a dose de 45t/ha tanto no ciclo 1 como no ciclo 2. Para o milheto o retorno foi maior na combinação da lâmina de água ETo25% com a dose de 0t/ha no ciclo 1 e com 45t/ha no ciclo 2.

Palavras-chave: lâminas de irrigação; matéria orgânica; produção de forragem

STOCK INDICATORS AND EFFICIENCY IN THE USE OF NUTRIENTS AND WATER IN BIOSSALINE SYSTEMS IN PALM FORAGE, SORGHUM AND MILLET

ABSTRACT – The objective was to evaluate stocks and efficiency of the use of nutrients and water from the forage palm clone Mexican Elephant Ear (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), BRS Ponta Negra sorghum (*Sorghum bicolor*) and ADR 300 millet (*Pennisetum glaucum*) grown in biosaline systems, with different irrigation depths and doses of organic matter. The experiment was designed in randomized blocks with four treatments arranged in a 4 x 4 factorial scheme with four repetitions for forage palm and three repetitions for sorghum and millet. The first factor was made up of four irrigation depths: 0% (control) rainfed condition; 12%; 20%; and 28% ETo, where ETo% is the calculated reference evapotranspiration, which added to the rainfall for the forage palm; four irrigation depths for sorghum and millet: 25%; 50%; 75%; and 100% ETo in the 1st and 2nd cycles; and the second factor was composed of four levels of organic matter: 0, 15, 30, and 45 t / ha (tanned bovine manure). The composition, stock, efficiency of nutrient use, crop water productivity and economic productivity of water from forage palm and sorghum showed variation by ETo%, MO and / or, by their interaction ($P < 0.05$). Millet, on the other hand, was influenced by ETo%, and by the interaction between water depth and organic matter ($P < 0.05$). In the isolated observation of organic matter, there was no significant effect ($P > 0.05$) for the variables in the millet culture. The application of ETo% in the studied crops (palm, sorghum and millet) contributed to the accumulation of salts in the soil, influencing the production of green matter. The increase in OM contributed to the production of forage palm at the ages of 6, 9, 12 and 15 months, of sorghum and millet in both cycles. In conditions of low water availability and / or with low quality water, bovine manure as a source of organic matter helped the water use by crops. Thus, the use of saline water for the irrigation of forage palm associated with increasing levels of organic matter had an influence on the mineral composition, however with respect to the stock of minerals they increased significantly. For sorghum, combinations of water layers with organic matter levels increased the mineral composition, however with respect to the mineral stock, there was an increase with the application of OM observed in isolation. As for millet, the use of saline water for irrigation showed little variation, which can be seen in the tolerance of the crop to salt stress, both for composition and mineral stock and for water efficiency indicators. Irrigation with saline water for water and nutrient use efficiency indicators was more effective in rainfed conditions for palm and sorghum at 25% ETo. For the economic productivity of water from forage palm, the financial return for each m³ of water was more effective with the combinations of water depths with the dose of 30t / ha at the ages of 6 and 9 months, and for the other ages at 45t / there is. Sorghum was more efficient with the combination of the ETo25% water slide with the 45t / ha dose in both cycle 1 and cycle 2. For millet the return was greater in the combination of the ETo25% water slide with the dose of 0t / ha in cycle 1 and with 45t / ha in cycle 2.

Keywords: irrigation depths; organic matter; forage production

LISTA DE TABELAS

Capítulo II – Perfil e indicadores de eficiência do uso de nutriente e da água da palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana produzida em sistemas bioassalinos

Tabela 1. Análise química da água do poço artesiano utilizada no sistema de irrigação.....	41
Tabela 2. Teores médios da composição mineral da palma forrageira, expressa em g/kg em função da evapotranspiração de referência (%ET _o) recebidas aos 6 e 9 meses de idade em sistemas bioassalinos.....	47
Tabela 3. Teores médios da composição mineral da palma forrageira, expressa em g/kg em função da evapotranspiração de referência (%ET _o) recebidas aos 12 e 15 meses de idade em sistemas bioassalinos.....	49
Tabela 4. Teores médios do estoque mineral da palma forrageira, expressa em kg/ha em função da evapotranspiração de referência (%ET _o) recebidas aos 6 e 9 meses de idade em sistemas bioassalinos.....	57
Tabela 5. Teores médios do estoque mineral da palma forrageira, expressa em kg/ha em função da evapotranspiração de referência (%ET _o) recebidas aos 12 e 15 meses de idade em sistemas bioassalinos.....	59
Tabela 6. Teores médios da eficiência do uso do nutriente (EUN, g/ha/mm) da palma forrageira, em função das lâminas de água recebidas aos 6 e 9 meses de idade em sistemas bioassalinos.....	69
Tabela 7. Teores médios da eficiência do uso do nutriente (EUN, g/ha/mm) da palma forrageira, em função das lâminas de água recebidas aos 12 e 15 meses de idade em sistemas bioassalinos.....	71
Tabela 8. Teores médios da produtividade da água da cultura (PAC, kg MV/ha/mm e PAC, kg MS/ha/mm) com base na matéria verde e seca em função da evapotranspiração de referência (%ET _o) aos 6, 9, 12 e 15 meses de idade em sistemas bioassalinos.....	81
Tabela 9. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (130, 370, 520 e 700 mm) e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) aos 6 meses da palma forrageira em sistemas bioassalinos.....	85
Tabela 10. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (130, 370, 520 e 700 mm) e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) aos 9 meses da palma forrageira em sistemas bioassalinos.....	86
Tabela 11. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (130, 370, 520 e 700 mm) e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) aos 12 meses da palma forrageira em sistemas bioassalinos.....	87
Tabela 12. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (130, 370, 520 e 700 mm) e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) aos 15 meses da palma forrageira em sistemas bioassalinos.....	87

Capítulo III - Perfil e indicadores de eficiência do uso de nutriente e da água do Sorgo (BRS Ponta Negra) produzida em sistemas bioassalinos

Tabela 1. Composição química do solo da estação experimental da caatinga.....	102
Tabela 2. Análise química da água do poço artesiano do campo experimental da caatinga.....	103
Tabela 3. Teores médios da composição mineral do sorgo, expressa em g/kg em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas bioassalinos.....	109
Tabela 4. Teores médios do estoque mineral do sorgo, expressa em kg/ha em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas bioassalinos.....	113
Tabela 5. Teores médios da eficiência do uso do nutriente (EUN, g/ha/ mm) do sorgo em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas bioassalinos.....	116
Tabela 6. Teores médios da produtividade da água da cultura (PAC, kg MV/ha/mm e PAC, kg MS/ha/mm) do sorgo com base na matéria verde e seca em função da evapotranspiração de referência (%ET _o) em sistemas bioassalinos.....	118
Tabela 7. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (212,50mm; 269,20mm; 325,90mm e 382,5mm) e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) do sorgo em sistemas bioassalinos.....	119
Tabela 8. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (89,70mm; 162,90mm; 236 mm e 309,20mm) e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) do sorgo em sistemas bioassalinos.....	120

Capítulo IV - Perfil e indicadores de eficiência do uso de nutriente e da água do Milheto (ADR 300) produzida em sistemas bioassalinos

Tabela 1. Composição química do solo da estação experimental da Caatinga.....	134
Tabela 2. Análise química da água do poço artesiano do campo experimental da caatinga.....	135
Tabela 3. Teores médios da composição mineral do milheto, expressa em g/kg em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas bioassalinos.....	141
Tabela 4. Teores médios do estoque do milheto, expressa em kg/ha em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas bioassalinos.....	145
Tabela 5. Teores médios da eficiência do uso do nutriente (EUN, g/ha/ mm) do milheto em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas bioassalinos.....	148
Tabela 6. Teores médios da produtividade da água da cultura (PAC, kg MV/ha/mm e PAC, kg MS/ha/mm) do milheto com base na matéria verde e seca em função da evapotranspiração de referência (%ET _o) em sistemas bioassalinos.....	151
Tabela 7. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (188,10mm; 220,20mm; 252,42mm e 284,40mm) no 1º ciclo e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) do milheto em sistemas bioassalinos.....	152
Tabela 8. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (42,60mm; 81,60mm; 122,20mm e 162,50mm) no 2º ciclo e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) do milheto em sistemas bioassalinos.....	153

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II – Perfil e indicadores de eficiência do uso de nutriente e da água da palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana produzida em sistemas bioassalinos

- Figura 1.** A – Precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência; B - lâminas acumuladas de irrigação aplicadas durante o período de amostragem de 6, 9, 12 e 15 meses da palma forrageira em sistema de agricultura bioassalina.....40
- Figura 2.** Concentração do fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e sódio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 6 meses.....50
- Figura 3.** Concentração do nitrogênio (A) aos 12 meses e cálcio (B) aos 15 meses da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina.....51
- Figura 4.** Concentração do fósforo (A) e magnésio (B) aos 6 meses e fósforo (C) aos 9 meses da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica.....51
- Figura 5.** Teores médios do nitrogênio (N) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 6 meses sob sistema de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.....52
- Figura 6.** Teores médio do nitrogênio (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e sódio (E) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 9 meses sob sistemas de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.....53
- Figura 7.** Teores médios do fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e sódio (E) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 12 meses sob sistemas de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.....55
- Figura 8.** Teores médios do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e sódio (D) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 15 meses sob sistemas de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.....56
- Figura 9.** Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e sódio (F) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 6 meses.....60
- Figura 10.** Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 6 meses..61
- Figura 11.** Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 9 meses.....62
- Figura 12.** Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 9 meses..63

Figura 13. Estoque do cálcio (A) e sódio (B) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 12 meses.....	64
Figura 14. Estoque do nitrogênio (A), potássio (B), cálcio (C) e potássio (D) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 12 meses.....	64
Figura 15. Estoque do potássio (A) e magnésio (B) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 15 meses.....	65
Figura 16. Estoque do fósforo (A), potássio (B) e magnésio (C) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 15 meses.....	66
Figura 17. Teores médios do estoque do sódio (Na) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 9 meses sob sistema de agricultura biossalina, no município de Petrolina, PE.....	66
Figura 18. Teores médios do estoque do fósforo (P) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 12 meses sob sistema de agricultura biossalina, no município de Petrolina, PE.....	67
Figura 19. Teores médios do estoque do nitrogênio (A), cálcio (B) e sódio (C) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/h, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 15 meses sob sistema de agricultura biossalina, no município de Petrolina, PE.....	68
Figura 20. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água salina aos 6 meses.....	72
Figura 21. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 6 meses.....	73
Figura 22. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e magnésio (D) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água salina aos 9 meses.....	74
Figura 23. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 9 meses.....	75
Figura 24. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), magnésio (D) e sódio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água salina aos 12 meses.....	76
Figura 25. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 12 meses.....	77
Figura 26. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e magnésio (D) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água salina aos 15 meses.....	78
Figura 27. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 15 meses.....	79

Figura 28. Teores médios da eficiência do uso do sódio (EUN(Na)) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t /ha, 15 t /ha, 30 t / ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 9 meses sob sistema de agricultura bioassalada, no município de Petrolina, PE.....	79
Figura 29. Teores médios da eficiência do uso do sódio (EUN(Na)) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t /ha, 15 t /ha, 30 t / ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 15 meses sob sistema de agricultura bioassalada, no município de Petrolina, PE.....	80
Figura 30. Produtividade de água da cultura com base na matéria verde e matéria seca da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água aos 6, 9, 12 e 15 meses.....	83
Figura 31. Produtividade de água da cultura com base na matéria verde e matéria seca da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 6, 9, 12 e 15 meses.....	85

Capítulo III - Perfil e indicadores de eficiência do uso de nutriente e da água do Sorgo (BRS Ponta Negra) produzida em sistemas bioassalados

Figura 1. Dados agrometeorológicos mensais (A) e lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos em comparação à precipitação (B) durante o período experimental..	104
Figura 2. Concentração do nitrogênio (A) e magnésio (B) do sorgo submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 2º ciclo.....	110
Figura 3. Teores médio do fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e sódio (E) em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% - 212,50mm, ETo50% - 269,20mm, ETo75% - 325,90mm e ETo100% - 382,50mm e doses de matéria orgânica (0t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) do sorgo no 1º ciclo sob sistemas de agricultura bioassalada, no município de Petrolina, PE.....	111
Figura 4. Teores médio do fósforo (A), potássio (B), cálcio (C) e sódio (D) em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% - 212,50mm, ETo50% - 269,20mm, ETo75% - 325,90mm e ETo100% - 382,50mm e doses de matéria orgânica(0t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) do sorgo no 2º ciclo sob sistemas de agricultura bioassalada, no município de Petrolina, PE.....	112
Figura 5. Estoque do fósforo no sorgo submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 2º ciclo.....	114
Figura 6. Estoque do potássio no sorgo submetidos a diferentes doses de matéria orgânica no 1º ciclo.....	114
Figura 7. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e sódio (F) do sorgo submetido a diferentes lâminas de água salina no 1º e 2º ciclo.....	117
Figura 8. Produtividade da água da cultura: produtividade da água da cultura com base na matéria verde (A) e produtividade da água da cultura com base na matéria seca (B) do sorgo submetido a diferentes lâminas de água salina no 2º ciclo.....	119

Capítulo IV - Perfil e indicadores de eficiência do uso de nutriente e da água do Milheto (ADR 300) produzida em sistemas bioassalinos

- Figura 1.** Dados agrometeorológicos mensais (A) e lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos em comparação à precipitação (B) durante o período experimental..136
- Figura 2.** Concentração do nitrogênio (A) e fósforo (B) do milho submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 2º ciclo.....142
- Figura 3.** Teores médios do fósforo (A), cálcio (B), magnésio (C) e sódio (D) em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% – 188,10mm, ETo50% – 220,20mm, ETo75% – 252mm e ETo%100 – 284,40mm e doses de matéria orgânica (0t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) do milho no 1º ciclo sob sistemas de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.....143
- Figura 4.** Teores médios do potássio (A), magnésio (B) e sódio (D) em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% – 41,60mm, ETo50% – 81,60mm, ETo75% – 122,20mm e ETo%100 – 162,50mm e doses de matéria orgânica(0t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) do milho no 2º ciclo sob sistemas de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.....144
- Figura 5.** Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) do milho submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 2º ciclo.....146
- Figura 6.** Teores médios de estoque do sódio em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% – 188,10mm, ETo25% – 41,60mm, ETo50% – 81,60mm, ETo75% – 122,20mm e ETo%100 – 162,50mm e doses de matéria orgânica (0t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) do milho no 2º ciclo sob sistemas de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.....147
- Figura 7.** Eficiência do uso do nutriente do nitrogênio (A), fósforo (B), cálcio (C) e magnésio (D) do milho submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 1º e 2º ciclo.....149
- Figura 8.** Teores médios da eficiência de uso do nutriente do sódio em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% – 41,60mm, ETo50% – 81,60mm, ETo75% – 122,20mm e ETo%100 – 162,50mm e doses de matéria orgânica (0t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) do milho no 2º ciclo sob sistemas de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.....150
- Figura 9.** Produtividade da água da cultura: produtividade da água da cultura com base na matéria verde (A) e produtividade da água da cultura com base na matéria seca (B) do milho submetido a diferentes lâminas de água salina no 1º ciclo.....152

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
CAPÍTULO I - (Referencial Teórico) Indicadores de estoques e eficiência de uso de nutrientes e água em sistemas bioassalinos da palma forrageira, sorgo e milho.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. UTILIZAÇÃO DA AGRICULTURA BIOSSALINA NO SEMIÁRIDO.....	20
2.1 Salinidade e Agricultura bioassalina na região semiárida.....	20
2.2 Efeito da salinidade na planta.....	22
3.FORRAGEIRAS ADAPTADAS A REGIÕES SEMIÁRIDA	24
3.1 Produtividade e composição da palma forrageira.....	24
3.2 Adaptação da palma forrageira no semiárido	26
3.3 Produtividade e composição do Sorgo	27
3.4 Produtividade e composição do Milheto	29
4.CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO II - Perfil mineral e indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes da palma forrageira clone Orelha de Elefante produzida em sistemas bioassalinos.....	36
RESUMO	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.1. Instalação e condução do experimento.....	40
2.2 Variáveis avaliadas.....	42
2.3. Análises estatísticas.....	45
3. RESULTADOS	46
3.1 Perfil mineral da palma forrageira.....	46
3.2 Indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente da palma forrageira sob sistema bioassalino.....	68
4. DISCUSSÃO.....	88
5. CONCLUSÕES.....	94
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
CAPÍTULO III - Perfil mineral e indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes do Sorgo (BRS Ponta negra) produzido em sistemas bioassalinos	98
RESUMO	99
1. INTRODUÇÃO.....	101

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	102
2.1. Instalação e condução do experimento	102
2.2 Variáveis avaliadas	104
2.3 Análise estatística	107
3. RESULTADOS	108
3.1 Perfil mineral do sorgo (BRS Ponta negra)	108
3.2 Indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente do sorgo sob sistema biossalino	115
4. DISCUSSÃO	121
5. CONCLUSÕES	126
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
CAPÍTULO IV - Perfil mineral e indicadores de eficiência da água e nutrientes do Milheto (ADR 300) produzido em sistemas biossalinos.....	130
RESUMO	131
1. INTRODUÇÃO.....	133
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	134
2.1. Instalação e condução do experimento	134
2.2 Variáveis avaliadas	136
2.3 Análise estatística	139
3. RESULTADOS	140
3.1 Perfil mineral do milheto (ADR 300).....	140
3.2 Indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente do milheto sob sistema biossalino	147
4. DISCUSSÃO	153
5. CONCLUSÕES	159
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	160

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Dada a importância da água para produção de forragem, muitas vezes a mesma se torna um fator limitante para as regiões áridas e semiárida em muitos locais do mundo. As características de clima, temperatura, distribuição de irregular das chuvas, a baixa umidade e alta evaporação nas regiões semiáridas, limita a quantidade de água potável disponível para produção, levando a utilizar água de qualidade inferior, a exemplo, águas salinas. A utilização de agricultura bioassalada objetiva viabilizar o uso água salina para irrigação na produção de alimento, desde que o produtor tenha ciência dos possíveis problemas ocasionados devido a salinidade.

Os efeitos da salinidade sobre as plantas podem interferir na absorção de água, no entanto estratégias de manejo contribui para que se torne viável a irrigação com água salina, dentre elas a utilização de matéria orgânica como adubo, o qual auxilia na retenção de água no solo, diminui a evaporação da água e possibilita aumento da produtividade dos cultivares, bem como a seleção de culturas tolerantes a salinidade.

A compreensão dos efeitos dos sais na relação solo-água-planta, bem como as características climáticas da região, são fundamentais para a escolha da prática de manejo adequada, garantindo uma produção de forragem satisfatória, usando água salina na irrigação.

Embora a salinidade reduza a produção de culturas, algumas plantas são tolerantes, conseguindo responder aos efeitos da salinidade, essas plantas são classificadas como glicófitas e halófitas. A exemplo, a palma forrageira, que faz parte do grupo das cactáceas, onde possuem um mecanismo morfofisiológico, tornando-as eficientes na absorção e redução da evaporação da água. As plantas do grupo C4 também são detentoras de mecanismos fisiológicos que permite sua produção em condições desfavoráveis quando comparado a outras culturas, dentre elas tem o sorgo e o milheto. São culturas que conseguem se adaptar as condições edafoclimáticas das regiões áridas e semiáridas, apresentando um potencial forrageiro para alimentação de rebanhos da região.

Assim, a utilização de água salina para irrigação quando bem manejada, é uma possibilita a produção de forragem no período de escassez. No entanto, se faz necessário aprimorar técnicas de manejo adequada para o solo, planta e água, proporcionando uma produção em quantidade e qualidade.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

**Indicadores de estoques e eficiência de uso de nutrientes e água em sistemas
biossalinos da palma forrageira, sorgo e milho**

1. INTRODUÇÃO

A agricultura bioassalada, que se propõe ao uso de culturas tolerantes a sais e de águas salobras ou salinas, possui potencial de uso nas regiões dos semiárido, o que pode impactar positivamente a utilização dessas águas na produção de forrageiras resistentes a sais por irrigação. Todavia, para ser possível permitir que o solo continue fértil, faz-se necessário o acompanhamento de seus atributos para evitar um processo precoce de salinização e desertificação (FERRAZ JUNIOR, 2018).

O semiárido brasileiro é caracterizado por apresentar predomínio de solos jovens e pouco profundos em áreas que possuem elevadas taxas de evapotranspiração superando os índices de precipitação. Essas condições favorecem a acumulação de sais na superfície do solo e ainda limitam a disponibilidade de água de boa qualidade, tornando fundamental o aproveitamento de águas salinas, encontradas em diversos açudes e poços perfurados nessa região (COELHO, 2013).

Apesar do teor elevado de sais solúveis dos recursos hídricos disponíveis nas regiões áridas, a água salina é a única opção viável a ser utilizada por produtores tanto para irrigação como na dieta dos animais (OLIVEIRA, 2018). Diversas são as respostas das plantas frente a uma mudança das condições adequadas para seu cultivo. Estas respostas variam desde parâmetros fisiológicos (condutância estomática, taxa de transpiração e fotossíntese), biométricos (altura, área foliar, produção de biomassa), a bioquímicos (solutos osmorreguladores, enzimas antioxidantes) (GUMARÃES, 2017).

A compreensão dos efeitos salino nas relações solo-água-plantas, bem como a interpretação e a análise dos limites de tolerâncias das plantas a salinidade, em determinadas condições edafoclimáticas, são fundamentais na escolha adequada das práticas de manejo a serem utilizadas, quando se dispõe de água salina para a irrigação a fim de evitar a saturação de sais na área e garantir produção comercial dos cultivos (DIAS et al.2018).

Considerando a limitação de conhecimento sobre o potencial produtivo de espécies que se desenvolvem com uso água salina, é importante a realização de estudos que possibilitem a seleção de espécies com genótipos que favoreçam a produção satisfatória sob baixa qualidade de água para irrigação e que sejam adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido nordestino (COELHO, 2013).

Dentre as forrageiras utilizadas nas regiões semiáridas a palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*) se destaca, a mesma é considerada uma planta xerófila e por isso apresenta adaptação às condições adversas do semiárido; sua fisiologia é caracterizada pelo processo

fotossintético denominado Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM) que resulta em economia hídrica em virtude do fechamento estomático durante o dia, abertura à noite com a fixação de CO₂ (DONATO et al., 2014).

Além da palma, outras culturas como o sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], também é uma alternativa para o semiárido, o mesmo apresenta alto valor energético para alimentação animal, elevada adaptação a ambientes secos e quentes, além de altos rendimentos de massa seca por unidade de área, e uma alternativa para a produção em sistemas que utilizam água salina como fonte hídrica. A variabilidade genética desta cultura permitiu o desenvolvimento de diversos trabalhos de melhoramento, proporcionando assim um grande número de híbridos e variedades. Cada um desses materiais apresenta características agronômicas variadas, as quais serão influenciadas por diversos fatores ambientais (GUIMARÃES, 2017).

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) também é considerado uma excelente alternativa para a produção de grãos e forragem em regiões áridas ou semiáridas em virtude de sua adaptação à seca e aos solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica e baixa fertilidade. Essas propriedades evidenciam o seu potencial promissor como uma planta forrageira que pode ser usada estrategicamente na alimentação animal nas condições de semiárido, com produtividade e desenvolvimento satisfatórios, irrigada com água salina (CAMPOS et al., 2011).

Portanto, o uso da agricultura bioessalina quando bem manejado se torna uma opção viável para o produtor no período de escassez de forragem, assim objetiva-se nesta revisão de literatura discorrer acerca do uso de forrageiras cultivadas em agricultura bioessalina, e mostrando a sua utilização como volumoso na alimentação de animais no período de seca na região semiárida.

2. UTILIZAÇÃO DA AGRICULTURA BIOSSALINA NO SEMIÁRIDO

2.1 Salinidade e Agricultura bioessalina na região semiárida

A Agricultura bioessalina é um termo amplo utilizado para descrever a produção agrícola praticada sob uma variedade de níveis de salinidade nas águas, solos, ou combinação de ambos. A utilização da água salobra para a irrigação de forrageiras é um desafio que vem sendo superado, proporcionando a irrigação de plantas que toleram o sal e gerando maior rendimento de forragens durante todo ano no sistema de produção do semiárido (DIAS et al., 2011).

Um dos principais determinantes da produção pecuária em agricultura biossalina é a quantidade de biomassa forrageira produzida. A salinidade tem tanto efeitos osmóticos e quanto de íons específicos que influenciam no crescimento das plantas. O ambiente de elevado teor de sal pode causar uma perda de água a partir das células e uma diminuição da turgescência. Ao mesmo tempo, há acumulação de íons específicos, tais como o sódio e cloreto dentro da planta o que pode interferir diretamente com os processos bioquímicos internos (MASTERS et al., 2007).

A salinidade é um estresse ambiental severo, na sua presença as funções metabólicas dos vegetais são limitadas radicalmente, tendo como consequência a seca fisiológica, sintomas de toxidez, redução da capacidade produtiva, entre outros distúrbios graves. Diversos são os efeitos dos sais sobre as plantas, sendo que a sobrevivência das mesmas depende de vários fatores, podendo ser citados a origem do material genético, a intensidade e o tempo de exposição ao estresse. O estresse salino em plantas é formado por dois componentes: osmótico e iônico. O componente osmótico é resultado da elevada concentração de solutos na solução do solo, o que provoca um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico e, consequentemente, uma redução da absorção de água pelas plantas (SILVEIRA et al., 2010; WILLADINO & CAMARA, 2010).

Em um segundo momento, há o acúmulo de íons salinos no citosol das células das plantas (Componente iônico), provocando problemas de toxidade (principalmente dos íons Na^+ e Cl^-) e um desequilíbrio nutricional, destacando-se a redução da concentração de K^+ em função do incremento da salinidade (SILVEIRA et al. 2010; WILLADINO & CAMARA, 2010).

O resultado da salinidade nas plantas é completamente sistêmico, envolve, morfologia do crescimento, fisiologia e bioquímico. Para uma produção adequada, procuram-se espécies forrageiras que tem a capacidade de estabelecer seu equilíbrio osmótico com pouca água disponível no solo, propiciando um sistema estável e adaptado (FARIAS et al., 2009).

As dificuldades para produzir forrageiras para alimentação animal no semiárido nordestino, causam problemas na produção em larga escala na pecuária da região. Até mesmo as plantas mais adaptadas sentem a estiagem prolongadas diminuindo a produtividade, forçando ao produtor procurar outras alternativas (FREITAS, 2017).

As espécies nativas da Caatinga têm como características em comum a resistência ou tolerância aos estresses por calor e seca, Silva et al. (2008; 2010), apresentam como estratégia de sobrevivência a rápida regeneração de suas estruturas aéreas tão logo surjam às primeiras chuvas, sendo estas características agronomicamente desejáveis, para algumas espécies.

Adicionalmente, muitas espécies vegetais da Caatinga possuem também tolerância à salinidade (LOPES et al., 2007; RIBEIRO et al., 2010).

No Nordeste o fornecimento de água nas zonas rurais, em sua grande parte, é derivado de poços subterrâneos que por sua vez tem a maior tendência de ser água com alto teor de sais, uma vez que para o consumo humano e dos animais é necessário o tratamento desta água para diminuir os sais nela existente (SANTOS et al., 2010). O aperfeiçoamento da utilização da água salobra vem sendo estudada, em que o efeito do sal no desenvolvimento e distribuição de nutrientes na planta tem sido melhor interpretada ao longo dos últimos anos de estudo. Assim, os efeitos da salinização sobre o crescimento e distribuição nas plantas tem sido melhor compreendido (ESTEVES & SUZUKI, 2008).

2.2 Efeito da salinidade na planta

A salinidade nos solos agricultáveis está relacionada às respostas das plantas, tanto na fisiologia quanto no metabolismo vegetal, afetando o seu desenvolvimento desde a germinação, provocando redução na produtividade e, em casos mais severos, podendo levar a morte (FARIAS, 2008).

As plantas muitas vezes apresentam alterações morfológicas e anatômicas, em resposta à salinidade, como por exemplo, redução do crescimento e de sua área foliar, relacionados especialmente à redução da pressão de turgor, a qual interfere nos processos de alongamento e divisão celular (TAIZ & ZEIGER, 2013). Os efeitos excessivos da salinidade interferem no desenvolvimento do vegetal, promovendo distúrbios fisiológicos como o efeito osmótico, desbalanço nutricional e toxicidade da planta.

- **Efeito osmótico** - As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores as forças com que a água é retida na matriz do solo, ou seja, a manutenção de um gradiente de potencial hídrico favorável a entrada de água nas células das raízes. Em solos salinos, os sais solúveis na solução do solo aumentam as forças de retenção de água devido ao efeito osmótico, ocorrendo assim redução na absorção de água pela planta. Dependendo do grau de salinidade, em vez de absorver, a planta poderá até perder a água que se encontra em suas células e tecidos. Isso resulta no fenômeno denominado plasmólise e ocorre quando uma solução altamente concentrada entra em contato com a célula vegetal. O fenômeno é devido ao movimento osmótico da água, que passa das células para a solução mais concentrada (DIAS et al., 2016).

- **Desbalanço nutricional** – Alguns autores, Ferreira et al. (2001); Cavalcante et al. (2010), afirmam que o estresse salino provoca a redução do desenvolvimento vegetal em função dos desequilíbrios nutricionais provocados pelo excesso de sais na absorção e transporte de nutrientes. Farias et al. (2009) afirmam que a salinidade, reduz a atividade dos íons em solução e altera os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta.

- **Toxicidade** - A presença de íons na água de irrigação pode causar problemas de fitotoxicidade (toxicidade direta para vários processos fisiológicos da planta ou desequilíbrios nutricionais) com diferentes níveis de tolerância entre as espécies de plantas. Este excesso, a princípio, promove um desbalanceamento osmótico celular e, posteriormente, uma toxidez iônica que causa danos ao citoplasma, resultando em danos visíveis principalmente na bordadura e no ápice das folhas mais velhas onde o acúmulo é maior (DIAS et al., 2016). De acordo com Cavalcante et al. (2010), o acúmulo de Na e Cl, em tecidos vegetais acarretam toxicidade iônica devido a mudanças nas relações Na^+/K^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ e $\text{Cl}^-/\text{NO}^{-3}$, provocando desde reduções no desenvolvimento até morte das plantas.

A salinidade pode causar ainda um estresse secundário nas plantas, o oxidativo, causado pelo acréscimo na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) no metabolismo celular. De acordo com Pandhair e Sekhon (2006) as principais EROs produzidas abrangem os radicais superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxila ($\text{OH}^{\cdot}$) e oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$). A capacidade citotóxica destas espécies é determinada de acordo com a quantidade produzida pelas células. O estresse oxidativo se destaca quando a produção excede a capacidade antioxidante da célula.

No entanto, embora a salinidade reduza a disponibilidade de água para planta, algumas culturas são tolerantes, respondendo aos efeitos negativos dos sais conseguindo serem produtiva. Com base na tolerância e na sensibilidade das plantas a salinidade, estas são classificadas em glicófitas e halófitas. As glicófitas representam o grupo das plantas cultivadas que, na sua maioria, são as menos tolerantes aos efeitos dos sais, enquanto as halófitas compõem o grupo de plantas que acumulam grande quantidade de NaCl em seus tecidos e até podem se beneficiar do excesso de sódio, ajustando-se osmoticamente em meio altamente salino (CE da água > 20 dS/m) (DIAS et al. 2016).

Os mecanismos de defesa das plantas halófitas, aos prejuízos ocasionados pelo excesso de sal no solo, são o acúmulo ou exclusão seletiva de íons; o controle da entrada de íons pelas raízes e transporte para as folhas; a compartimentalização de íons a nível celular pelos vacúolos, e estrutural pelas folhas; síntese de osmólitos; modificações nas vias fotossintéticas; transformações nas estruturas das membranas; indução de hormônios e de enzimas

antioxidantes. Essas estratégias proporcionam um manejo mais eficiente dos solutos (MUNNS, 2002; NAWAZ et al., 2010; MUDGAL et al., 2010).

Com o avanço nos conhecimentos de plantas tolerantes a salinidade, mesmo que variável dependendo da espécie, solo, condições climáticas e manejo, associada a técnicas agronômicas adequadas para minimizar os efeitos negativos, a agricultura biossalina se torna uma alternativa viável para produção de forragem em períodos de escassez.

3.FORRAGEIRAS ADAPTADAS A REGIÕES SEMIÁRIDA

3.1 Produtividade e composição da palma forrageira

Uma das razões da ampla distribuição da palma é sua adaptação anatômica e fisiológica a regiões áridas e semiáridas do mundo, tornando-a a opção de cultura xerófila com maior potencial de exploração no Nordeste brasileiro (FROTA, et al., 2015).

Dentre as cactáceas a palma forrageira (*O. Fícus- Indica Mill*) está presente em todos os continentes com diversas finalidades, destacando-se sua utilização na alimentação animal (COSTA et al., 2008). A região semiárida representa grande parte do Nordeste do Brasil, sendo cultivadas duas principais espécies de palma, a *Opuntia ficus-indica Mill* com as cultivares gigante, redonda e clone IPA-20 e a *Nopalea cochenillifera Salm Dyck*, cuja cultivar é a palma miúda ou doce (SANTOS et al., 2006).

A grande utilização da palma como fonte de alimentação animal no período de estiagem nas regiões semiáridas é justificada pelas suas qualidades como: forrageira rica em água; mucilagem e resíduo mineral; apresenta alto coeficiente de digestibilidade da matéria seca e tem alta produtividade (SILVA & SANTOS, 2006). A elevada umidade encontrada na palma forrageira é uma característica importante, pois atende grande parte da necessidade de água dos animais, principalmente no período seco do ano (SANTOS et al., 2001).

Em estudo avaliando as características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação encontraram que valores médios do número de cladódios, biomassa verde e seca durante 380 dias, em condições irrigadas, foram superiores aos observados na literatura em cultivos de sequeiro, inclusive em ciclos com duração maior (QUEIROZ et al., 2015).

Lima et al., (2015) encontraram uma produção de matéria seca de 23,04 t/ha/ano com palma Miúda irrigada com água salina, na densidade de 50 mil plantas, preservando os cladódios secundários e com adubação química e orgânica.

A palma forrageira é rica em carboidratos não fibrosos (61,79%) e nutrientes digestíveis totais (62%). Porém, apresenta baixos teores de matéria seca (11,7%), proteína bruta (4,8%), fibra em detergente neutro - FDN (26,87%), fibra em detergente ácido - FDA (18,9%) e teores consideráveis de matéria mineral (12,04%), assim não pode ser fornecida de forma exclusiva aos animais, pois apresenta limitações quanto ao valor proteico e de fibra, não conseguindo, atender as necessidades nutricionais do rebanho (ROCHA, 2012).

Além disso, possui elevada matéria mineral elevado. Os minerais constituem-se em uma classe de nutrientes com grande participação nas diversas funções biológicas, podendo atuar de forma direta ou indireta em uma série de processos de caráter químico, bioquímico e estrutural (LUCENA, 2011).

De maneira geral, a palma forrageira apresenta elevados teores de cálcio (Ca) (7,47%), potássio (K) (2,35%) e magnésio (Mg) (1,82%) na matéria seca (BEN SALEM et al., 2005; SANTOS et al., 2009; REKIK et al., 2010). Por outro lado, exibe baixas concentrações de fósforo (P) (0,12%) e sódio (Na) (0,03%) (WANDERLEY et al., 2002; REKIK et al., 2010). Em estudos realizados por Lucena (2011), avaliando o consumo, digestibilidade, a absorção de minerais e o balanço hídrico em borregos SPRD, alimentados com diferentes níveis de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm- Dyck), na forma *in natura* e desidratada, encontrou valores semelhantes entre as formas de palma estudadas para Ca, P, Na, K e Mg.

As plantas forrageiras contêm ainda ácidos orgânicos que interagem com outros elementos e participam de reações metabólicas. Dentre eles, o ácido oxálico, que se liga a íons monovalentes e bivalentes atuando no equilíbrio aniônico da planta (NICODEMO & LAURA, 2001). O oxalato contido na palma pode reagir com cátions monovalentes, como potássio ou sódio, formando sais solúveis de oxalato e quelatos menos solúveis com cátions bivalentes, como cálcio e magnésio, sendo o oxalato de cálcio o mais estável e menos solúvel. Estes cristais insolúveis formam-se nos vacúolos das células especializadas, apresentando baixa digestibilidade e tornando o cálcio indisponível para o animal, de modo que os cristais de oxalato passam intactos pelo trato digestivo (WARD et al., 1979; MARAIS et al., 1997), fato que pode reduzir sua absorção ou aumentar a taxa de remoção no metabolismo, além de afetar o equilíbrio osmótico do organismo.

Para Gonzáles e Scheffer (2003), o oxalato pode reduzir a disponibilidade de cálcio e, consequentemente, estimula a reabsorção óssea na tentativa de manutenção dos níveis séricos deste mineral. De acordo com Krause e Mahan (2005), o oxalato de cálcio pode ainda causar irritações na mucosa intestinal. Nefzaoui e Ben Salem (2001) reportaram que a alta quantidade de oxalatos pode explicar o efeito laxativo da palma. Em adição, os níveis de magnésio também

podem estar relacionados ao efeito laxativo da palma, uma vez que os íons Mg^{2+} são parcialmente responsáveis pela retenção de água na luz intestinal para manter o equilíbrio osmótico, provocando a formação de fezes amolecidas e aumentando a taxa de passagem (DAVENPORT, 1978).

Desta maneira é essencial a identificação da qualidade de água utilizada na irrigação, para que se possa obter culturas que tenha a capacidade de desenvolvimento e produtividade satisfatória com a utilização de água salina, fazendo-se necessárias para expressar o potencial do estresse salino no rendimento da mesma.

3.2 Adaptação da palma forrageira no semiárido

As cactáceas, em especial a palma forrageira são possuidoras de mecanismos morfofisiológicos, que permitem eficiente absorção e reduzem a evaporação de água ao mínimo. A palma como a maioria das cactáceas tem duas características importantes quanto a fotossíntese: 1º) o aparelho fotossintético está localizado nos cladódios, pois a planta não possui folhas; 2º) o processo fotossintético é conhecido como CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), que promove a absorção do CO_2 (fosfoenol piruvato carboxilase) no período noturno e a produção de malato que é descarboxilado durante o dia, assim, quando o CO_2 é liberado ele é refixado (ribulose difosfato carboxilase) e utilizado para a formação de carboidratos. Essas características são adaptações da planta em condições de pouca disponibilidade de água (SAMPAIO, 2011).

Outro fator que propicia a retenção de água dentro dos cladódios é a cutícula da palma que tem uma espessura de 10 a 15 vezes maior que a das folhas das outras plantas. A cutícula impermeável garante a manutenção do equilíbrio hídrico, retendo água no interior da planta, protegendo contra o ataque de insetos e micro-organismos, refletindo a luz, reduzindo a temperatura interna e regulando a entrada e saída de oxigênio e gás carbônico (ROCHA, 2012).

A palma também apresenta estruturas morfo-anatômicas que incrementa sua adaptação ao ambiente com déficit hídrico, que são a presença de tricomas e estômatos profundos, no interior das criptas formadas por camadas de cutinas sobre a epiderme, que contribuem para aumentar a eficiência no uso da água (SANTOS et al., 2010). O cladódio (caule) é um fator morfológico da palma forrageira que proporciona estocar grande quantidade de água e possui baixa frequência estomática, de 2.500 a 3.000 estômatos por cm^2 , 10 vezes menor que uma planta C3 (PIMENTEL, 1998).

A elevada eficiência no uso da água pela palma forrageira se dá principalmente pela abertura dos estômatos ocorrer no período noturno, resultando em eficiência do uso da água de 100 a 200 kg de água por kg de matéria seca produzida (SAMPAIO, 2005). Amorim et al. (2015), estudaram a aplicação de indicadores agrometeorológicos de eficiência do uso da água para a palma forrageira, clone “Miúda”, visando à análise da contribuição do incremento de água em sistemas de produção da cultura e observaram que não houve incrementos significativos em decorrência do aumento do regime hídrico, resultando em valores de massa fresca e seca de 59,27 kg/ha/mm e 7,25 kg/ha/mm, respectivamente.

Para tanto, o uso eficiente da água pela palma mesmo em condições de baixa disponibilidade hídricas se torna uma alternativa promissora para o produtor do semiárido.

3.3 Produtividade e composição do Sorgo

O sorgo pertence ao grupo de plantas C4, essa espécie suporta elevados níveis de radiação solar, respondendo com altas taxas fotossintéticas, mesmo em condições de limitação na disponibilidade de CO², a partir do mecanismo de fechamento dos estômatos para minimização de perda de água (LANDAU & SANS, 2010).

Segundo Magalhães et al., (2000) o sorgo é uma planta que produz, mesmo em condições desfavoráveis quando comparado a outras culturas, e mesmo em diferentes ambientes agroecológicos. Pode apresentar aptidão para ser cultivado em ambientes áridos e semiáridos, considerada uma planta tolerante à seca e suportar longos períodos de escassez de chuvas. É uma planta de clima quente, de características xerófilas, que além da sua baixa exigência em termos de riqueza mineral do solo, possui tolerância/resistência aos fatores abióticos, tais como estresse hídrico, salinidade e encharcamento (FIGUEIREDO et al., 2013).

O sorgo compreende os tipos forrageiro, granífero, sacarino, herbáceo, vassoura e ainda o de duplo propósito. É uma cultura de grande utilidade em regiões quentes e secas onde não é viável a produção de grãos e forragem de cereais como o milho (FORNASIERI FILHO., 2009; MAY., 2014). O ciclo da cultura varia de acordo com o tipo, o forrageiro e o sacarino são mais tardios, em torno de 120 dias, já o granífero mais precoce, em torno de 90 dias após a semeadura (TABOSA et al., 2008).

A cultura do sorgo em nosso país, apresentou expressiva expansão, chegando a ser colhida na safra 2014/2015 uma área de 751,0 mil hectares com uma produção de grãos de 2,014 milhões toneladas (CONAB, 2015). Do ponto de vista agrônomo, este crescimento é explicado, principalmente, pelo alto potencial de produção de grãos e matéria seca da cultura,

além de sua extraordinária capacidade de suportar estresses ambientais. Deste modo, a cultura do sorgo tem sido uma excelente opção para produção de grãos e forragem em todas as situações em que a deficiência hídrica e as condições de baixa fertilidade dos solos oferecem maiores riscos para outras culturas (COSTA, 2017).

A produção mundial de sorgo para a safra 2015/16, está estimada, de acordo com o último relatório de Oferta e Demanda do USDA, em 67,1 milhões de toneladas, representando um aumento de cerca de 5,5% (3,53 milhões de toneladas) em relação aos 63,6 milhões de toneladas produzidas na safra 2014/15. Já o consumo mundial, estimado em 62,79 milhões de toneladas, mostra um aumento de 7,72% (4,5 milhões de toneladas), em relação aos 58,29 milhões de toneladas da safra anterior (USDA, 2015).

Segundo Ribas., (2014), a produtividade do sorgo fica em torno de 1.439 kg/ha sendo influenciado, evidentemente, pelas condições climáticas de cultivo, como o estresse hídrico e temperaturas elevadas entre outros, porém, se bem manejado, mesmo em ambientes desfavoráveis consegue produzir onde o milho não atende às expectativas.

Numerosos caracteres contribuem para tolerância ao déficit hídrico em sorgo, o que justifica aumentar esforços nos programas de melhoramento para identificar ou combinar tais caracteres. Tolerância ao déficit hídrico raramente tem sido o objetivo principal dos programas de melhoramento de sorgo no Brasil. O que ocorre na maioria das vezes é uma seleção indireta de genótipos mais tolerantes, associada a objetivos principais como produtividade, resistência a doenças e adaptabilidade (CARVALHO JÚNIOR et al., 2011).

Em termos nutricionais, o grão de sorgo é considerado uma ótima alternativa em substituição ao milho na alimentação animal, sendo ligeiramente inferior em valor energético (NRC, 1994). Apresenta um teor de proteína em torno de 8 a 9%, um pouco superior ao milho, embora esta, seja de menor qualidade devido aos baixos níveis de metionina e lisina. Além disso, dispõe de níveis maiores de triptofano (SCHEUERMANN, 2003).

Oliveira et al. (2010), avaliando a produção e extração de diferentes forrageiras encontrou 29,5 % de MS para o sorgo sudão e 28,2% para o sorgo forrageiro, teores de proteína bruta 6,8% e 5,5%, extrato estéreo 3,8 para ambos cultivares, fibra em detergente neutro 61,8% e 56,9%, fibra em detergente ácido 46,2% e 41,1%, para sorgo sudão e forrageiro, respectivamente. Com relação aos teores de minerais foram encontrados 0,18% de cálcio tanto para o sorgo sudão quanto para o forrageiro, 1,10% e 0,95% de nitrogênio, 0,23% e 0,12% de fósforo, 1,15% e 1,26% de potássio, 0,15% e 0,20% de magnésio, e 0,05% e 0,09% de sódio para sorgo sudão e forrageiro, respectivamente.

Assim, o sorgo se mostra uma cultura com potencial forrageiro para a região semiárida, no entanto para que possa ser mais difundida ainda precisa de avanços, de forma que a cultura se torne mais conhecida em todos os seus aspectos técnicos e econômicos.

3.4 Produtividade e composição do Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* L.) é uma forrageira tropical anual com boa adaptação a regiões tropicais áridas e semiáridas, déficit hídrico, altas temperaturas e solos com baixa fertilidade natural (MARCANTE et al., 2011). Essa cultura apresenta versatilidade de usos, como forrageira com excelente qualidade de silagem e boa cobertura de solo (BELLON et al., 2009).

No setor agropecuário, alguns estados do Sul e do Nordeste do país têm utilizado o milheto como planta forrageira para alimentação do gado e outros animais. No Sul, devido às condições chuvosas, ele ainda é usado como pastoreio. Dependendo da época do ano, das condições chuvosas e do fotoperíodo, pode-se conseguir até 70t/ha de fitomassa verde (DANTAS & NEGRÃO, 2010).

Oliveira (2018) avaliando a produção de genótipos de milheto irrigados com água salina sob aplicação de teores de gesso agrícola em dois cortes, não observou interações significativas ($P>0,05$) para os genótipos tampouco para os níveis de gesso para quaisquer das variáveis analisadas e em nenhum dos cortes realizados, e apresentaram características agronômicas desejáveis, evidenciando tolerância à irrigação com água salina independentemente da gessagem, sendo indicados para cultivo no semiárido.

Já Priesnitz et al. (2011) avaliou a influência do espaçamento entre linhas no rendimento de biomassa e de grãos de milheto pérola, no qual não encontrou diferença entre os cultivares estudados apresentaram elevada produção de biomassa verde, biomassa seca e produtividade de grãos, podendo ser utilizadas na cobertura do solo, alimentação animal na forma de silagem ou para pastejo direto.

Nos resultados obtidos por Campos et al. (2011) os genótipos de milheto estudados (cultivar ADR 300 e híbrido ADR 7010) não diferiram quanto as características avaliadas (produção em massa verde, teor de matéria seca, produção em matéria seca, características morfométricas, eficiência do uso de chuva e características agronômicas) sendo indicados para utilização nas condições de semiárido, com produções elevadas de fitomassa, mesmo sem adubação.

Já Trindade et al. (2017), quando avaliou o milheto em diferentes densidades de semeadura e manejo em duas alturas de corte, não encontrou diferença na produção de MS,

MN, PB, FDNcp, FDa, MM e EE nas densidades de semeaduras estudadas, indicando que a utilização da menor quantidade de sementes um fator importante na redução do custo de implantação da cultura, no qual 10kg/ha de semente foram suficientes para se obter uma densidade de plantas acima do recomendado.

No Brasil, o milheto tem sido utilizado em sucessão às culturas de verão principalmente como forrageira (pastoreio ou silagem) e para produção de palhada para proteção do solo agregada ao sistema de plantio direto. Assim, na recomendação de adubação para o estabelecimento dessa gramínea tem que se levar em consideração sua finalidade de exploração. Quando o milheto for utilizado como planta de cobertura de solo, ele funcionará como uma “bomba” recicladora de nutrientes e, dependendo do nível de fertilidade do solo, pode-se dispensar a adubação, aproveitando o adubo residual da cultura anterior, geralmente o milho ou a soja (DANTAS & NEGRÃO, 2010).

Em estudos realizados por Simão et al. (2015), avaliando a produção de biomassa e a qualidade de duas cultivares de milheto (ADR 500 e BRS 1503) semeadas em diferentes épocas após a colheita de milho, na silagem encontrou uma média de 6,84% de proteína bruta e 67,94% de fibra em detergente neutro, mostrando que o milheto poder ser adotado para incrementar a oferta de forragem.

Teixeira et al. (2005), determinou a produção de biomassa e macronutrientes do milheto, feijão-de-porco, e guandu-anão em cultivo solteiro e nos consórcios da gramínea com as leguminosas visando a produção de palha no sistema de plantio direto, quando consorciado milheto+feijão-de-porco, apresentaram maior produção de fitomassa verde e seca de 14,171 Mg/ha e 3,275 Mg/ha, respectivamente. Com aos macronutrientes as leguminosas apresentaram maiores teores de N e Ca e o milheto maiores teores de K.

Portanto, o milheto é uma cultura com potencial forrageiro, além da sua tolerância a salinidade e adaptação ao déficit hídrico e solo de baixa fertilidade, características essas das regiões áridas e semiáridas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de água biossalina é uma opção viável para a irrigação de espécies forrageiras adaptadas a caatinga, no entanto são necessárias o aperfeiçoamento de técnicas adequadas para o manejo do solo, água e das espécies cultivadas, para que não comprometa a produtividade e qualidade das mesmas. Embora já existam alguns estudos, muitas lacunas ainda precisam ser preenchidas devido a diversidade dos efeitos observados em diferentes plantas.

Nas áreas do semiárido brasileiro, onde as condições edafoclimáticas são desafiadoras para o cultivo de forragem, a agricultura bioassalada tem mostrado sua relevância na agropecuária, com aplicação correta de tecnologias que viabilizem a sustentabilidade dos sistemas de produção, proporciona um aumento na produção de alimento no período de escassez. Avanços técnicos ainda precisam ser atingidos no que diz respeito aos aspectos econômicos de forma que culturas como a palma forrageira, sorgo e milho assumam maior importância quanto sua utilização, quebrando assim paradigmas no manejo cultural.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM et al. Morphological and productive characterization of forage cactus varieties. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 230 – 238, 2015.
- BELLON, P.P. et al. Influência de doses de dejetos suínos na produção de matéria seca do milho (*Pennisetum glaucum*). **Synergismus Scientifica**, v.4, p.12-20, 2009.
- BEN SALEM, H.; et al. Nutritive value, behaviour and growth of Babarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia*, L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus indica*, var. *inermis*) pads. **Small Ruminant Research**. v. 59, p. 229-237, 2005
- CAMPOS, F. S. et al. Rendimento forrageiro de genótipos de milho em função da adubação nitrogenada no semiárido paraibano. **FAZU em Revista**. v.8, p.177-181, 2011.
- CARVALHO JÚNIOR, G. A. et al. Avaliação da variabilidade do período de enchimento de grãos em sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). 2011. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios. SBMP, 2011. 1 CD-ROM.
- CAVALCANTE, L. F. et al. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p.1281-1290, 2010.
- COELHO, D.L. **Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológico de genótipos de sorgo forrageiro**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2013.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira grão quarto levantamento**. CONAB, Brasília: 2015, 75p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf>. Acesso em 14 de fev. 2019.
- COSTA, J.P.N. **Crescimento e produção da primeira rebrota de cultivares de sorgo sob diferentes lâminas de irrigação**. 2017. 71f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2017.
- COSTA, S.F. et al. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros – I Aspectos histológicos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.1-9, 2008.

DANTAS, C.C.O.; NEGRÃO, F.M. Características agronômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 37, Ed. 142, Art. 958, 2010.

DAVENPORT, W.C. **Fisiologia do trato digestivo**. 3.ed. São Paulo: Guanabara- Koogan, 1978. p.181-225.

DIAS, N.S. et al. **Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. ed. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos basicos e aplicados. Fortaleza, 2016. Cap.11, p. 151-162.

DIAS, T. J. et al. Produção do maracujazeiro e resistência mecânica do solo com biofertilizante sob irrigação com águas salinas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 644-651, 2011.

DONATO, P.E. et al. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.9, n. 1, 2014.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.)).** 61f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande. Brasil, 2008.

FARIAS, S. G. G. et al. 2009. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 33: 1499-1505.

FERRAZ JÚNIOR, R.S. **Indicadores de qualidade de solo em área cultivada com gliricídia e palma forrageira em Sistema Bioassalino no Semiárido Nordeste**. 2018. 67f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Semiárido) – Universidade Federal do Vale do São Francisco *Campus Petrolina*, Petrolina-PE, 2018.

FERREIRA, M.A. et al. **Otimização de dietas a base de palma forrageira e outras alternativas de suplementação para regiões semi-áridas**. Departamento de Zootecnia da UFRPE, 2012.

FERREIRA, R. G.; et al. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.

FIGUEIREDO, M.V.B. et al. Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável – IPA/EMATER/SEAGRI-AL, 2013.356p.

FORNASIERI, J.L. et al. **Manual da Cultura do Sorgo**. Jaboticabal: Funep 2009. 202.p.:il;

FREITAS, D.S.S. **características agronômicas da gliricídia submetida a irrigação com água salobra, com ou sem efluente da piscicultura**. 2017. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

FROTA, B.C.B. et al. Características nutricionais de genótipos de milheto no período da safra. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 2, p. 106-111, 2015.

GONZÁLES, F.H.D.; SCHEFFER J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: I SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, Porto Alegre, 2003. **Anais...** Porto Alegre, 2003. (CD-ROM).

KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. Estado nutricional do indivíduo. In: KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. (Org.). **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca; 2005. p.192-236.

GUIMARÃES, M.J.M. **Tolerância de variedades de sorgo granífero a salinidade em condições semiáridas**. 2017. 100f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2017.

LANDAU, E.C.; SANS, L.M.A. **Cultivo de sorgo: Clima**. Sistema de Produção, 2, 6 ed, 2010. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: < http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/clima.htm > Acessado em: 03 fev 2012.

LIMA, G.F.C. et al. Effect of different cutting intensities on morphological characteristics and productivity of irrigated *Nopalea* forage cactus. **Acta Horticulturae (ISHS)**, v. 1, n. 1067-35, p. 253-258, 2015.

LOPES, A.P. et al. Distribuição de fitomassa em plantas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) submetidas ao estresse salino. In: 11Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semi-Árido, 2007, Petrolina. **Anais ...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.

LUCENA, R.B. **Utilização da palma forrageira (*Nopalea cochenillífera*) nas formas *in natura* e desidratada sobre: consumo, digestibilidade, balanço hídrico e absorção de minerais em ovinos**. 2011. 77 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Ruminantes) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 2011.

MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo. 2000. 46 p. (Circular Técnica, 3).

MARAIS, J.O. et al. Effect of calcium nutrition on the formation of calcium oxalate in kikuyu grass. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, 1997, Winnipeg. **Proceedings...** [s.l.: s.n., 1997], v.2, Session 17 - Forage Quality.

MARCANTE, N.C. et al. Teores de nutrientes no milheto como cobertura de solo. **Bioscience Journal**, v.27, p.196-204, 2011.

MASTERS, G.D.; BENES, S.E.; NORMAN, H.C. Biosaline agriculture for forage and livestock production. **Agriculture, Ecosystems & Environment** .n.119.3, p. 234-248, 2007.

MAY, A. **Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração**- Informe Agropecuário. v 35.n 278 Jan- Fev 2014 [14-20] ISSN 0100-3364.

MUDGAL, V. et al. Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants: A review. **International Journal of Botany** 6: 136-143, 2010.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell & Environment** 28: 239-250, 2002.

NAWAZ, N. et al. Fatality of salt stress to plants: Morphological, physiological and biochemical aspects. **African Journal of Biotechnology** 9: 5475-5480, 2010.

NEFZAOU, A.; BEN SALEM, H. *Opuntia* spp: A strategic fodder and efficient tool to compact desertification in Wana region. In: MONDRAGÓN-JACOBO, C., PÉREZGONZÁLEZ, S. (Eds.). **Cactus (*Opuntia* spp) as forage**, Rome: FAO, 2001. p.73-89. (Plant Production and Protection Paper, 169).

NICODEMO, M.L.F.; LAURA, V.A. **Elementos minerais em forrageiras: formas químicas, distribuição e biodisponibilidade**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001, 39p. (DOCUMENTOS 115).

OLIVEIRA, A.B. et al. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera** 6: 1-16, 2010.

OLIVEIRA, G. A. **Genótipos de milho irrigados com água salina sob diferentes níveis de gesso agrícola**. 46f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas. Brasil, 2018.

PANDHAIR, V.; SEKHON, B.S. Reactive oxygen species and antioxidants in plants: An overview. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology** 15: 71-78, 2006.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de Carbono na Agricultura Tropical**. Seropédica: Edur, p.159, 1998.

PRIESNITZ, R. et al. Espaçamento entre linhas na produtividade de biomassa e de grãos em genótipos de milho pérola. **Semina: Ciências Agrárias** 32: 485-494, 2011.

QUEIROZ, M.G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931-938, 2015.

REKIK, M.; et al. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. **Small Ruminant Research**, v.90, p.53-57, 2010.

RIBAS, P. M. **Origem e importância econômica**. Sorgo do plantio à colheita. Eds. Borém, A. Pimentel, L. Parrella, R. [9-34]. 2014.

RIBEIRO, M. R. 2010. **Origem e classificação dos solos afetados por sais**. p.11-19. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. eds. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, Brasil.

ROCHA, J. E. S. **Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte**. (Documentos / Embrapa Caprinos e Ovinos, 106), 40 p. 2012.

SAMPAIO, E.V.S. **Fisiologia da palma**. In: MENEZES R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds). A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFPE, p. 43-56, 2005.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma forrageira. In: Congresso Brasileiro de Palma e outras Cactáceas, Garanhuns. **Anais**, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, v.2, 2011.

SANTOS, D. C. et al. Desempenho Produtivo de Vacas 5/8 Holando/Zebu Alimentadas com Diferentes Cultivares de Palma Forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1 p. 12-17, 2001.

SANTOS, D. C. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos, 30).

SANTOS, M. R. et al. Influência do tipo de amostragem na constante dielétrica do solo e na calibração de sondas de TDR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)**, v. 34, p. 299-308, 2010.

SANTOS, V. R. et al. Contribuição de argilominerais e da matéria orgânica na CTC dos solos do Estado de Alagoas. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 27-36, 2009.

SCHEUERMANN, G. N. **Utilização do sorgo em rações para frangos de corte**. UBA-Informa (Informativo técnico – União Brasileira de Avicultura), p. 95-96, 2003.

SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Veterinária**. v. 7, n. 10, p. 1- 13, 2006.

SILVA, E. N. et al. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, p.1130-1137, 2010.

SILVA, P.P. et al. Germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* M Aliem. (Anarcadiaceae) e *Bauhinia cheilantho* (Bong) Stend. (Caesalpinaceae) em condições de estresse salino. In: II JORNADA CIENTIFICA, 2008, Petrolina. *Anais ... Jornada Científica Embrapa Semiárido*, 2008.

SILVEIRA, J. A. G. et al. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 472.

SIMÃO, E. P. et al. Produção de biomassa e composição bromatológica de duas cultivares de milho semeadas em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 14: 196-206, 2015.

TABOSA, J. N. et al. Instituto Agrônomo de Pernambuco: Folhetos explicativos. **O cultivo do Sorgo no Semiárido de Pernambuco-Aspectos gerais e recomendações básicas de plantio**. Recife, 2008.5p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2013.

TEIXEIRA, C. M. et al. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milho, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.19. n.1, p. 93-99, 2005.

TRINDADE, J.S. et al. Produtividade do milho em três densidades de semeadura e duas alturas de corte. **Cienc. Anim. bras.**, Goiânia, v.18, 1-10, e-41239, 2017.

USDA- Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Produção de Sorgo, 2015.

WANDERLEY, W.L. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mipp) em substituição da silagem de sorgo (*Shorgum bicolor* (L.) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31. n.1, p. 273-281, 2002.

WARD, G. et al. Calcium-containing crystals in alfalfa: their fate in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.62, n.5, p.715-22, 1979.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, p. 1-23, 2010.

CAPÍTULO II

**Perfil mineral e indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes da palma
forrageira clone Orelha de Elefante produzida em sistemas bioassalinos**

Perfil mineral e eficiência do uso da água e nutrientes da Palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana produzida em sistemas bioassalinos

RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição e estoque dos minerais e a eficiência do uso de nutrientes e da água na palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) cultivada em sistema bioassalino, com diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica. O experimento foi delineado em blocos ao acaso dispostos em esquema fatorial 4 x 4 e quatro repetições. O primeiro fator foi constituído de quatro lâminas de irrigação: 0% (testemunha) condição de sequeiro; 12%; 20%; e 28%ETo, em que ETo% é a evapotranspiração de referência calculada, com adição da precipitação pluviométrica; e o segundo foi composto de quatro níveis de matéria orgânica (MO): 0, 15, 30, e 45 t/ha (esterco bovino curtido). O perfil mineral e os indicadores de eficiência da água (composição, estoque, eficiência do uso do nutriente, produtividade de água da cultura e a produtividade econômica da água) da palma forrageira foram afetadas pelas ETo% e MO e/ou, por sua interação ($P < 0,05$). A aplicação de ETo% na palma incrementou o acúmulo de minerais e manteve a produção de matéria verde. O incremento de MO nas doses contribuiu para a produção da palma forrageira nas idades de 6, 9, 12 e 15 meses, em condições de baixa disponibilidade hídrica e/ou com água de baixa qualidade, como fonte de matéria orgânica e no auxílio do uso da água pela planta. Assim, utilização de água salina para a irrigação da palma forrageira associada a níveis crescente de matéria orgânica teve interferência na composição mineral, no entanto com relação ao estoque dos minerais aumentaram significativamente. A aplicação de água salina para os indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente foi mais eficaz na condição de sequeiro, ou seja, com menor disponibilidade de água salina. Para a produtividade econômica da água, o retorno financeiro a cada m³ de água foi mais eficaz aos 6 meses com a associação da ETo0% com 45t/ha, aos 9 meses as combinações das lâminas de água (ETo0%, ETo12%, ETo20% e ETo28%) com a dose de 30t/ha, e para os demais períodos apresentaram melhor associação das lâminas de águas água com a dose de 45t/h MO.

Palavras-chave: lâmina de irrigação; matéria orgânica; retorno econômico

Mineral profile and efficiency of water and nutrient use of forage palm clone Mexican Elephant Ear produced in biosalin systems

ABSTRACT

The objective was to evaluate the composition and stock of minerals and the efficiency of the use of nutrients and water in the forage palm clone Mexican Elephant Ear (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) Grown in a biosalin system, with different irrigation depths and doses of organic matter. The experiment was designed in randomized blocks arranged in a 4 x 4 factorial scheme and four replications. The first factor was made up of four irrigation depths: 0% (control) rainfed condition; 12%; 20%; and 28% ETo, where ETo% is the calculated reference evapotranspiration, with the addition of rainfall; and the second consisted of four levels of organic matter (OM): 0, 15, 30, and 45 t / ha (tanned bovine manure). The mineral profile and water efficiency indicators (composition, stock, nutrient use efficiency, crop water productivity and economic water productivity) of the forage palm were affected by ETo% and OM and / or, by their interaction ($P < 0.05$). The application of ETo% in the palm increased the accumulation of minerals and maintained the production of green matter. The increase in OM in the doses contributed to the production of forage palm at the ages of 6, 9, 12 and 15 months, under conditions of low water availability and / or with low quality water, as a source of organic matter and in the aid of use of water by the plant. Thus, the use of saline water for the irrigation of forage palm associated with increasing levels of organic matter had interference in the mineral composition, however with respect to the mineral stock, they increased significantly. The application of saline water for the efficiency indicators of water and nutrient use was more effective in rainfed conditions, that is, with less availability of saline water. For the economic productivity of water, the financial return for each m³ of water was more effective at 6 months with the association of ETo0% with 45t / ha, at 9 months the combinations of water depths (ETo0%, ETo12%, ETo20% and ETo28%) with the dose of 30t / ha, and for the other periods they presented a better association of water slides with the dose of 45t / h OM.

Keywords: irrigation blade; organic matter; economic return

1. INTRODUÇÃO

Considerando a água um recurso natural com reduzida disponibilidade tanto em qualidade como em quantidade para consumo humano e para a prática agrícola, a inserção de água de qualidade inferior no sistema produtivo torna-se uma alternativa necessária para atender a demanda da irrigação agrícola (SILVA et al., 2014). Dubeux Jr. et al. (2010) destacam que 2~3% do semiárido nordestino poderiam ser contemplados com a irrigação considerando limitações quantitativa e qualitativas da água, bem como restrições edáficas. Tendo em vista a pequena quantidade de água requerida na irrigação da palma, da ordem de 50 a 75 m³/ha/mês, quantidade muitas vezes requerida apenas um dia por culturas tradicionais, tornando-se importante avaliar fontes alternativas como poços de baixa vazão, poços de água salobra, açudes e sistemas de captação.

Segundo Araújo (2013) afirma que a agricultura bioassalina é uma alternativa importantíssima para os produtores da região semiárida, podendo trazer benefícios de produção e sustentabilidade, mesmo diante das alterações climáticas que se desenham e se instalam no planeta. Cultivar palma forrageira com água salina e adubada com matéria orgânica é pertinente, pois contribui para seu crescimento, produtividade, composição química e minimiza os efeitos negativos dos sais no solo (NUNES, 2018).

Além da utilização de água salina, a adoção do esterco na adubação da palma forrageira contribui diminuindo o custo de produção, melhorando a qualidade e quantidade produzida, o que traduz em vantagens para o sistema de produção pecuário no semiárido (DONATO, 2011). O uso combinado de lâminas de água e doses de matéria orgânica no cultivo da palma forrageira é de extrema importância no crescimento, produtividade, composição química e controle da salinidade do solo, a água irá promover o carreamento dos minerais presentes na matéria orgânica (funcionando como um filtro para reter o sal contido na água) para a solução do solo e posteriormente será absorvido pelas raízes, sem a água esse transporte é reduzido demorando mais tempo até que a planta consiga absorver os elementos minerais necessários para seu desenvolvimento (NUNES, 2018).

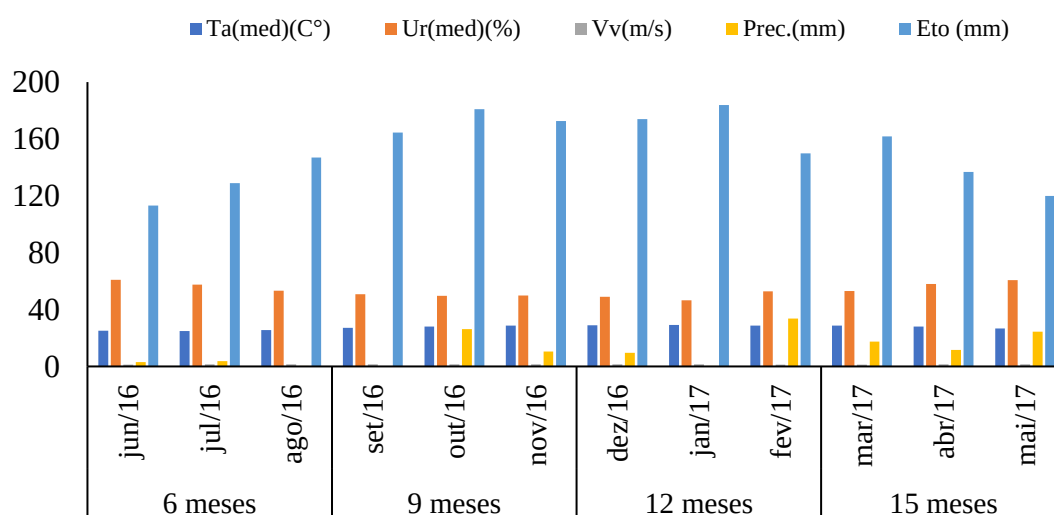
Em busca de uma alternativa eficiente que contribua para ao aumento da produtividade da palma forrageira, o presente trabalho objetivou avaliar a composição e estoque dos minerais e a eficiência do uso de nutrientes e da água na palma forrageira clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) cultivada em sistema bioassalino, com diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Instalação e condução do experimento

O experimento foi realizado na área de Prospecção e Estudos em Agricultura Bioassalina do campo experimental da caatinga pertencente a Embrapa Semiárido, estado de Pernambuco (latitude 09°04'16,4" Sul, longitude 40°19'5,37" Oeste e altitude de 379 metros de altitude). O clima da região é classificado, segundo Köppen, como semiárido do tipo BSw^h'. Durante o período experimental (15 meses), a evapotranspiração de referência (ET_o) foi 2237 mm (equivalente a 1890 mm ano⁻¹) e a precipitação pluviométrica foi 131 mm (equivalente a 104 mm ano⁻¹) (Figura 1) (EMBRAPA, 2018).

(A)



(B)

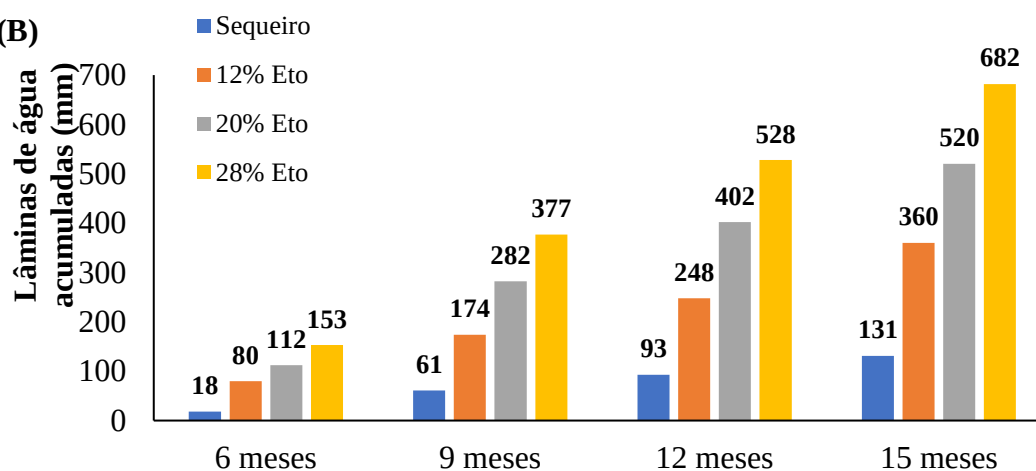


Figura 1. A – Precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência; B - lâminas acumuladas de irrigação aplicadas durante o período de amostragem (duração de 3 meses) nas idades de 6, 9, 12 e 15 meses da palma forrageira em sistema de agricultura bioassalina

O estudo foi conduzido no período experimental compreendido de 15 meses num Argissolo Amarelo Eutrófico Abruptico Plíntico (EMBRAPA, 2013) situado em relevo plano (Tabela 1), apresentando textura média.

Tabela 1. Análise do solo, e do esterco bovino durante o experimento de palma forrageira sob diferentes lâminas de água (130, 370, 520 e 700 mm) em sistema de agricultura bioassalada

Solo										
Coleta	Lâmina	CE mS cm ⁻¹	pH -	C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻¹	K	Na	Ca	Mg
Inicial	-	1,90	6,0	6,8	0,5	11,4	0,3	0,9	2,6	2,8
Final	130	3,93	6,7	8,8	0,8	19,5	0,4	1,2	3,5	3,6
Final	360	3,80	7,0	8,0	0,8	17,5	0,2	1,2	4,1	3,3
Final	520	3,74	7,5	7,8	0,8	13,3	0,2	0,7	4,1	2,5
Final	700	3,29	7,4	8,3	0,8	16,3	0,2	0,9	4,5	3,1
Esterco										
		CE mS cm ⁻¹	pH -	C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻¹	K	Na cmol _c dm ⁻³	Ca	Mg
		2,20	8,1	120	9,3	-	-	-	5,5	5,9

Médias das amostras de solo no início do período experimental (sem aplicar os tratamentos) e ao final do período experimental (por tratamento). Condutividade elétrica (CE), carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg).

A água utilizada no experimento foi classificada entre C4S1, C4S2 e C3S1 (salinidade variando de muito alta a alta, e teor de sódio variando de baixo e médio), sendo esta, oriunda de dois poços tubulares com vazão aproximada de 1.500 L h⁻¹ (Tabela 2), entretanto a partir do mês de agosto um dos poços ficou inutilizado, devido a queima da bomba de água. Os eventos de irrigação foram realizados, por meio de um sistema de irrigação por gotejamento com coeficiente de uniformização de 93% e vazão de 0,9 L h⁻¹, três vezes na semana (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira). O sistema de irrigação contou com um reservatório de 30.000 litros exclusivo para o experimento.

Tabela 2 - Análise química da água do poço artesiano utilizada no sistema de irrigação

Coleta	Cátions (mmol/L)				Ânions (mmol/L)			CE (dsm ³)	RAS	pH
	Ca ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻			
Mar/16	4,68	0,83	10,80	10,56	14,50	2,46	4,88	3,58	2,47	7,17
Mai/16	12,60	0,64	27,00	31,34	54,75	2,35	5,64	5,05	3,64	6,70
Jul/16	15,40	0,41	14,20	11,08	32,00	2,79	3,58	3,15	2,47	7,27
Set/16	20,24	0,63	16,10	80,92	87,50	4,26	4,25	5,97	1,43	7,92
Jan/17	15,28	0,26	5,50	19,82	18,40	2,71	3,58	1,85	0,83	7,10
Mar/17	15,64	0,28	5,30	5,64	19,00	2,49	2,84	1,81	1,62	7,18

Relação de adsorção de sódios (RAS), condutividade elétrica (CE), bicarbonatos (HCO_3^-), Sulfato (SO_4^{2-}), Cloreto (Cl^-) potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg).

O plantio de palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), foi realizado em abril de 2015 sob espaçamento de 1,6 x 0,4 m e conduzida em sistema de irrigação com água salina até o estabelecimento da cultura. A área foi submetida a um corte de uniformização em março de 2016 e delimitado os tratamentos (aplicação de matéria orgânica e irrigação), entretanto, foi efetuada irrigação (700 mm) em todos os tratamentos uniformemente, apenas em maio de 2016 iniciou a irrigação de acordo com cada tratamento.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 4 e quatro repetições. O primeiro fator foi constituído de quatro lâminas de irrigação: 0% (testemunha) condição de sequeiro; 12%; 20%; e 28%ETo, em que ETo é a evapotranspiração de referência calculada conforme Allen et al., (1998), que adicionados à precipitação pluviométrica (130 mm, equivalente a 104 mm ano⁻¹) resultou em 370 mm (240+130, equivalente a 296 mm ano⁻¹), 520 mm (390+130, equivalente a 416 mm ano⁻¹) e 700 mm (570+130, equivalente a 560 mm ano⁻¹); e o segundo foi composto de quatro níveis de matéria orgânica: 0, 15, 30, e 45 t/ha (esterco bovino curtido). A parcela experimental mede 8 x 4m, e área útil 4,8 x 3,2 m, totalizando 64 subparcelas, no qual cada uma tinha cinco fileiras com 50 plantas, destas, 26 plantas referentes as bordaduras foram excluídas permanecendo apenas 24 plantas por subparcelas e uma área total de 2.048m².

2.2 Variáveis avaliadas

Os dados de composição mineral, estoque dos minerais, eficiência do uso do nutriente, produtividade de água da cultura e a produtividade econômica da água da palma forrageira, foram obtidos a partir da colheita efetuada aos 6, 9, 12 e 15 meses. Para os dados de produtividade dos minerais aos 6, 9 e 12 meses, uma planta da área útil de cada subparcela foi amostrada e pesada em balança de precisão para obtenção do peso fresco. Enquanto, aos 15 meses, este mesmo procedimento foi adotado, mas colhendo-se todas as demais plantas de cada subparcela. Em ambos os casos, obteve-se o peso fresco médio por planta (PFP, kg/planta) e, em seguida, a produção de matéria verde (PMV, em t/ha) pelo produto entre a PFP e a densidade equivalente de plantas por hectare (DPH).

De acordo com a equação ($\text{PMV} \times (\% \text{MS})$), obteve-se a produção de matéria seca (PMS, t/ha). Para a quantificação da composição mineral foi usada a equação ($\text{RMS} \times \text{Nu}/\text{RMS}$), onde RMS é o rendimento da matéria seca (t/ha), Nu é a quantidade do nutriente da amostra (P, K,

Ca, Mg e Na) expresso em g/kg, no entanto, para a obtenção da composição do N, foi obtido a partir da proteína bruta, que compõe não só o complexo proteico mas todos os compostos nitrogenados, onde a mesma foi multiplicada pelo fator 6,25 (a proteína verdadeira contém 16% de nitrogênio). A equação $(RMS \times [Nu]/100)$ foi utilizada para a obtenção do estoque dos minerais com base na MS, onde RMS é o rendimento da matéria seca, [Nu] é a concentração do nutriente na amostra analisada (N, P, K, Ca, Mg e Na). A capacidade do uso da água foi avaliada por meio dos indicadores eficiência do uso de nutrientes ($EUN_{(w)}$, mg/ha/mm), produtividade da água da cultura (PAC, kg/ha/mm) e a produtividade econômica da água (PEA, R\$/mm). Os cálculos foram realizados assumindo-se os dados de biomassa, concentração de nutrientes, precipitação e irrigação acumulada para todo o ciclo produtivo em condições de sequeiro.

A eficiência do uso de nutriente ($EUN_{(w)}$), foi adaptada da literatura, que assume a habilidade da planta absorver os nutrientes da solução do solo (AMARAL et al., 2011). É calculada com base na lâmina de água recebida pela cultura ($P + I$) expressa em (mm). Esse indicador foi obtido para todos os minerais, considerando sua concentração na planta ([Nu]) e a biomassa acumulada (Y), de modo a se estabelecer a capacidade de absorção de um determinado nutriente da solução do solo em relação à quantidade de água utilizada pela cultura ou recebida pelo sistema de produção. Assim, tem-se que:

$$EUN_{(w)} = \frac{Y [Nu]}{\Sigma(P+I)}$$

Onde:

$EUN_{(w)}$ é expressa em g/ha/mm ou mg/ha/mm;

W se refere ao nutriente em análise (N, P, K, Ca, Mg e Na);

Y é o rendimento da cultura, em kg/ha;

[Nu] é concentração do nutriente na amostra analisada, dada em g/kg;

P é a precipitação (mm);

I é a irrigação (mm).

A PAC, que se refere à capacidade de água utilizada ou recebida pela cultura em converter fotossimilados em biomassa total acumulada, foi determinada para a palma em condição de sequeiro. Para isso, foi considerada a relação entre o rendimento e a lâmina de água

recebida (precipitação + irrigação) pela cultura ao longo do tempo (GEERTS & RAES, 2009). Utilizando o seguinte modelo matemático:

$$PA_c = \frac{Y}{\sum(P+I)}$$

Onde:

PA_c é expressa em kg/ha/mm;

Y é o rendimento da cultura na base verde e seca (kg/ha);

P é a precipitação pluviométrica (mm);

I é a irrigação (mm).

A produtividade econômica da água (PEA) foi calculada com base no ganho econômico (GE) por unidade de área, o que permite conhecer qual foi o retorno econômico de cada unidade de água utilizada pela cultura ou recebida pelo sistema de plantio (ARAYA et al., 2011). Utilizando o seguinte modelo matemático:

$$PEA = \frac{GE}{\sum(P + I)}$$

Onde:

GE é o ganho econômico por unidade de área, em R\$/ha, que considerou o valor pago pela tonelada da palma.

P é a precipitação pluviométrica (mm);

I é a irrigação (mm).

Três cladódios representativos de cada subparcela foram amostrados e pesados para obtenção da matéria verde individual do cladódio (MV, g cladódio⁻¹). Em seguida, estes cladódios foram fragmentados, colocados em bandejas e conduzidos a uma estufa de ventilação de ar forçada à temperatura de 55°C por oito dias para a determinação da matéria pré seca do cladódio (MPSC, g/cladódio). As amostras após a secagem foram moídas e acondicionadas em potes plásticos com tampa; essas foram usadas para a obtenção da composição bromatológica da palma e para determinação dos minerais, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica com o método Kjeldahl para obtenção do N; digestão úmida com ácido nítrico-perclórico (AOAC 1990; Método 935.13) para estimar P, K, Ca, Mg e Na. O Ca e o Mg foram determinados após a adição de lantânio, e as leituras foram realizadas por espectrometria de

absorção atômica (AOAC 1990) usando um espectrofotômetro GBC Savant AA (Scientific Equipment, Braeside, Victoria, Austrália), lâmpadas catódicas ocas (442,7 nm para Ca e 285,2 nm para Mg) e chama de acetileno-ar. O fósforo foi determinado colorimetricamente (Harris e Popat, 1954) usando reagente vanadato-molibdato (AOAC 1990).

2.3. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram analisados por data de amostragem (6, 9, 12 e 15 meses), submetidos à análise de variância e quando houve efeito isolado dos fatores lâminas de água e doses de matéria orgânica foi realizado análise de regressão para as variáveis associadas a composição mineral, produtividade da cultura, eficiência do uso do nutriente e produtividade da água da cultura, utilizando-se como aproximação do grau de ajustamento aos modelos linear e quadrático, com o auxílio do pacote estatístico SAS 9.0 (2002).

Para o delineamento em bloco ao acaso foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = observação de cada variável relativa ao j-ésimo nível de matéria orgânica, do i-ésimo tratamento;

μ = média da população;

t_i = efeito do i-ésimo tratamento; i = quatro níveis de lâmina (130, 370, 520 e 700mm);

b_j = efeito do j-ésimo bloco; j = quatro níveis de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t ha⁻¹);

e_{ij} = efeito aleatório relativo ao j-ésimo bloco, do i-ésimo tratamento.

Para as equações de regressão (linear e quadrática) foram utilizados os seguintes modelos matemáticos:

Modelo linear:

$$Y = a + bx$$

Onde:

a = constante de regressão;

b = coeficiente angular;

x = variável independente.

Modelo polinomial do 2º grau:

$$Y=a+bx+cx^2$$

Onde:

a = constante de regressão;

b = parâmetro a ser estimado;

c = parâmetro a ser estimado;

x = variável independente.

Os dados foram transformados, com o intuito de torná-los mais homogêneos para aplicação do teste. Comparações entre as médias foram realizadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, quando houve interações significativas. A escolha das equações de regressão teve como base o coeficiente de determinação e a significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, adotando-se $\alpha = 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1 Perfil mineral da palma forrageira

Avaliando a composição mineral da palma forrageira aos 6 meses, não foi observado efeito significativo ($P>0,05$) em função da lâmina de água aplicada apenas para o nitrogênio (N). Aos 9 meses não houve efeito significativo ($P>0,05$) para o fósforo (P). Para as concentrações dos minerais em função da quantidade de matéria orgânica (MO) aplicada aos 6 meses, houve efeito significativo ($P<0,05$) para N, P e Mg, já aos 9 meses, houve efeito significativo para o N, P, Mg e Na (Tabela 3).

Com relação a interação entre lâmina de água e matéria orgânica, aos 6 meses houve efeito significativo ($P<0,05$) apenas para o N, no entanto, aos 9 meses o N, K, Ca, Mg e Na apresentaram significativos ($P<0,05$) em função da interação (Tabela 3).

Tabela 3 - Teores médios da composição mineral da palma forrageira, expressa em g/kg em função da evapotranspiração de referência (%ETo) e da matéria orgânica (MO) recebidas aos 6 e 9 meses de idade em sistemas bioassalinos

Variáveis	6 MESES												
	Lâminas de água (%ETo)					Matéria orgânica (t/ha)					Valor-P		
	0	12	20	28	EPM	0	15	30	45	EPM	LA	MO	LAXMO
N	0,90	0,95	0,98	1,06	0,08	0,84	0,83	1,08	1,15	0,07	0,24	0,00	0,01
P	0,51	0,64	0,69	0,72	0,10	0,39	0,54	0,72	0,91	0,06	0,00	0,00	0,31
K	28,20	28,41	29,27	30,66	0,16	27,94	26,41	29,26	34,11	0,19	0,00	0,90	0,07
Ca	17,61	27,55	30,77	29,88	0,20	26,31	25,43	27,41	26,66	0,29	0,00	0,91	0,14
Mg	21,20	26,83	28,66	25,71	0,21	27,26	26,95	25,59	22,61	0,22	0,00	0,03	0,05
Na	0,14	0,24	0,60	0,64	0,03	0,99	0,23	0,25	0,17	0,05	0,00	0,05	0,13
9 MESES													
N	0,85	0,80	0,83	1,02	0,08	0,86	0,89	0,84	0,91	0,09	0,00	0,01	0,00
P	0,38	0,44	0,57	0,63	0,10	0,38	0,44	0,57	0,63	0,09	0,29	0,00	0,12
K	29,09	33,67	34,01	36,08	0,33	33,12	30,63	32,02	37,08	0,34	0,00	0,09	0,00
Ca	16,88	26,96	31,13	32,14	0,26	23,90	24,51	29,13	29,67	0,35	0,00	0,06	0,00
Mg	21,77	25,92	28,90	28,39	0,22	24,83	26,90	26,88	26,38	0,24	0,00	0,04	0,00
Na	0,17	0,61	1,17	1,34	0,10	1,07	1,17	0,48	0,55	0,14	0,00	0,00	0,00

N – nitrogênio; P – fósforo; K - potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey (P<0,05).

Para as idades de 12 e 15 meses foram observados comportamentos semelhantes para a maioria dos minerais em função da lâmina de água, apresentando efeito significativo ($P < 0,05$) para a maioria dos nutrientes. Somente o Mg aos 15 meses não teve efeito significativo ($P < 0,05$) (Tabela 4).

Observando a composição da palma em função da matéria orgânica, aos 12 meses houve efeito significativo ($P < 0,05$) para P, Ca, Mg e Na. No entanto, aos 15 meses apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para o P e o Na, já os efeitos em função da interação entre a lâmina de água e matéria orgânica, não foi significativa ($P > 0,05$) apenas para o N aos 12 meses, e para o Ca e Mg aos 15 meses (Tabela 4).

Tabela 4 - Teores médios da composição mineral da palma forrageira, expressa em g/kg em função da evapotranspiração de referência (%ETo) e da matéria orgânica (MO) recebidas aos 12 e 15 meses de idade em sistemas bioassalinos

Variáveis	12 MESES												
	Lâminas de água (%ETo)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	0	12	20	28		0	15	30	45		LA	MO	LAXMO
N	1,08	0,99	0,94	0,93	0,05	1,00	1,05	0,94	0,94	0,06	0,00	0,84	0,09
P	0,40	0,22	0,16	0,16	0,07	0,16	0,20	0,24	0,35	0,09	0,00	0,00	0,00
K	34,49	11,08	12,12	11,22	0,24	15,24	14,75	20,05	18,88	0,43	0,00	0,15	0,00
Ca	21,41	43,36	39,59	44,43	0,22	40,50	40,42	34,19	33,80	0,37	0,00	0,00	0,01
Mg	43,13	33,39	29,63	31,24	0,18	36,62	32,47	28,88	39,42	0,14	0,00	0,01	0,00
Na	0,17	0,75	1,93	2,69	0,17	3,50	1,32	0,46	0,26	0,25	0,00	0,00	0,00
15 MESES													
N	1,33	0,83	0,91	0,91	0,07	0,99	1,06	0,89	1,04	0,09	0,00	0,09	0,03
P	0,79	0,28	0,26	0,22	0,08	0,27	0,37	0,40	0,50	0,14	0,00	0,00	0,00
K	12,89	9,01	12,96	6,87	0,19	13,44	8,69	8,30	11,29	0,25	0,00	0,05	0,00
Ca	30,66	42,04	45,09	41,02	0,21	41,16	40,22	38,32	39,13	0,26	0,00	0,79	0,94
Mg	28,30	25,89	29,90	26,70	0,21	28,96	27,69	26,21	27,92	0,21	0,13	0,62	0,11
Na	0,19	0,80	1,87	1,45	0,07	2,99	0,51	0,57	0,24	0,17	0,00	0,00	0,00

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey (P<0,05).

Ao observar os teores médios da composição dos minerais aos 6 meses na palma forrageira o P, K e Na apresentaram um comportamento linear crescente, ou seja, à medida que aumentava a quantidade de água salina, aumentava os teores dos minerais (P, K e Na). No entanto, para o Ca e Mg foi observado um comportamento de ajuste quadrático, mostrando uma quantidade maior desses minerais na ETo20% (520mm) (Figura 2).

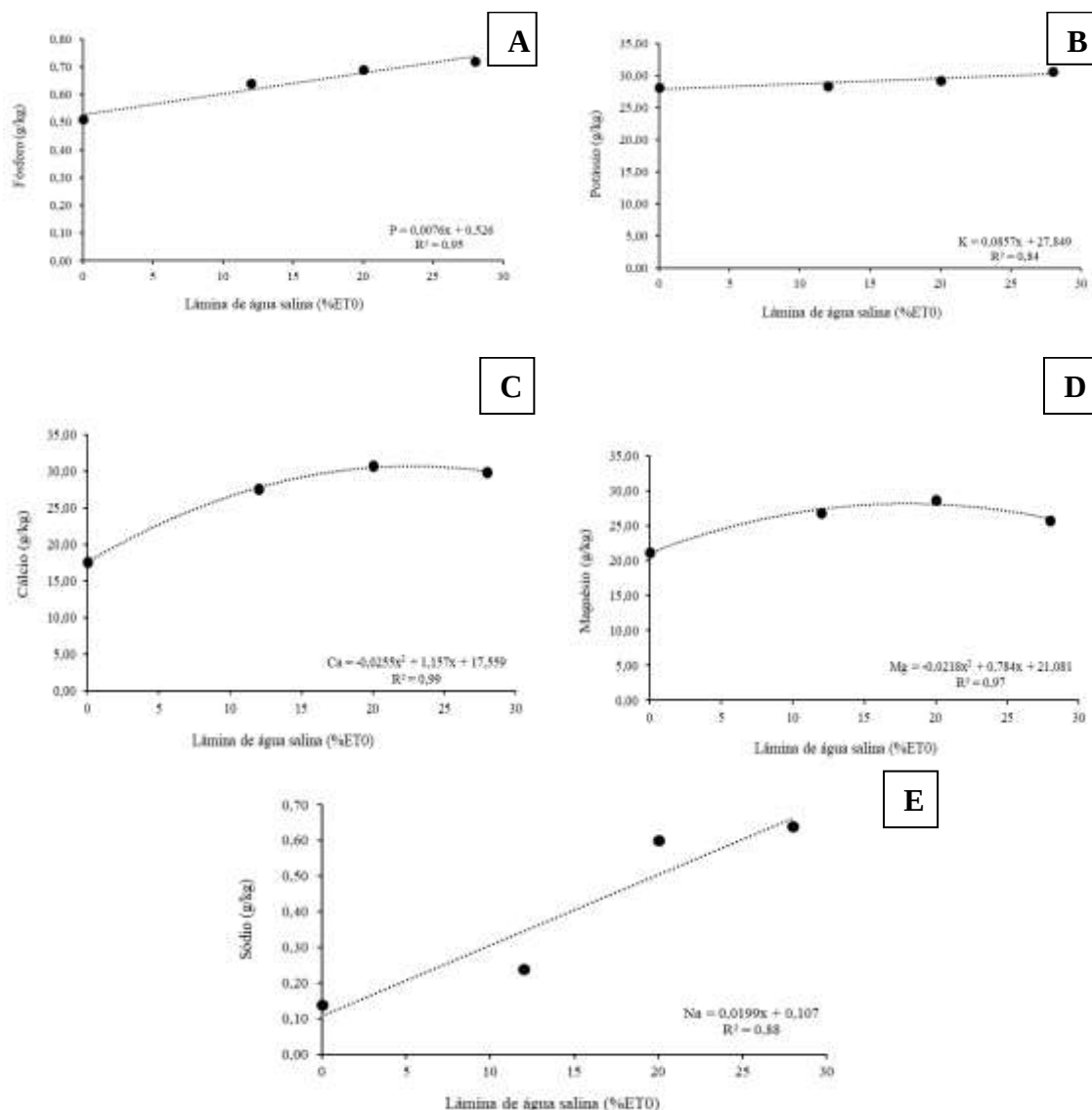


Figura 2. Concentração do fosforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e sódio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 6 meses.

Aos 12 o N teve comportamento linear decrescente e o Ca apresentou um ajuste quadrático aos 15 meses com uma maior concentração na ETo20% (520mm) (Figura 3).

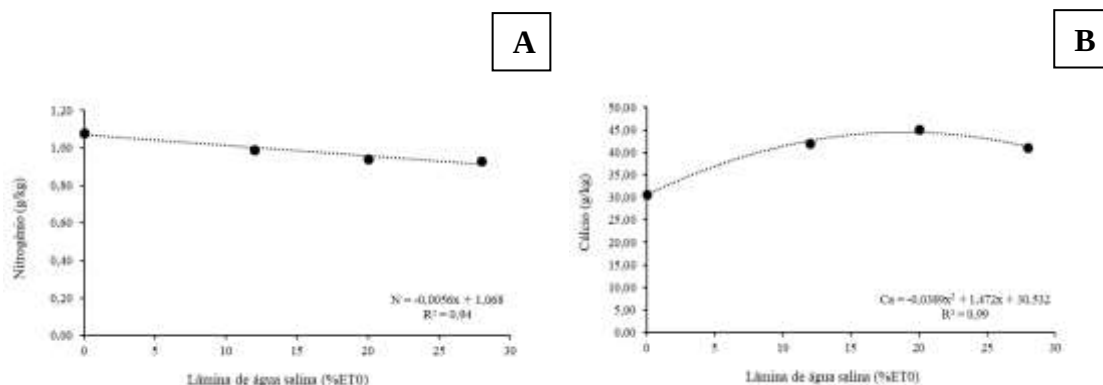


Figura 3. Concentração do nitrogênio (A) aos 12 meses e cálcio (B) aos 15 meses da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina.

Observando as concentrações dos minerais em função da matéria orgânica aplicada aos 6 e 9 meses, o P teve um ajuste linear, mostrando maiores concentração com a matéria orgânica de 45 t/ha, já o Mg aos 6 meses, teve comportamento linear decrescente (Figura 4).

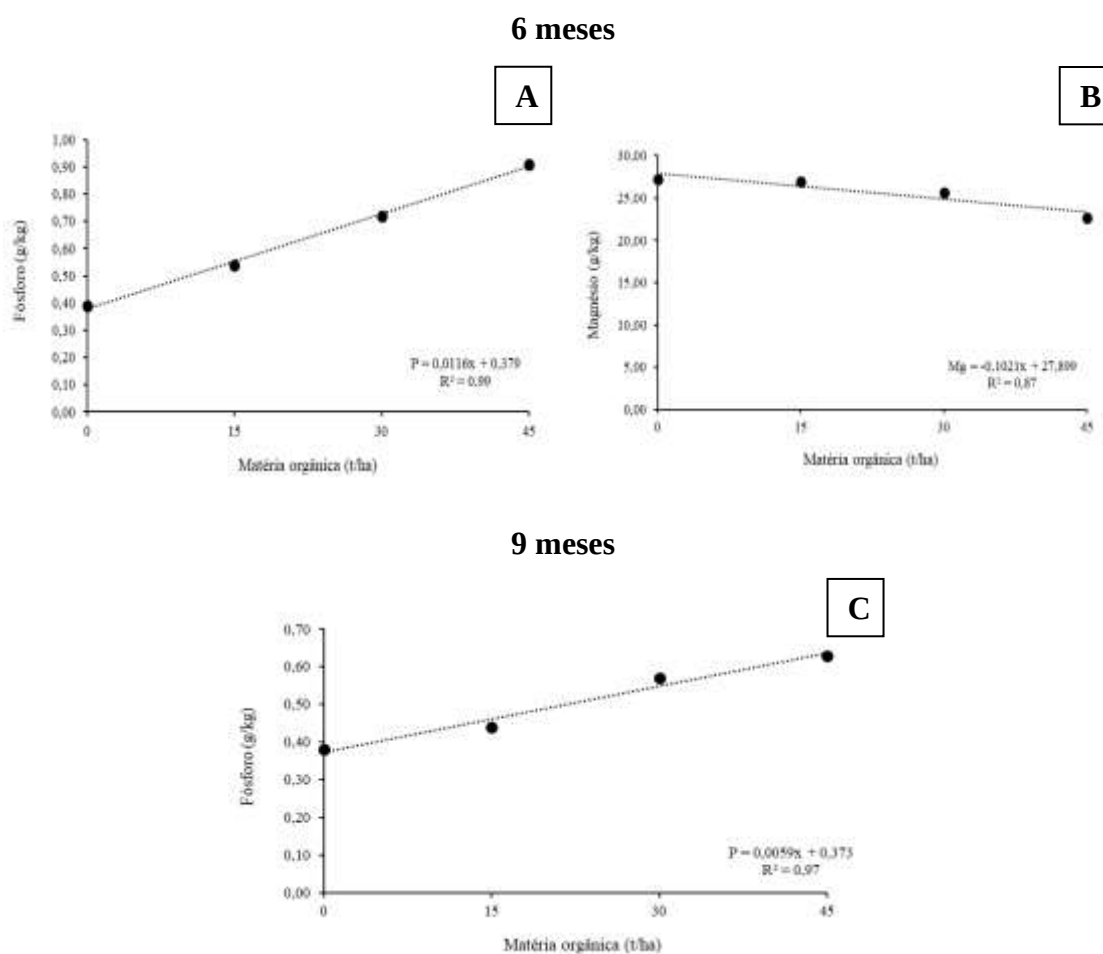


Figura 4. Concentração do fósforo (A) e magnésio (B) aos 6 meses e fósforo (C) aos 9 meses da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica.

Para os minerais que tiveram influência dos tratamentos isoladamente e sua interação, foram priorizados os resultados da interação. Portanto, as concentrações do nitrogênio em função da interação lâmina de água e matéria orgânica (LA*MO) aos 6 meses foi significativa ($P < 0,05$), apresentando comportamento crescente, mostrando teores elevados à medida que aumentava a matéria orgânica em todos os tratamentos (Figura 5).

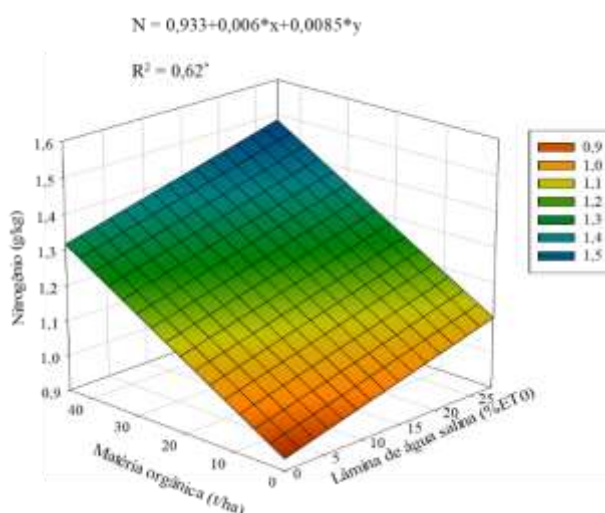


Figura 5. Teores médios do nitrogênio (N) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ET00% - 130 mm (precipitado), ET012% - 370 mm, ET020% - 520 mm e ET028% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 6 meses sob sistema de agricultura biossalina, no município de Petrolina, PE.

Aos 9 meses a interação LA*MO foi significativa ($P < 0,05$) para o N, K, Ca, Mg e Na. O N nas ET00%, ET012% e ET020% apresentou comportamento semelhante, à medida que aumentava a quantidade da matéria orgânica aplicada, a concentração do N também aumentava, no entanto para ET028% o teor do mineral foi maior com o nível de matéria orgânica de 15 t/ha, diminuindo sua concentração nos níveis de 30 e 45 t/ha (Figura 6 - A).

Para o teor de K nas ET00%, ET012% e ET020% apresentaram comportamento semelhante, ou seja, a concentração do K aumentava à medida que se elevava as doses de matéria orgânica aplicada, contudo na ET028% as maiores concentrações do K foram com os níveis de matéria orgânica de 15 e 45t/ha (Figura 6 - B). Com relação aos teores de Ca, os tratamentos ET00%, ET012%, ET020% e ET028% mostraram similaridade, no qual as maiores concentrações de Ca foram com a dose de matéria orgânica 45t/ha (Figura 6 - C). Já para o Mg nos tratamentos teve um comportamento decrescente à medida que os níveis de matéria

orgânica aumentavam (Figura 6 - D). Para o Na o comportamento foi quadrático, diminuindo sua concentração quando aumenta a quantidade de matéria orgânica aplicada (Figura 6 - E).

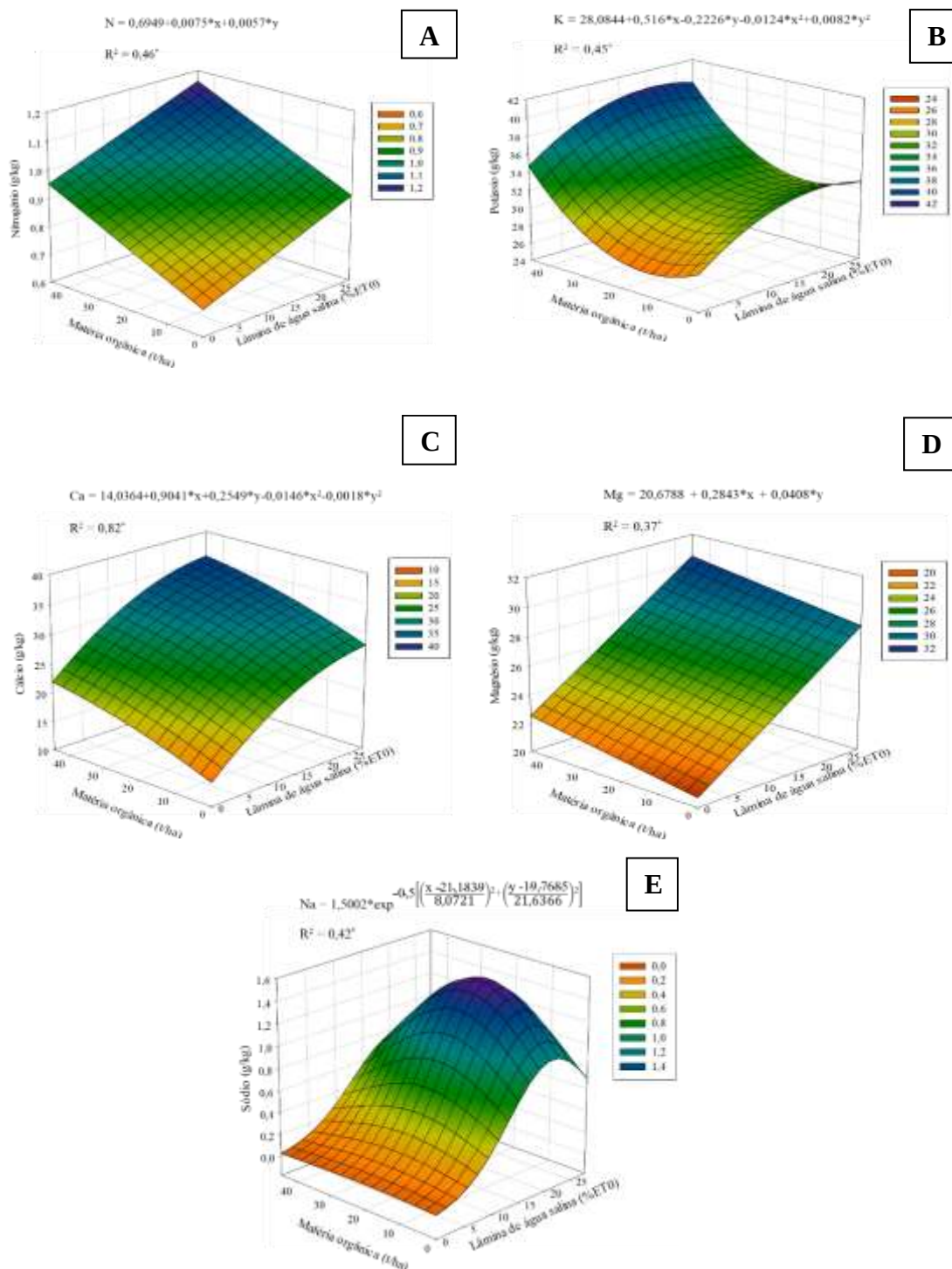
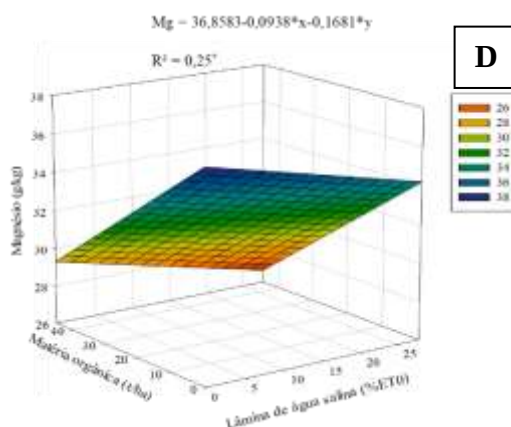
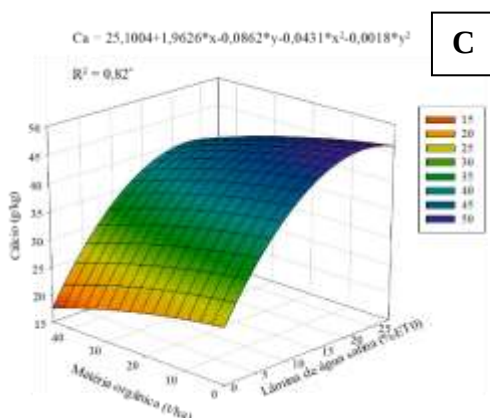
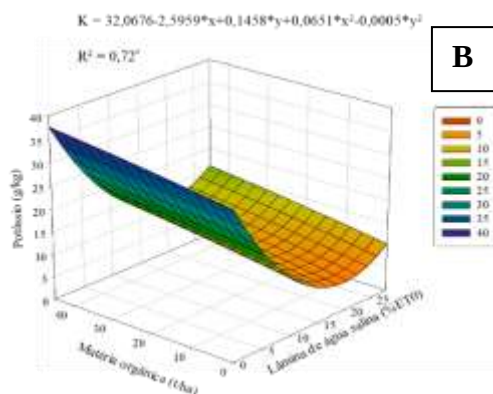
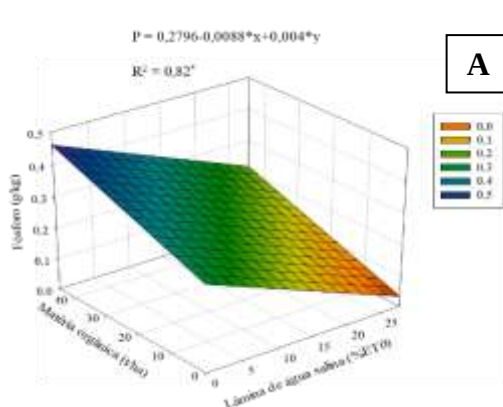


Figura 6. Teores médio do nitrogênio (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e sódio (E) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 9 meses sob sistema de agricultura bioassalino, no município de Petrolina, PE.

Quando observado a interação LA*MO aos 12 meses, apresentou efeito significativo ($P<0,05$) para o P, K, Ca, Mg e Na. A concentração do P foi aumentando à medida que se elevava as doses de matéria orgânica aplicada em todos os tratamentos (Figura 7 - A), já o K apresentou esse mesmo comportamento para os tratamentos ETo0% e ETo20%, para a ETo12% e ETo28% mostrou o inverso, ou seja, as concentrações do K foi diminuindo à medida que aumentava as doses de matéria orgânica (Figura 7 - B).

Com relação ao Ca, Mg e Na os teores foram mais elevados na associação da ETo0% com a dose de matéria orgânica de 45t/ha, contudo nos demais tratamentos (ETo12%, ETo20% e ETo28%) as concentrações mostraram ser inversamente proporcional as doses de matéria orgânica, uma vez que, com o aumento da matéria orgânica os teores dos nutrientes foram diminuindo (Figura 7 – C, D e E).



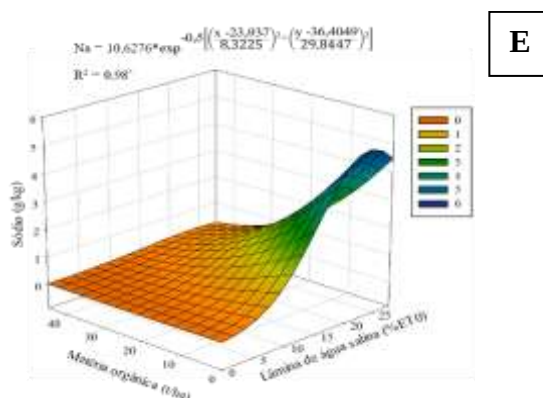
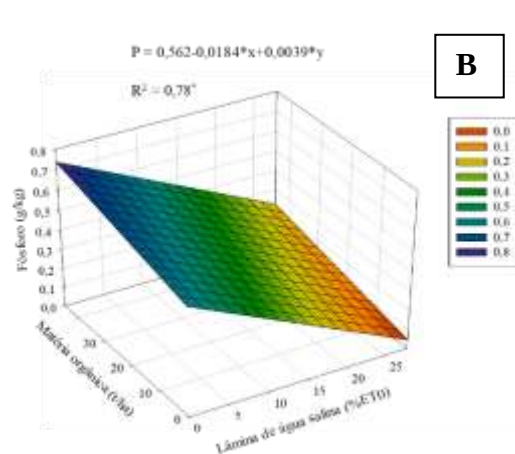
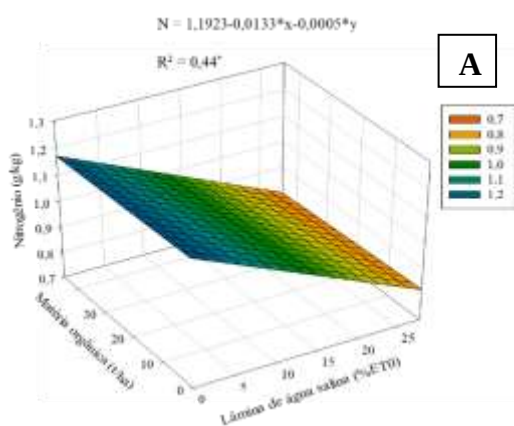
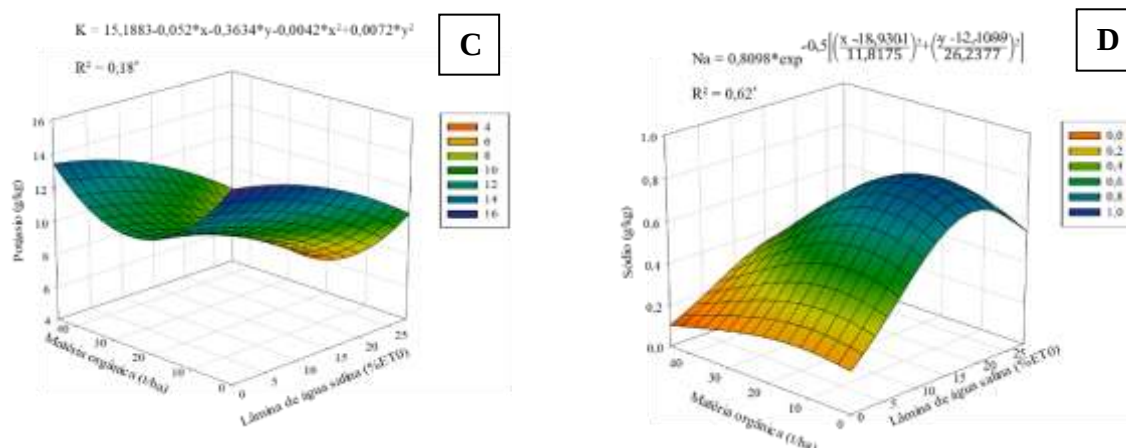


Figura 7. Teores médios do fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e sódio (E) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 12 meses sob sistema de agricultura bioassalada, no município de Petrolina, PE.

Aos 15 meses a interação LA*MO houve efeito significativo ($P < 0,05$) nas concentrações de N, P, K e Na. Para o N a concentração foi aumentando com o aumento da quantidade de matéria orgânica aplicada (Figura 8 – A).

Os teores de P foram maiores em todos os tratamentos associados a maior quantidade de matéria orgânica aplicada (Figura 8 – B). Contudo, o K teve comportamento semelhante ao P para ETo0%, ETo12% e ETo28%, já para a ETo20% as concentrações do K foram menores à proporção que elevava as doses de matéria orgânica (Figura 8 – C). Para as concentrações do Na, em todos os tratamentos foram menores quando a lâmina de água era combinada com as doses crescente de matéria orgânica (Figura 8 - D).





, Figura 8. Teores médios do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e sódio (D) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 15 meses sob sistema de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE

Observando o estoque dos minerais da palma forrageira aos 6 meses, mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) para todos os nutrientes em resposta a aplicação da lâmina de água salina. Para o efeito isolado da matéria orgânica aplicada aos 6 meses, apenas o Na não teve influência significativa ($P > 0,05$). Avaliando o efeito da interação entre a lâmina de água e matéria orgânica, não houve efeito significativo para todos os minerais (Tabela 5).

Com relação aos 9 meses houve efeito significativo ($P < 0,05$) tanto para lâmina de água quanto para matéria orgânica aplicada isoladamente para todos os minerais, já a interação entre os tratamentos, houve efeito significativo ($P < 0,05$), apenas para o Na (Tabela 5).

Tabela 5 - Teores médios do estoque mineral da palma forrageira, expressa em kg/ha em função da evapotranspiração de referência (%ETo) e da matéria orgânica (MO) recebidas aos 6 e 9 meses de idade em sistemas bioassalinos

Variáveis	6 MESES												
	Lâminas de água (%ETo)					Matéria orgânica (t/ha)					Valor-P		
	0	12	20	28	EPM	0	15	30	45	EPM	LA	MO	LAXMO
N	15,08	23,82	29,08	42,80	0,92	12,97	22,83	30,55	44,83	0,84	0,02	0,00	0,71
P	9,25	17,04	23,34	30,67	0,85	6,45	15,80	21,23	35,25	0,74	0,00	0,00	0,74
K	507,30	600,12	833,49	1.393,7	2,79	431,54	627,84	906,62	1.427,5	2,61	0,02	0,00	0,29
Ca	293,69	686,83	863,75	1.156	2,59	421,43	714,40	804,53	1.051,3	2,68	0,00	0,01	0,69
Mg	346,30	669,43	804,57	955,64	2,46	430,25	657,00	730,44	863,22	2,47	0,01	0,04	0,85
Na	2,39	7,48	9,43	15,18	0,49	11,65	7,38	8,50	6,54	0,64	0,00	0,68	0,06
9 MESES													
N	12,85	20,07	21,10	45,65	0,88	10,82	22,72	41,90	26,35	0,86	0,00	0,00	0,42
P	7,91	12,48	13,56	26,35	0,84	4,86	11,14	26,92	18,43	0,74	0,00	0,00	0,13
K	475,67	687,20	808,80	1.306,6	2,93	443,92	750,07	1.145,2	1.192,3	2,83	0,00	0,00	0,57
Ca	266,23	707,12	810,33	1.243,5	2,97	310,79	643,12	1.213,35	936,02	2,97	0,00	0,00	0,32
Mg	333,06	677,51	756,73	1.168,4	2,76	311,01	697,24	1.266,6	762,67	2,66	0,00	0,00	0,73
Na	2,81	20,89	28,46	31,92	0,64	13,83	30,13	26,69	13,44	0,80	0,00	0,00	0,00

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey (P<0,05).

O estoque para a idade de 12 meses, teve efeito significativo ($P < 0,05$) para o Ca e Na, apresentando maior estoque para a ETo20% aplicada, já para o efeito da matéria orgânica aplicada, apenas o Na não teve efeito significativo ($P > 0,05$). Observando a interação entre a lâmina de água e matéria orgânica, houve efeito significativo ($P > 0,05$) apenas para o P (Tabela 6).

Aos 15 meses não teve efeito significativo ($P > 0,05$) somente para o P. no entanto, para o efeito isolado da matéria orgânica aplicada, todos os nutrientes apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$). O efeito d interação aos 15 meses apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para o N, Ca e Na (Tabela 6).

Quando a palma forrageira não recebeu água através da irrigação, recebendo apenas via precipitação (130 mm), o estoque dos minerais foi menor quando comparado aos demais tratamentos que obtiveram água salina aplicada, esse aumento é resultante do acúmulo de sais adicionados via irrigação.

Tabela 6 - Teores médios do estoque mineral da palma forrageira, expressa em kg/ha em função da evapotranspiração de referência (%ET_o) e da matéria orgânica (MO) recebidas aos 12 e 15 meses de idade em sistemas bioassalinos

Variáveis	12 MESES												
	Lâminas de água (%ET _o)					Matéria orgânica (t/ha)					Valor-P		
	0	12	20	28	EPM	0	15	30	45	EPM	LA	MO	LAXMO
N	31,68	81,37	57,87	75,28	1,17	23,91	55,64	78,95	85,01	1,06	0,06	0,00	0,19
P	11,61	21,92	11,34	15,76	0,84	4,24	9,29	18,98	28,11	0,63	0,22	0,00	0,04
K	949,84	918,18	749,30	804,46	2,75	378,10	677,81	1.267,8	1.098,0	2,29	0,83	0,00	0,61
Ca	592,71	3.618,7	2.430,1	3.423,5	3,58	890,97	2.316,9	2.983,8	3.149,7	3,87	0,00	0,00	0,25
Mg	1.355,8	2.539,4	1.850,1	2.291,71	3,74	833,43	1.733,2	2.595,1	2.730,7	3,38	0,06	0,00	0,08
Na	4,83	35,39	97,68	93,80	0,72	70,14	74,84	52,97	23,26	1,16	0,00	0,06	0,15
15 MESES													
N	35,89	56,20	58,75	66,24	1,01	15,74	49,55	64,32	87,48	0,71	0,03	0,00	0,03
P	22,49	21,35	18,02	17,88	0,80	4,67	15,44	27,38	25,80	0,47	0,40	0,00	0,16
K	358,14	678,73	515,04	520,43	1,18	198,21	388,61	562,99	922,54	1,17	0,02	0,00	0,35
Ca	821,17	2.608,4	2.980,4	2.896,4	3,41	590,58	2.035,9	2.986,4	3.693,5	2,91	0,00	0,00	0,03
Mg	764,34	1.694,6	1.711,9	1.825,5	2,94	422,23	1.318,7	1.900,8	2.397,5	2,23	0,00	0,00	0,10
Na	5,05	31,16	62,87	40,36	0,64	40,00	28,36	47,41	23,66	1,01	0,00	0,02	0,00

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey (P<0,05).

Aos 6 meses foi observado efeito linear crescente para todos os nutrientes em resposta a aplicação da lâmina de água salina. Quando a quantidade de água salina através da irrigação foi aumentando, o estoque dos minerais na palma aumentou (Figura 9).

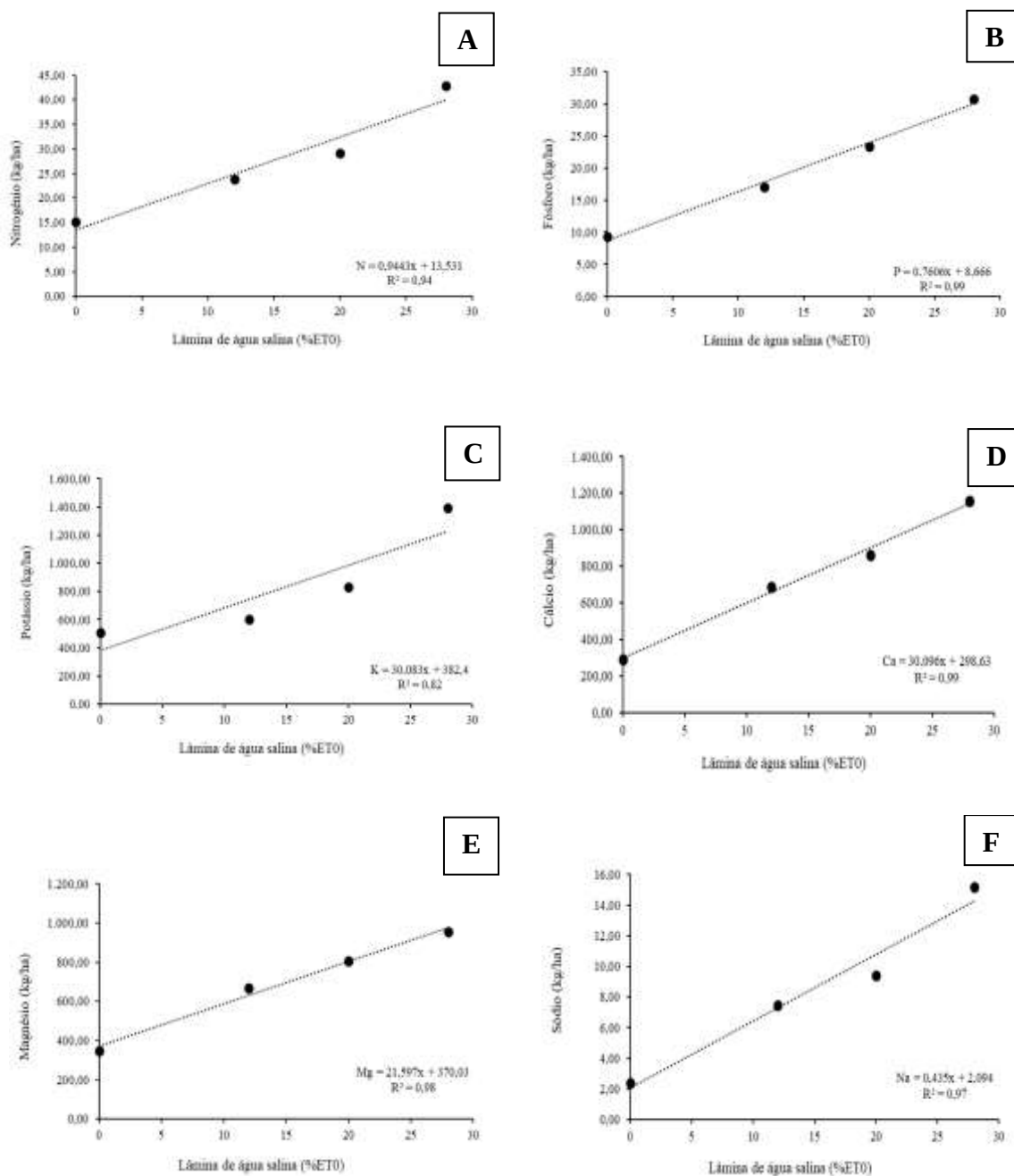


Figura 9. Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e sódio (F) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 6 meses.

As variáveis N, P, K, Ca e Mg analisadas aos 6 meses mostraram um ajuste ao modelo de regressão linear crescente com as doses de matéria orgânica aplicada (Figura 10).

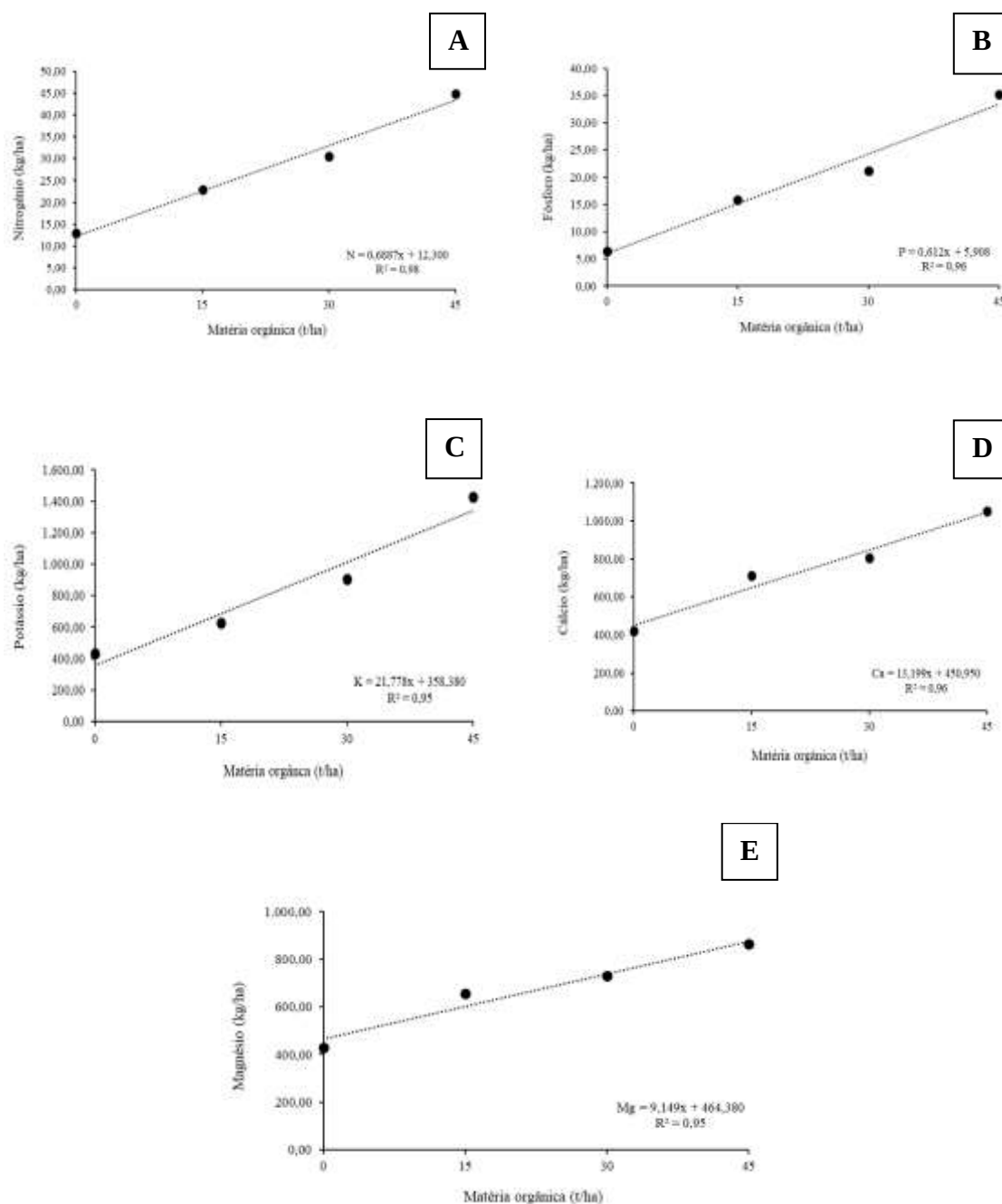


Figura 10. Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 6 meses.

Para 9 meses apenas o estoque do Na não apresentou efeito, no entanto os demais nutrientes apresentaram um ajuste linear, aumentando à medida que se eleva a quantidade de água salina através da irrigação (Figura 11).

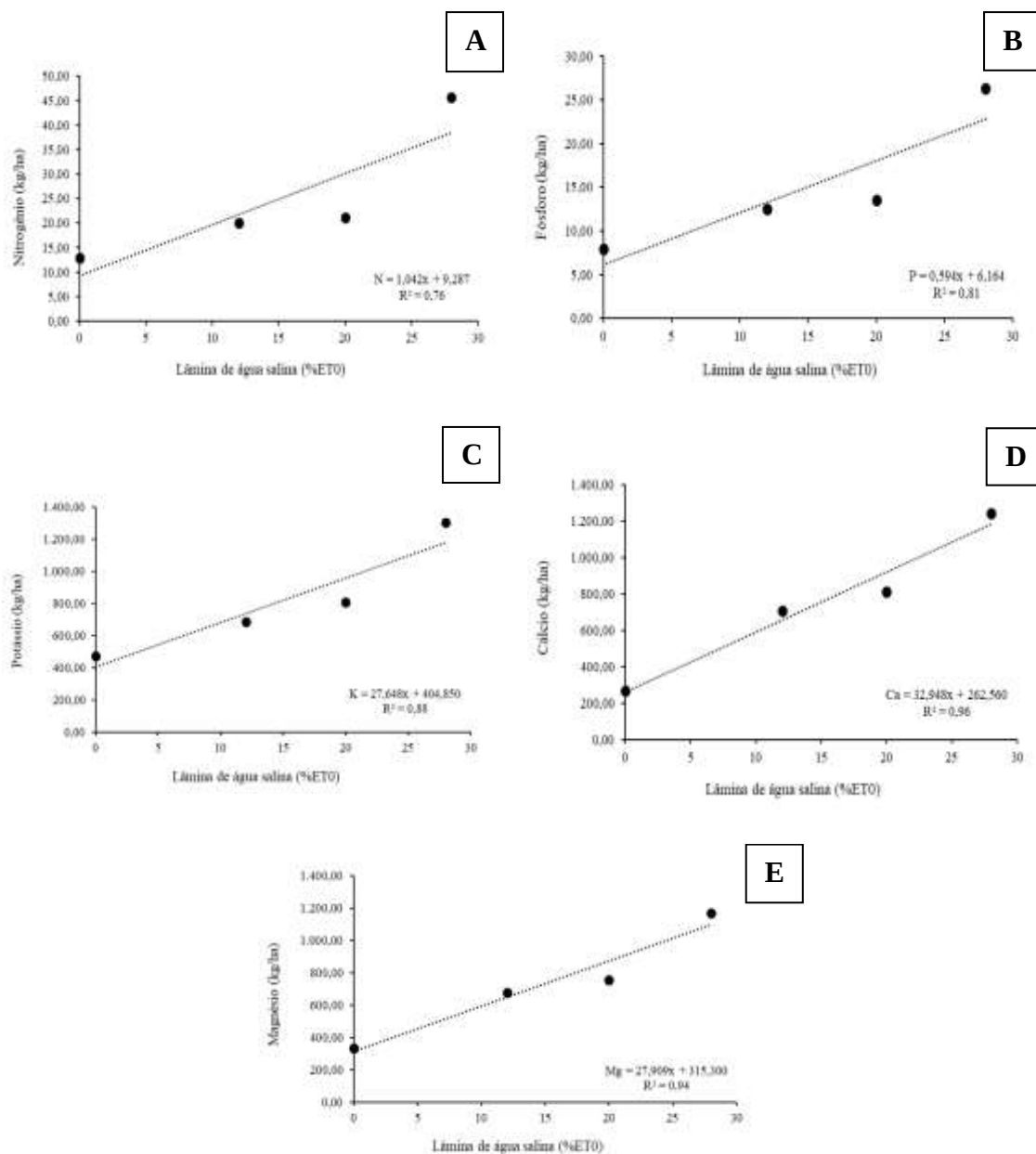


Figura 11. Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 9 meses.

Para a idade de 9 meses o N, P, Ca e Mg mostraram um comportamento quadrático com maior quantidade de estoque na dose de 30 t/ha da matéria orgânica ao solo, já para o K mostrou efeito linear crescente, e para o Na a matéria orgânica não teve influência (Figura 12).

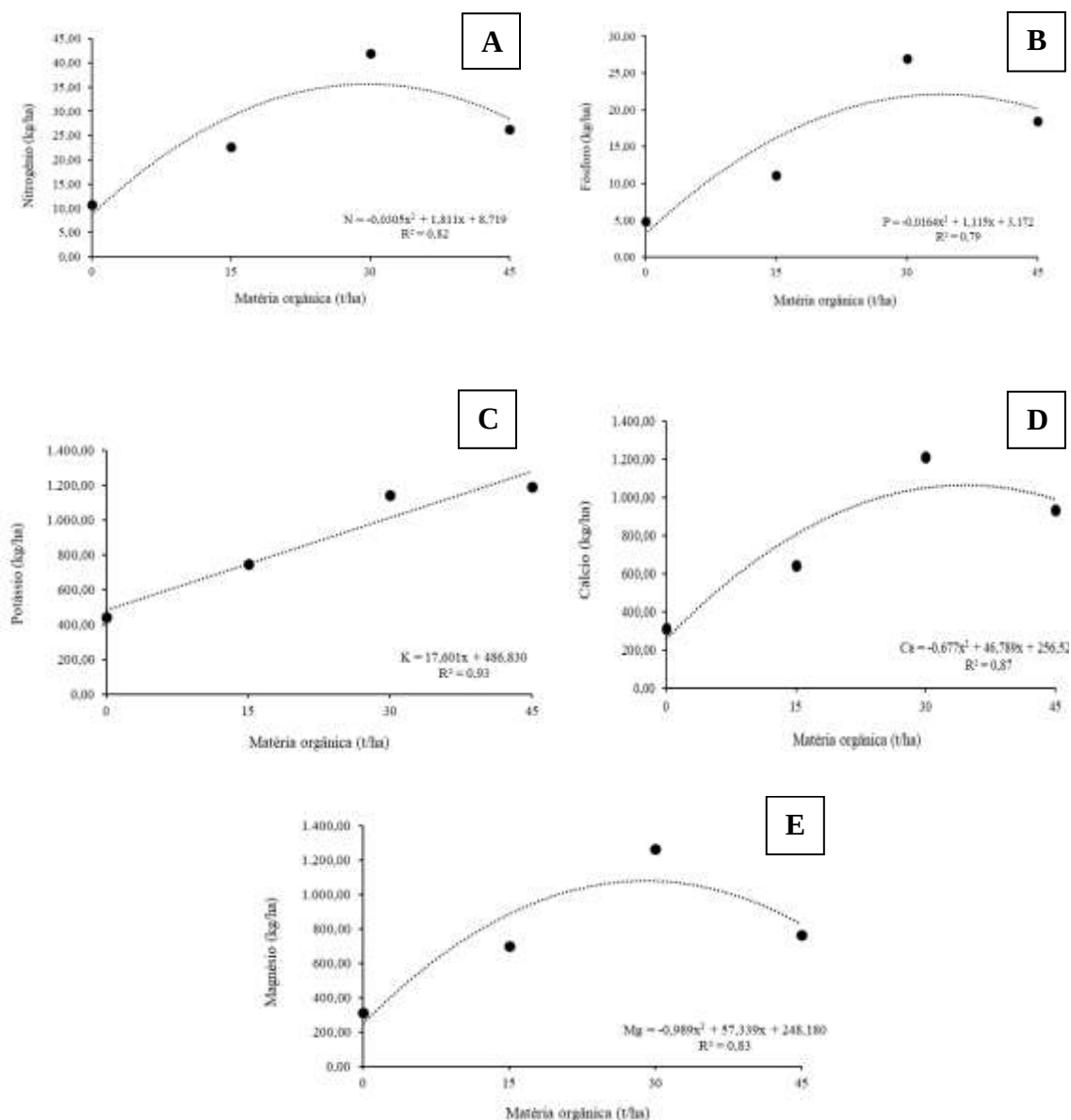


Figura 12. Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 9 meses.

O estoque para a idade de 12 meses, mostrou efeito quadrático para o Ca e Na apresentando maior produtividade para a ETo20% (520 mm), já para os demais nutrientes não teve efeito da lâmina de água sobre o estoque dos minerais (Figura 13).

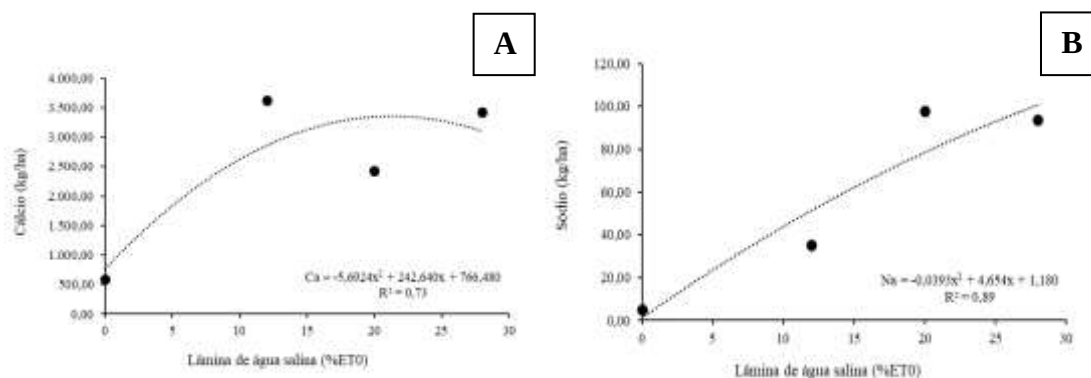


Figura 13. Estoque do cálcio (A) e sódio (B) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 12 meses.

Aos 12 meses os nutrientes N, K, Ca e Mg, apresentaram ajuste linear crescente, já o K teve um ajuste quadrático para o efeito isolado da matéria orgânica com maior estoque na dose de 30t/ha (Figura 14).

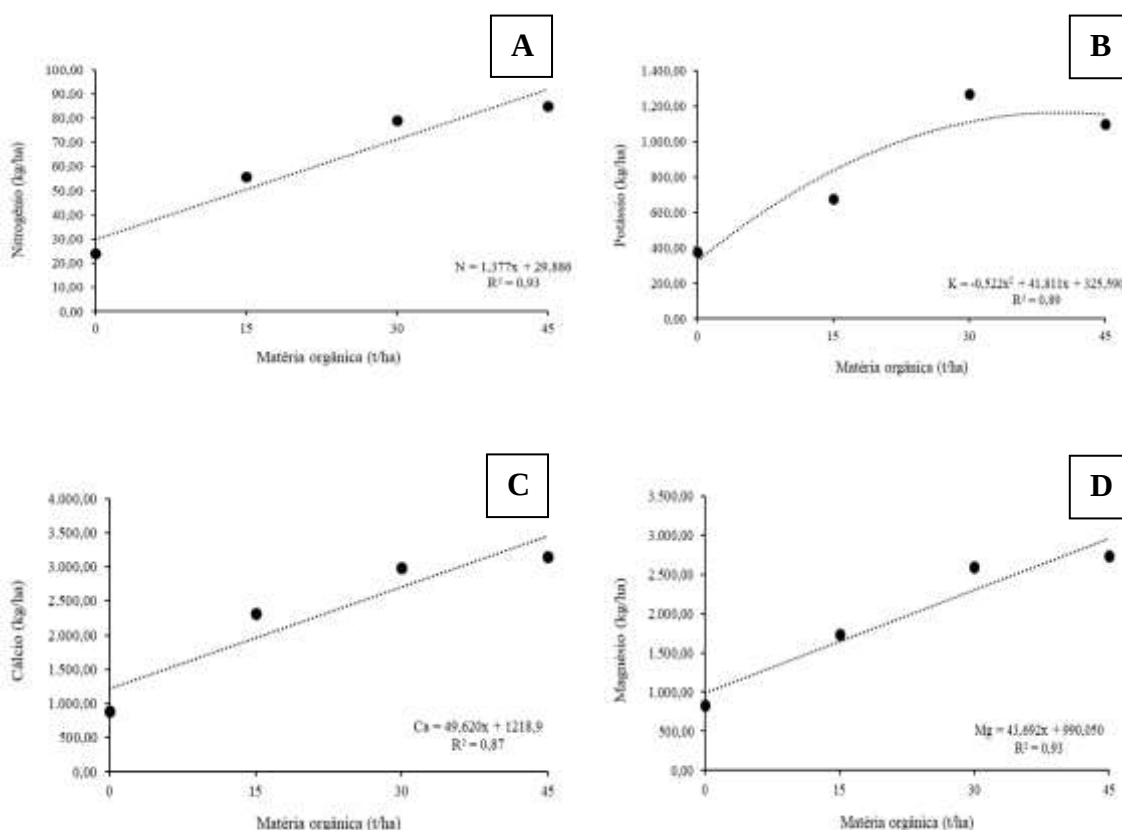


Figura 14. Estoque do nitrogênio (A), potássio (B), cálcio (C) e potássio (D) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 12 meses.

Aos 15 meses houve efeito para o K, que teve comportamento quadrático com estoque maior na ET012% e para o Mg que apresentou ajuste linear (Figura 15).

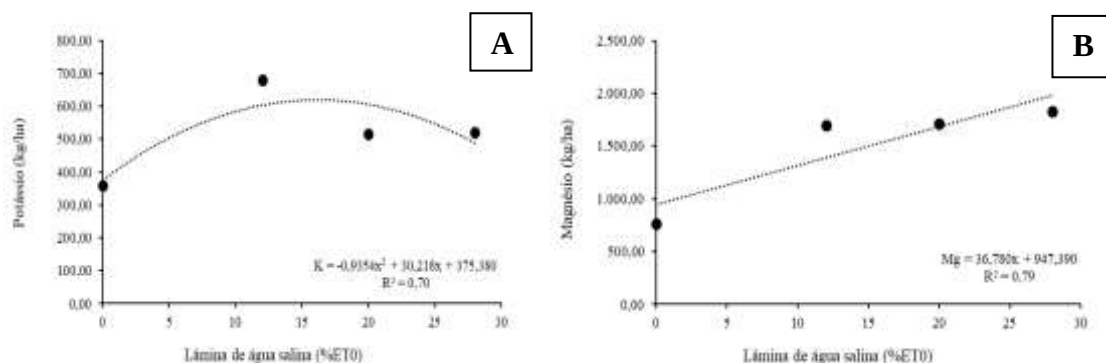


Figura 15. Estoque do potássio (A) e magnésio (B) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina aos 15 meses.

Para a idade de 15 meses o P teve comportamento quadrático, apresentando melhor resposta na dose de 30 t/ha de matéria orgânica aplicada, contudo o K e o Mg mostraram um ajuste linear crescente (Figura 16). É perceptível que as dosagens de matéria orgânica testadas são fundamentais como fonte de nutrientes para palma forrageira, contribuindo para o estoque dos minerais existentes na mesma.

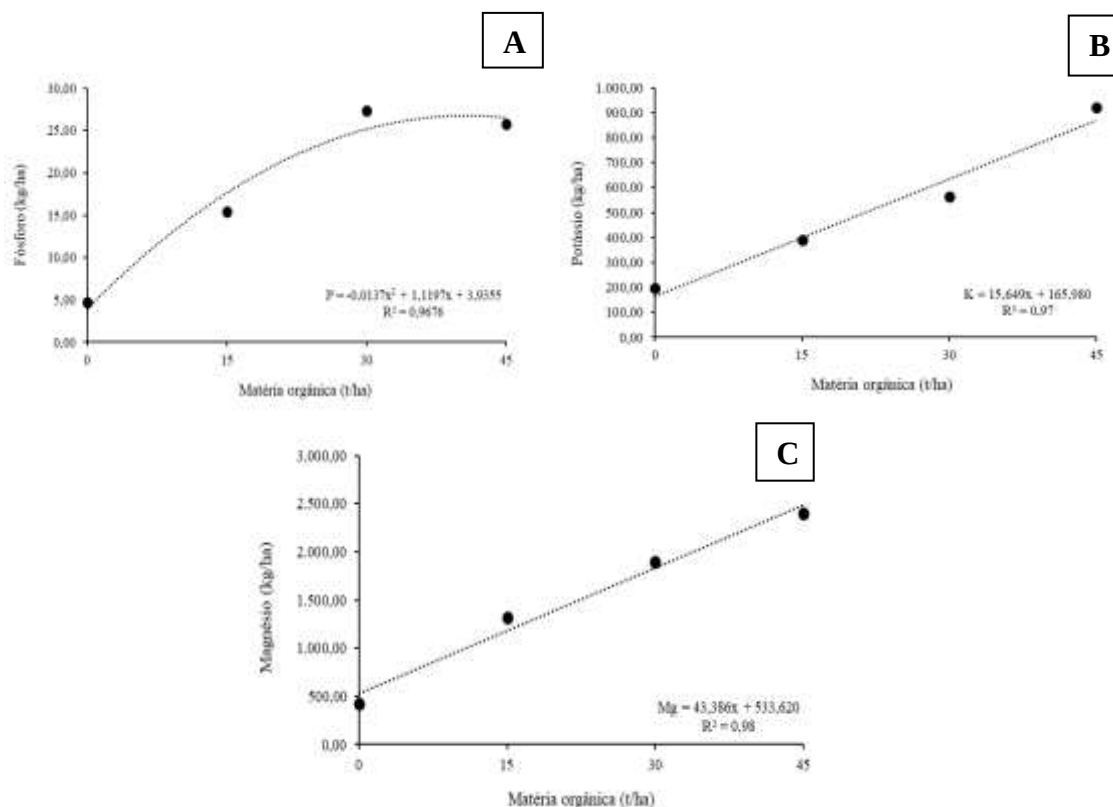


Figura 16. Estoque do fósforo (A), potássio (B) e magnésio (C) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 15 meses.

A interação LA*MO aos 9 meses para o Na, nos tratamentos ETo0%, ETo12% e ETo20% mostraram melhores resultados quando aplicada 15 t/ha de matéria orgânica, já para a ETo28% obteve melhor resultado com a dose de 30t/ha de matéria orgânica (Figura 17), ficando notável que mesmo adicionando fontes crescente de nutrientes, existe uma limitação de absorção desse mineral pela planta.

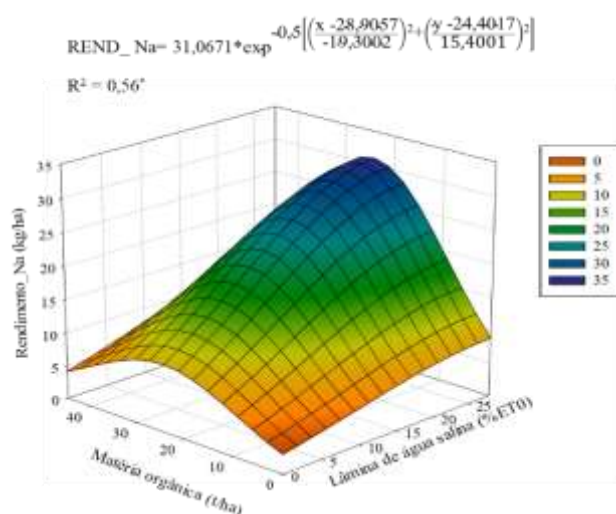


Figura 17. Teores médios do estoque do sódio (Na) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 9 meses sob sistema de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.

Para a idade de 12 meses, a interação LA*MO para o P, mostrou melhor resultado nos tratamentos ETo0% e ETo12% associados a dose de 45t/ha de matéria orgânica, já para a ETo20% e ETo28% o estoque do P foi melhor na dose de 30 t/ha de matéria orgânica (Figura 18).

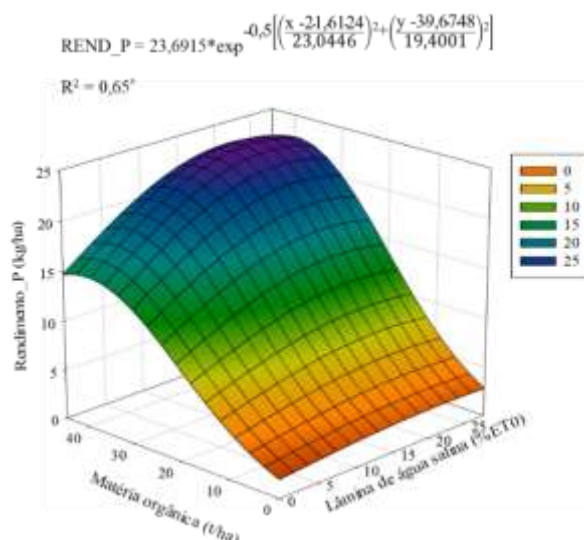
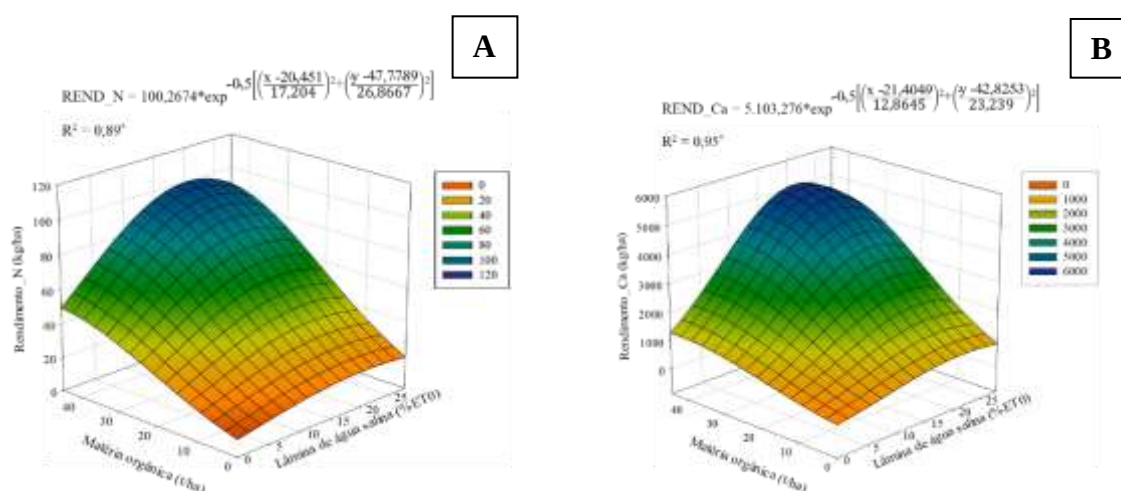


Figura 18. Teores médios do estoque do fósforo (P) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 12 meses sob sistema de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.

Aos 15 meses houve interação LA*MO para N, Ca e Na. O N e o Ca apresentaram resultados semelhantes, o estoque foi elevada à medida que aumentava a dosagem da matéria orgânica (Figura 19 – A e B).

Para o Na, o tratamento ETo0% apresentou resultado semelhante em todos os níveis de matéria orgânica, mas nos tratamentos ETo12% e ETo20% o estoque do Na teve uma maior influência na quantidade de 30t/ha de matéria orgânica, já no tratamento ETo28% o estoque foi decrescente, quanto maior a dose de matéria orgânica, menor foi o estoque do Na (Figura 19 - C).



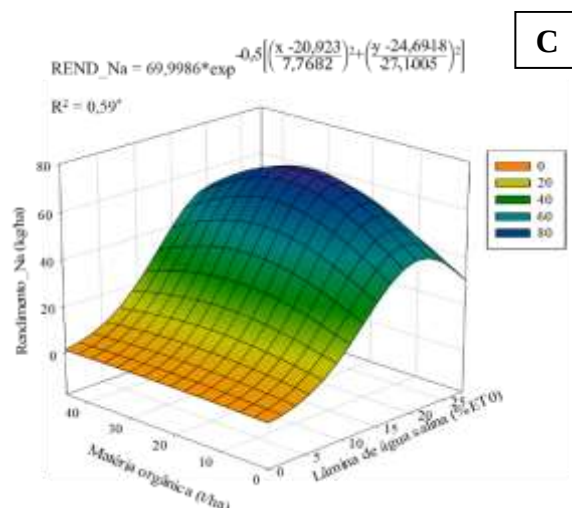


Figura 19. Teores médios do estoque do nitrogênio (A), cálcio (B) e sódio (C) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 15 meses sob sistema de agricultura bioassalino, no município de Petrolina, PE.

O tratamento que não recebeu água via irrigação (ETo0%) apresentou menores estoques dos minerais estudados.

3.2 Indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente da palma forrageira sob sistema bioassalino

A eficiência do uso do nutriente (EUN) teve efeito significativo ($P < 0,05$) em função da lâmina de água e da matéria orgânica avaliadas isoladamente aos 6 meses para o N, P, K, Ca e Mg (Tabela 7).

Aos 9 meses os efeitos isolados da lâmina de água apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$) para o N, P, K e Mg. Com relação à matéria orgânica, houve efeito significativo ($P < 0,05$) para todos os nutrientes. Quando observado a influência da interação LA*MO na EUN em ambas as idades, não houve efeito significativo ($P > 0,05$), a exceção do Na aos 9 meses (Tabela 7).

Tabela 7 - Teores médios da eficiência do uso do nutriente (EUN, g/ha/mm) da palma forrageira, em função da evapotranspiração de referência (%ET_o) e da matéria orgânica (MO) recebidas aos 6 e 9 meses de idade em sistemas biossalinos

Variáveis	6 MESES													
	Lâminas de água (%ET _o)					EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	0	12	20	28	0		15	30	45	LA		MO	LAXMO	
EUN _(N)	83,79	44,97	24,47	22,82	0,41	26,47	25,81	55,48	62,05	0,41	0,00	0,00	0,88	
EUN _(P)	51,39	29,68	17,47	16,22	0,43	10,52	22,00	35,35	49,71	0,37	0,00	0,00	0,83	
EUN _(K)	2.818,3	1.151,8	663,00	627,48	0,45	793,85	1.248,8	1.527,3	1.900,4	0,47	0,00	0,00	0,41	
EUN _(Ca)	1.613,6	1.233,4	725,84	696,20	0,43	680,16	976,98	1.301,6	1.347,5	0,41	0,02	0,00	0,69	
EUN _(Mg)	1.923,9	1.172,4	638,08	624,60	0,41	774,52	953,54	955,51	1.224,9	0,43	0,00	0,01	0,83	
EUN _(Na)	13,31	9,35	12,67	10,72	0,35	16,93	8,48	11,00	9,64	0,35	0,51	0,61	0,05	
9 MESES														
EUN _(N)	21,06	17,45	7,95	7,78	0,38	6,58	12,62	23,41	14,10	0,37	0,00	0,00	0,71	
EUN _(P)	12,97	11,02	5,46	5,28	0,37	3,19	7,10	15,06	9,89	0,35	0,00	0,00	0,43	
EUN _(K)	779,80	719,94	313,25	296,05	0,48	231,64	443,17	603,37	649,63	0,47	0,00	0,00	0,48	
EUN _(Ca)	436,44	606,95	254,90	379,98	0,49	153,65	351,56	752,62	420,44	0,44	0,05	0,00	0,68	
EUN _(Mg)	435,22	389,37	268,34	248,83	0,46	174,67	405,07	704,74	375,9	0,44	0,01	0,00	0,90	
EUN _(Na)	4,62	12,00	10,09	8,46	0,39	4,22	14,17	10,82	5,97	0,36	0,12	0,00	0,01	

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey (P<0,05).

Para as idades de 12 e 15 meses o efeito isolado da lâmina de água, teve influência significativa ($P < 0,05$) sobre os minerais: N, P, K, Mg e Na, em ambas as idades. Observando o efeito da matéria orgânica em ambas as idades, apenas o Na não teve significância ($P > 0,05$) (Tabela 8).

A interação LA*MO sobre a EUN aos 12 e 15 meses não apresentou efeito significativo ($P > 0,05$) para os nutrientes, exceto o Na que mostrou significativo aos 15 meses (Tabela 8).

Tabela 8 - Teores médios da eficiência do uso do nutriente (EUN, g/ha/mm) da palma forrageira, em função da evapotranspiração de referência (%ET_o) e da matéria orgânica (MO) recebidas aos 12 e 15 meses de idade em sistemas bioassalinos

Variáveis	12 MESES												
	Lâminas de água (%ET _o)					Matéria orgânica (t/ha)					Valor-P		
	0	12	20	28	EPM	0	15	30	45	EPM	LA	MO	LAXMO
EUN _(N)	34,07	32,81	14,39	14,25	0,40	14,79	19,29	28,08	33,42	0,38	0,00	0,00	0,48
EUN _(P)	12,48	8,83	2,82	2,51	0,35	3,16	4,13	6,73	13,09	0,34	0,00	0,00	0,10
EUN _(K)	1.021,3	370,23	186,39	152,36	0,46	251,33	285,88	523,54	669,57	0,50	0,00	0,00	0,94
EUN _(Ca)	637,33	1.459,1	604,5	648,3	0,47	390,78	728,57	1.109,5	1.120,5	0,42	0,15	0,00	0,63
EUN _(Mg)	1.457,9	1.023,9	460,23	434,03	0,48	445,18	609,01	913,76	1.408,13	0,46	0,00	0,00	0,29
EUN _(Na)	5,20	14,27	21,64	18,79	0,33	18,36	20,06	14,31	7,17	0,37	0,00	0,20	0,43
	15 MESES												
	EUN _(N)	27,40	15,61	11,30	9,65	0,35	7,55	14,49	16,61	25,31	0,29	0,00	0,11
	EUN _(P)	17,17	5,93	3,46	2,60	0,32	2,68	5,40	7,67	13,42	0,32	0,00	0,46
	EUN _(K)	273,39	188,53	99,04	75,86	0,24	76,63	113,24	156,52	290,45	0,29	0,00	0,10
	EUN _(Ca)	626,85	724,56	573,14	422,21	0,40	209,89	517,73	756,37	704,21	0,27	0,06	0,32
	EUN _(Mg)	583,46	470,72	359,08	266,10	0,39	155,52	360,44	538,98	503,98	0,29	0,00	0,54
	EUN _(Na)	3,85	8,65	12,09	5,88	0,24	8,06	6,08	10,72	5,61	0,28	0,00	0,05

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey (P<0,05).

Observando a eficiência do uso do nutriente (EUN) com base na lâmina de água recebida, aos 6 meses, houve efeito linear decrescente para as variáveis (Figura 20). A EUN foi superior quando a palma foi submetida a condições de sequeiro (130 mm), ou seja, sem a irrigação com água salina.

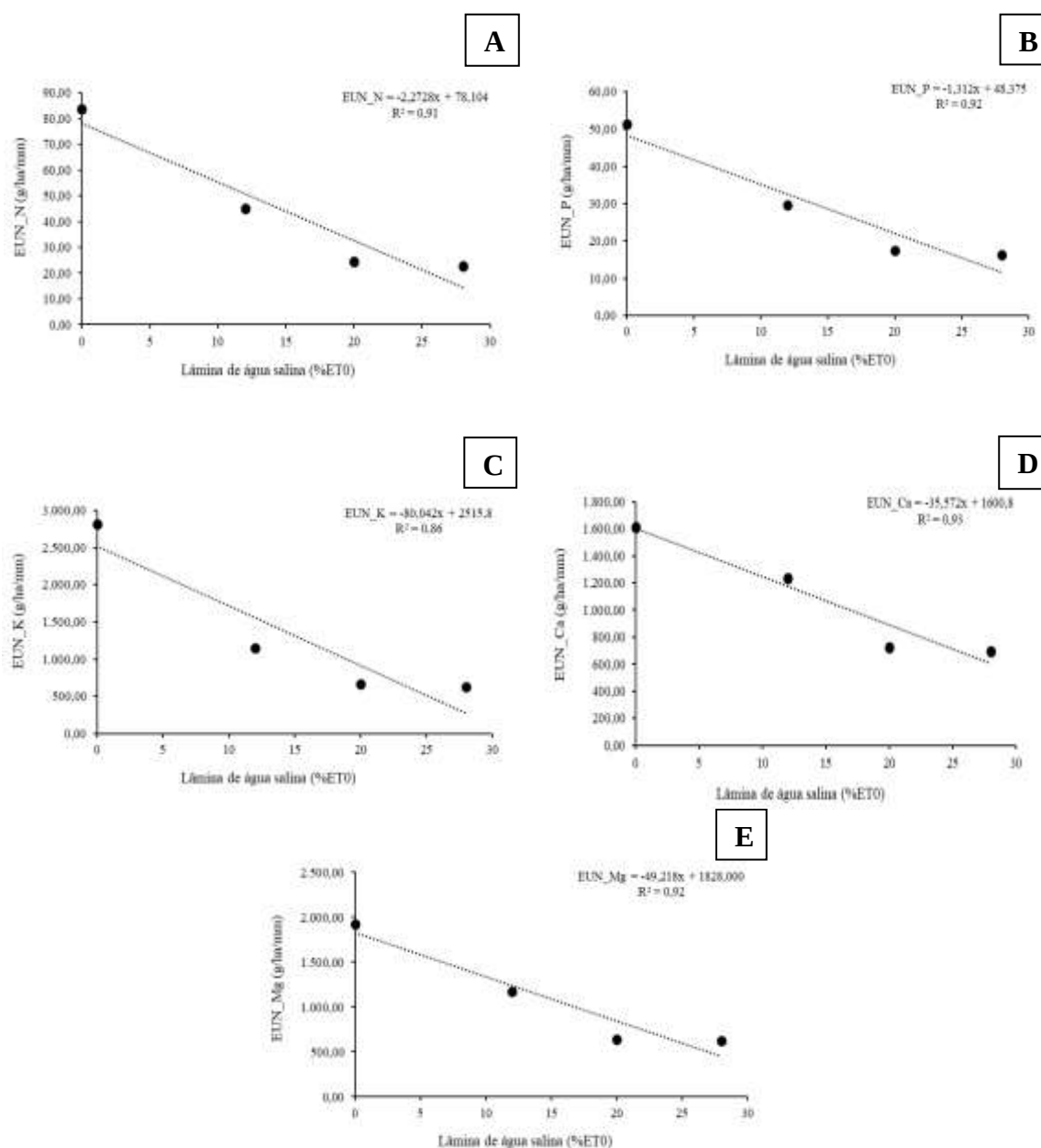


Figura 20. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água salina aos 6 meses.

A influência da matéria orgânica sobre EUN mostrou comportamento linear crescente aos 6 meses de idade para N, P, K, Ca e Mg (Figura 21), evidenciando que aumentando as doses

de matéria orgânica, maior é a capacidade de absorção do nutriente em relação a quantidade de água utilizada pela cultura.

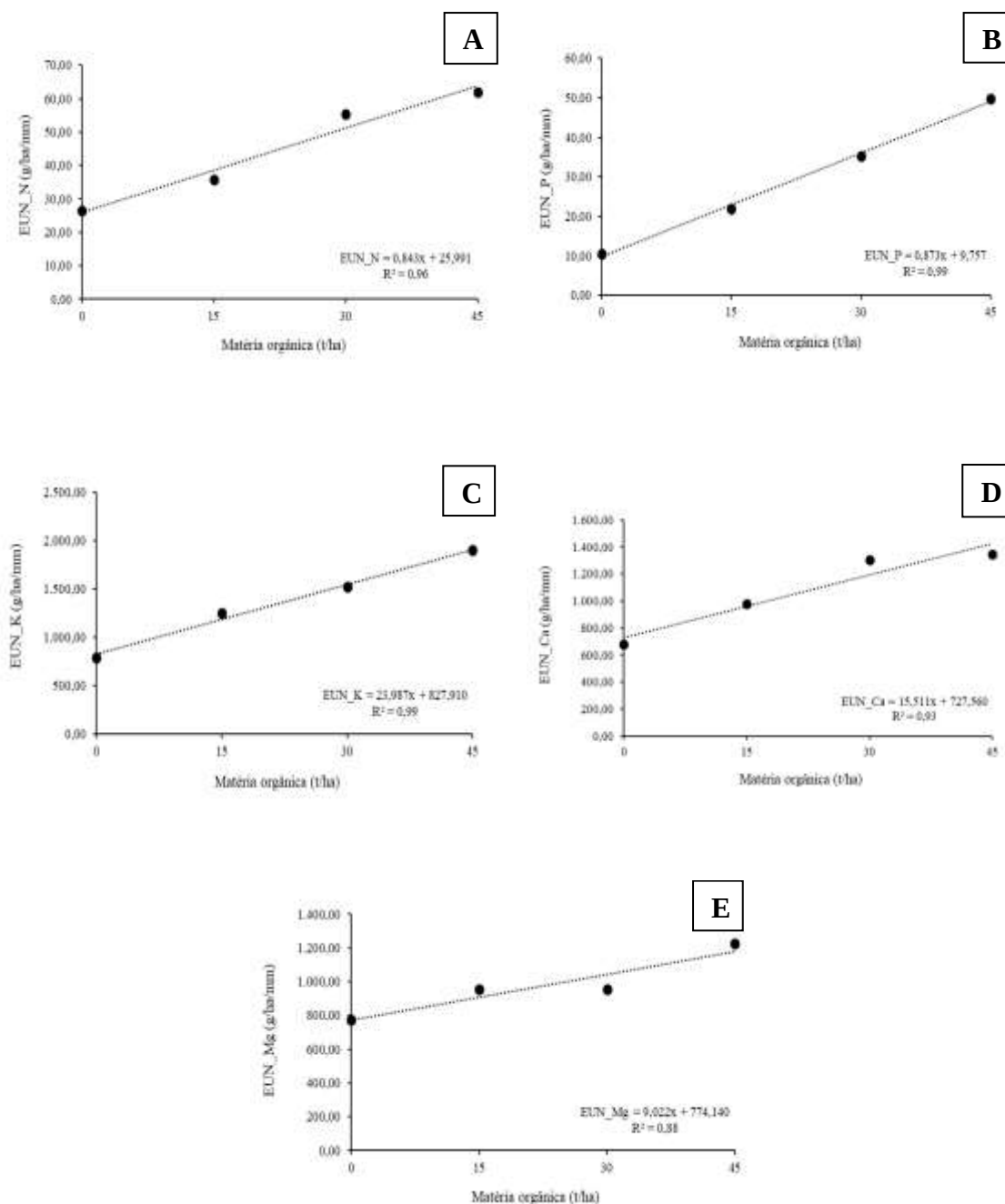


Figura 21. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 6 meses.

Aos 9 meses a eficiência do uso dos minerais (N, P, K e Mg) tiveram um ajuste linear decrescente, para o efeito isolado da lâmina de água (Figura 22). No entanto, o Ca e o Na não se ajustaram aos modelos de regressão testados (linear e quadrático), ambos tiveram maior eficiência, absorvendo do solo quando submetido a ET₀12%.

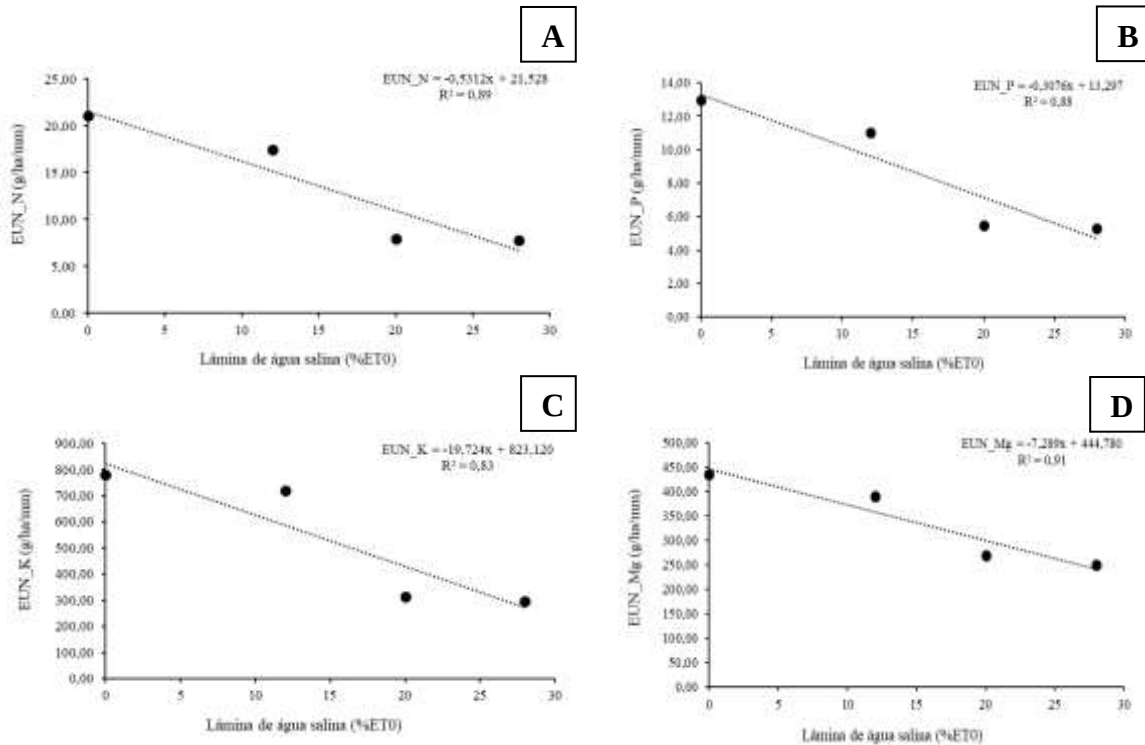
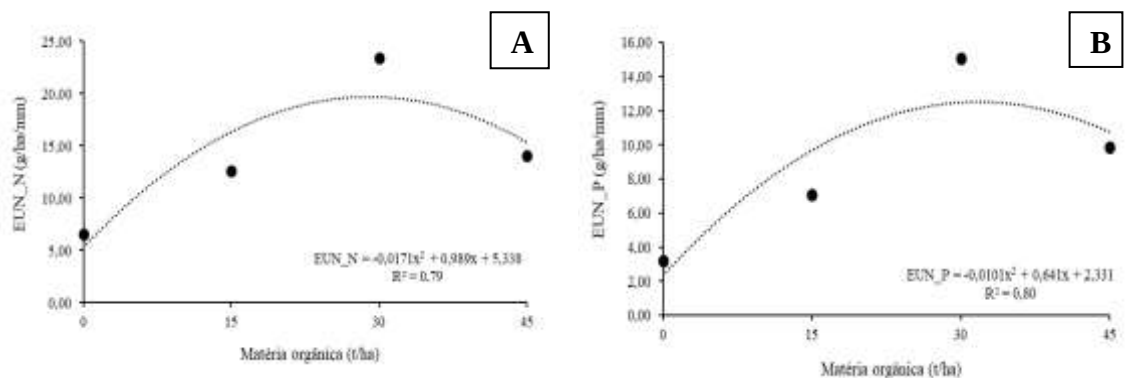


Figura 22. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e magnésio (D) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água salina aos 9 meses.

Aos 9 meses o ajuste foi quadrático quando observado efeito isolado da matéria orgânica, para o N, P, Ca e Mg, já para o K o comportamento foi linear crescente (Figura 23). A eficiência do uso do nutriente foi mais expressiva quando adicionado 30 t/ha de matéria orgânica, resultando em uma melhor eficiência para absorção do N, P, Ca e Mg.



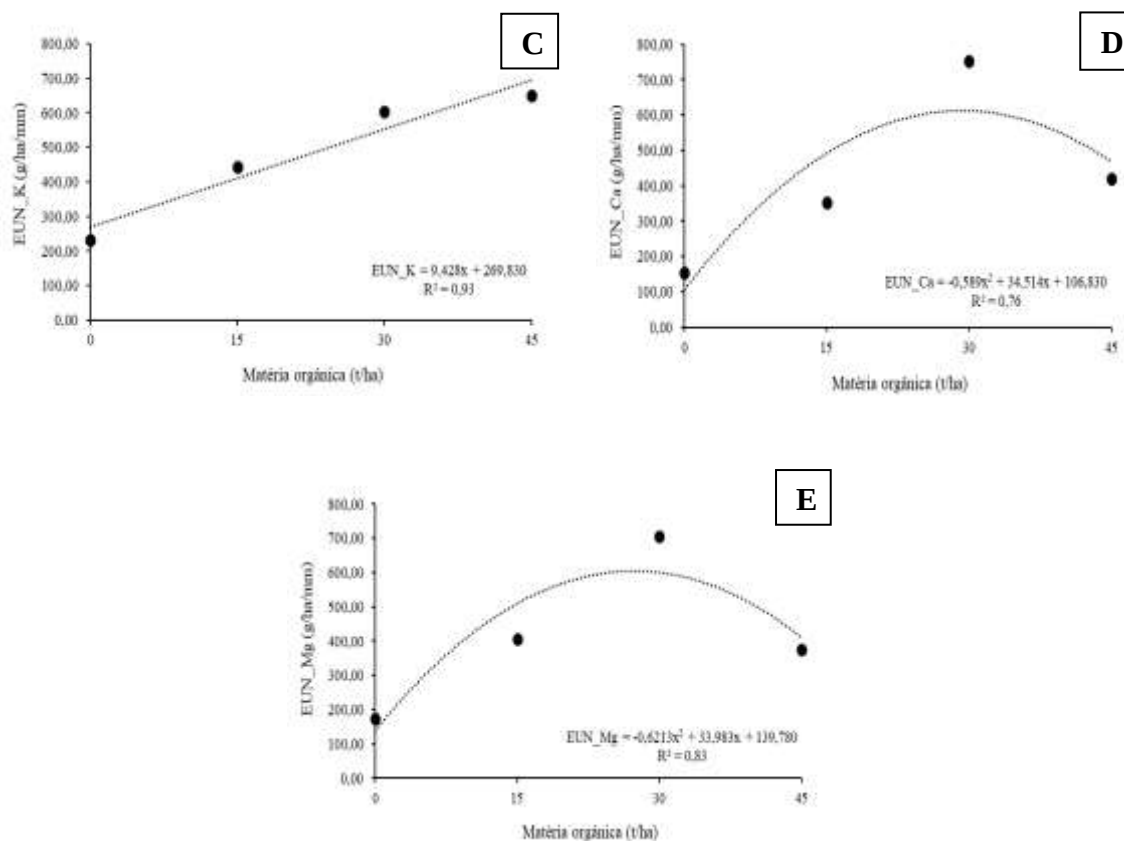
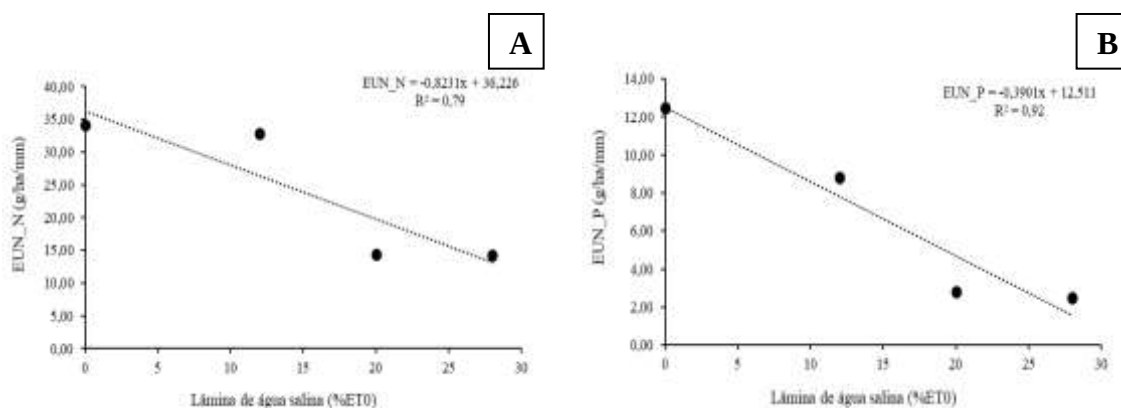


Figura 23. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 9 meses.

Para a eficiência do uso dos nutrientes com base na lâmina de água recebida aos 12 meses para o N, P, K e Mg apresentaram um ajuste linear decrescente, já o Na teve um ajuste de regressão quadrático com maior absorção na ETo20% (Figura 24).



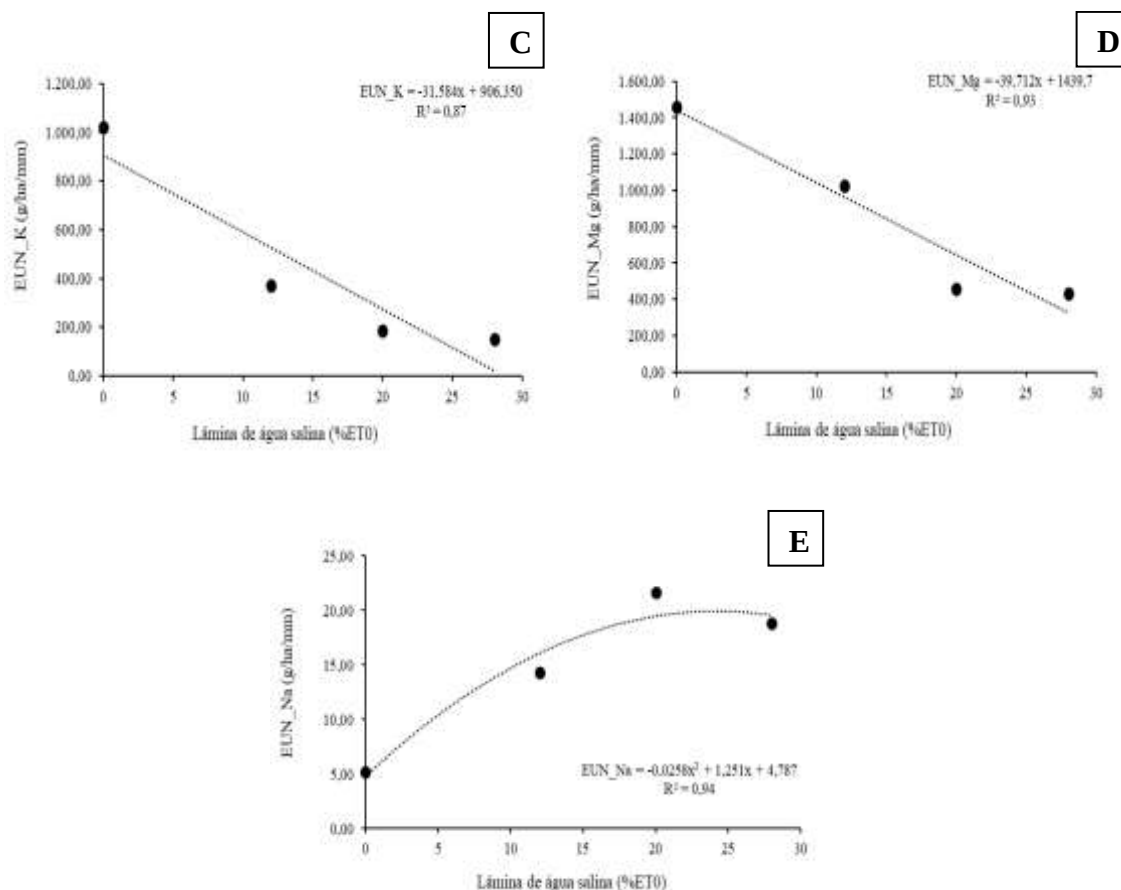
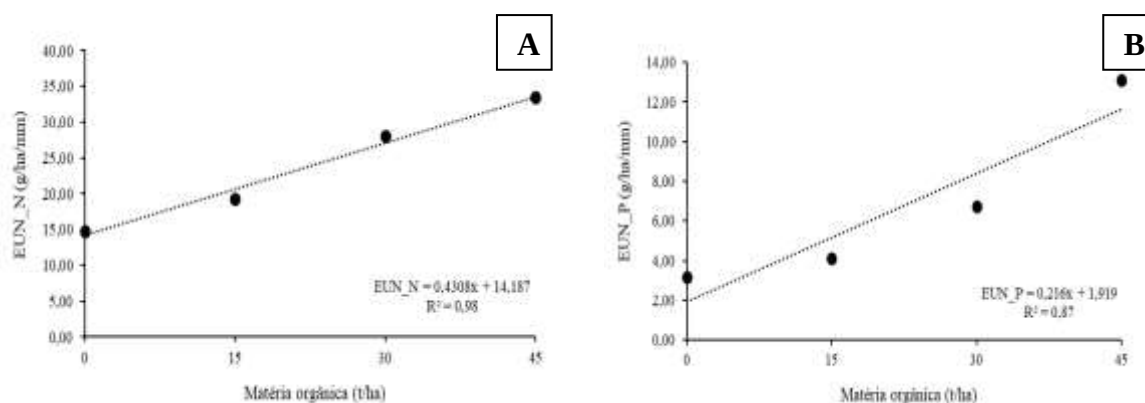


Figura 24. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), magnésio (D) e sódio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água salina aos 12 meses.

Aos 12 meses o efeito foi semelhante ao que aconteceu na idade de 6 meses, com um ajuste linear crescente para o N, P, K, Ca e Mg, mostrando maior eficiência à medida que se aumenta as doses de matéria orgânica (Figura 25).



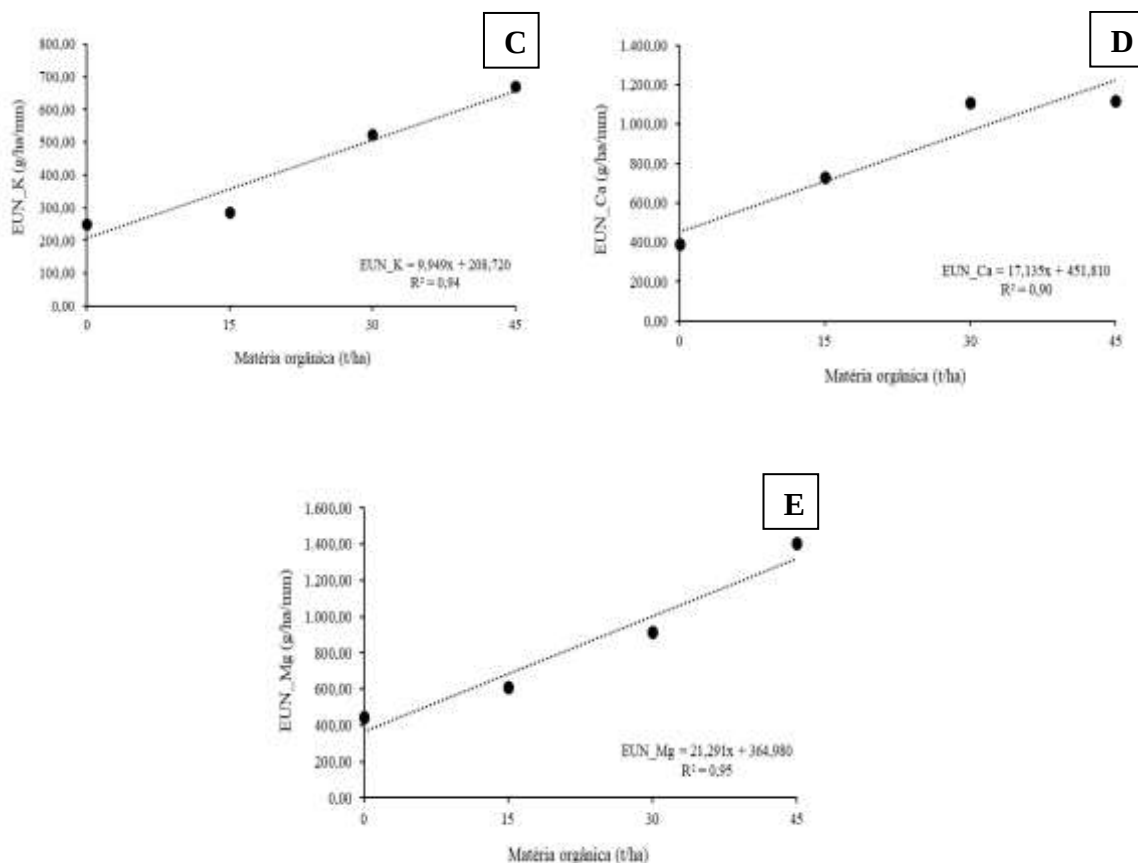
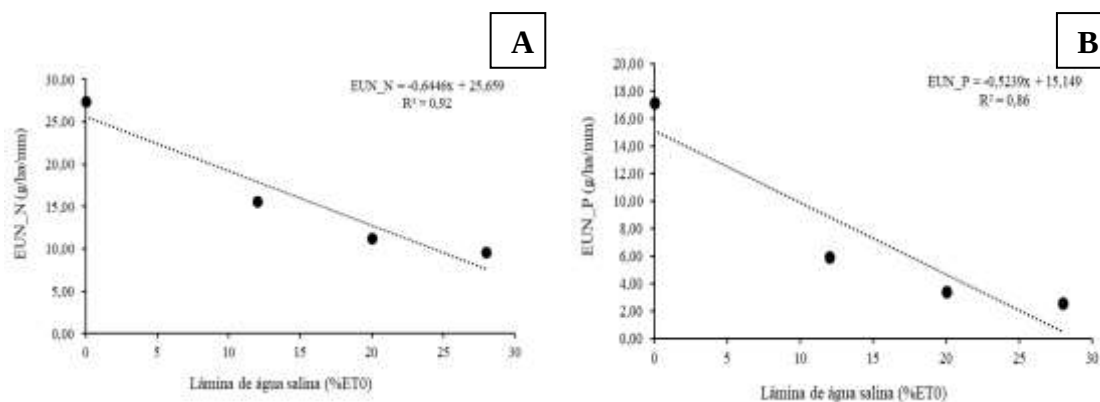


Figura 25. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 12 meses.

A eficiência de uso do nutriente com base nas lâminas de água recebidas aos 15 meses, apresentou um ajuste linear decrescente para o N, P, K e Mg. O Ca e o Na não se ajustaram aos modelos de regressão (linear e quadrático) utilizados (Figura 26). Para os minerais que tiveram influência das diferentes lâminas de água salina recebida, mostraram maior eficiência quando submetido a condição de sequeiro.



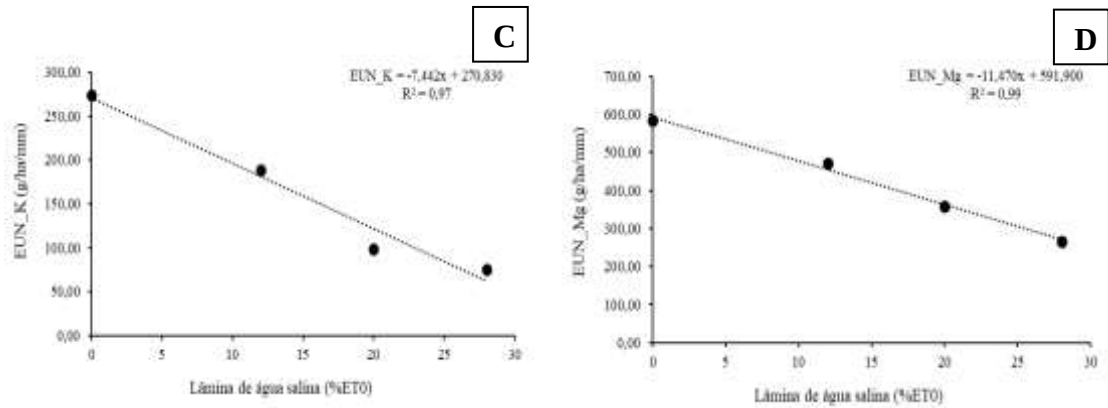
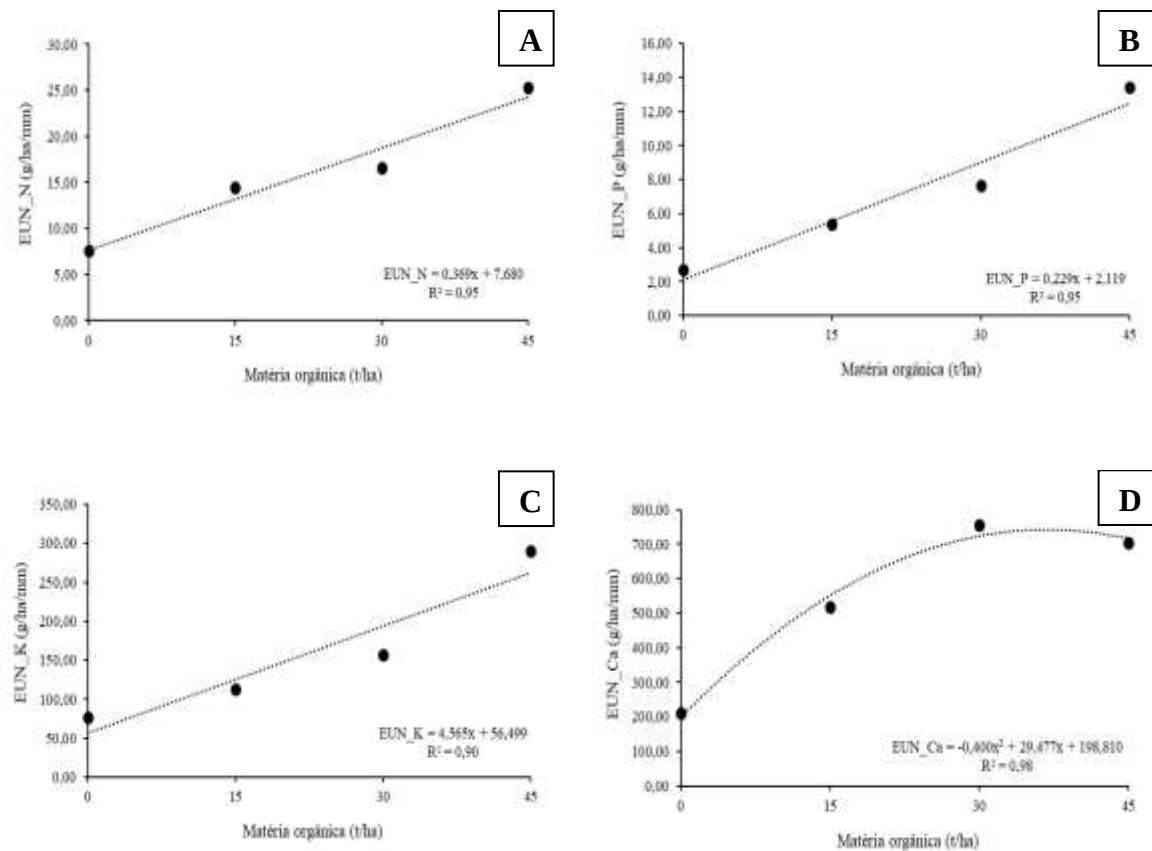


Figura 26. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e magnésio (D) da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água salina aos 15 meses.

Já aos 15 meses os nutrientes N, P e K apresentou comportamento linear crescente, e um ajuste quadrático para o Ca e Mg, apresentando melhores resultados com aplicação da dosagem de 30 t/ha de matéria orgânica (Figura 27).



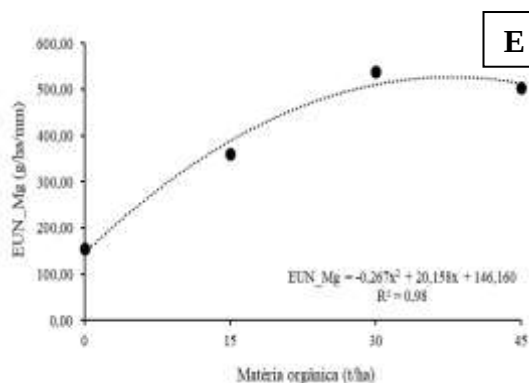


Figura 27. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 15 meses.

Observando o efeito da interação LA*MO aos 9 meses, mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) apenas para o Na, no qual apresentou resultado positivo para os tratamentos ETo0%, ETo12% e ETo20% associada com a dosagem de 15 t/ha da matéria orgânica, já no tratamento ETo28% o resultado foi mais expressivo com a adição de 30 t/ha de matéria orgânica (Figura 28). O tratamento que não recebeu água via irrigação (Eto0%) se mostrou menos eficiente no uso dos minerais estudados, ou seja, uma menor absorção do Na por metro quadrado a cada milímetro de água recebida.

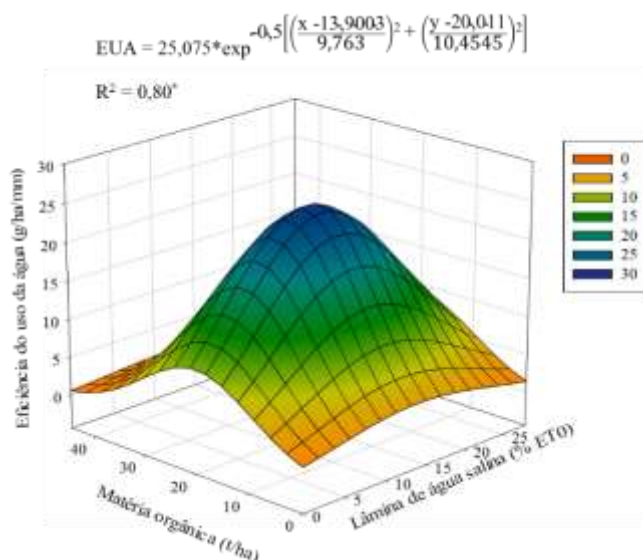


Figura 28. Teores médios da eficiência do uso do sódio (EUN(Na)) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 9 meses sob sistema de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.

Aos 15 meses de idade a interação LA*MO o tratamento ETo0% apresentou resultados positivo à medida que aumentava as doses de matéria orgânica. No tratamento Eto12% a resposta teve melhor influência quando combinada na quantidade de 15 t/ha da matéria orgânica, e no tratamento ETo20% o efeito foi mais expressivo na dose de 30t/ha de matéria orgânica. Com relação ao tratamento ETo28%, mostrou efeito linear decrescente, quanto mais se adicionava matéria orgânica menor é a $EUN_{(Na)}$ (Figura 29).

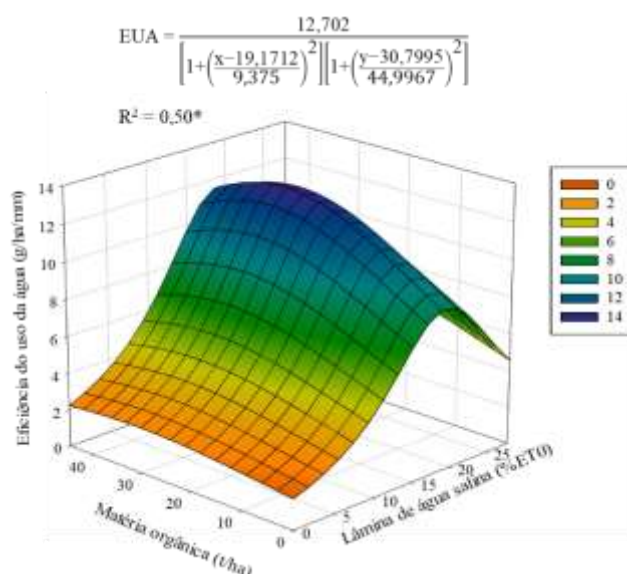


Figura 29. Teores médios da eficiência do uso do sódio ($EUN_{(Na)}$) em função da interação entre as lâminas de água recebida: ETo0% - 130 mm (precipitado), ETo12% - 370 mm, ETo20% - 520 mm e ETo28% - 700 mm, e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) na palma forrageira aos 15 meses sob sistema de agricultura bioassalada, no município de Petrolina, PE.

Avaliando a produtividade de água da cultura (PAC), constatou-se efeito significativo ($P < 0,05$) tanto na lâmina de água quanto na matéria orgânica observadas isoladamente para todas as idades estudadas (6, 9, 12 e 15 meses). Com relação a interação LA*MO não houve diferença estatística ($P > 0,05$) para nenhuma variável (Tabela 9).

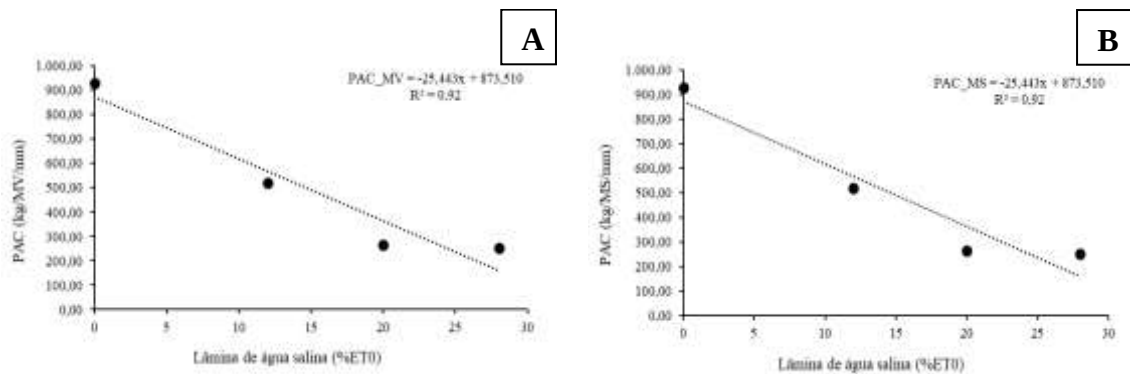
Tabela 1 - Teores médios da produtividade da água da cultura (PAC, kg MV/ha/mm e PAC, kg MS/ha/mm) com base na matéria verde e seca em função da evapotranspiração de referência (%ET_o) e da matéria orgânica (MO) aos 6, 9, 12 e 15 meses de idade em sistemas biossalinos

Variáveis	6 MESES												
	Lâminas de água (%ET _o)					Matéria orgânica (t/ha)					Valor-P		
	0	12	20	28	EPM	0	15	30	45	EPM	LA	MO	LAXMO
PAC _(MV)	928,80	521,32	264,89	252,44	0,43	269,89	428,43	682,57	613,43	0,41	0,00	0,00	0,85
PAC _(MS)	94,57	42,29	22,82	22,23	0,40	28,93	44,18	53,38	60,11	0,44	0,00	0,00	0,80
9 MESES													
PAC _(MV)	233,34	224,45	160,50	156,06	0,38	77,24	160,69	287,62	259,06	0,27	0,00	0,00	0,91
PAC _(MS)	24,51	20,18	8,16	7,79	0,33	7,93	14,39	28,87	16,19	0,32	0,00	0,00	0,32
12 MESES													
PAC _(MV)	342,28	314,98	182,12	169,32	0,43	140,00	213,35	311,52	266,98	0,36	0,02	0,00	0,47
PAC _(MS)	30,12	23,15	16,63	14,94	0,62	13,42	18,00	26,61	28,43	0,35	0,00	0,00	0,29
15 MESES													
PAC _(MV)	316,79	262,37	172,29	157,24	0,39	77,81	186,10	290,26	279,19	0,26	0,00	0,00	0,76
PAC _(MS)	19,91	17,39	12,75	10,23	0,33	6,71	12,62	20,92	19,55	0,23	0,00	0,00	0,20

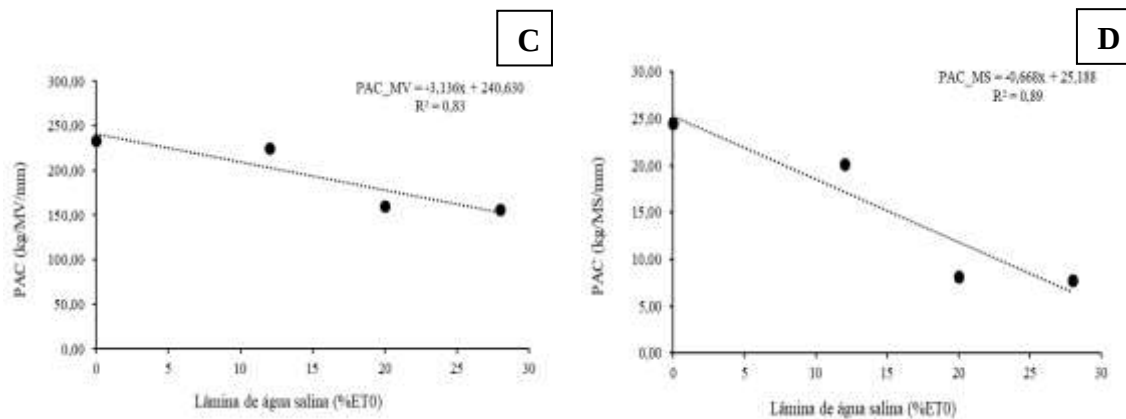
EPM – erro padrão da média. Tukey (P<0,05).

A influência das lâminas de águas sobre a produtividade da água da cultura (PAC), apresentou efeito linear decrescente em todas as idades, ou seja, à medida que se aumenta a quantidade de água, diminui a produtividade de água da cultura tanto com base na matéria verde quanto na matéria seca. Mostrando resultado positivo quando a palma foi submetida a condições de sequeiro (130 mm) (Figura 30).

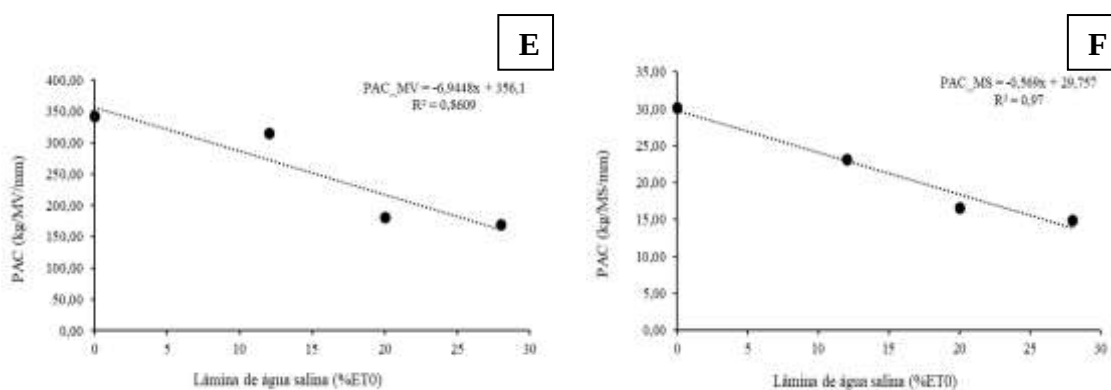
6 meses



9 meses



12 meses



15 meses

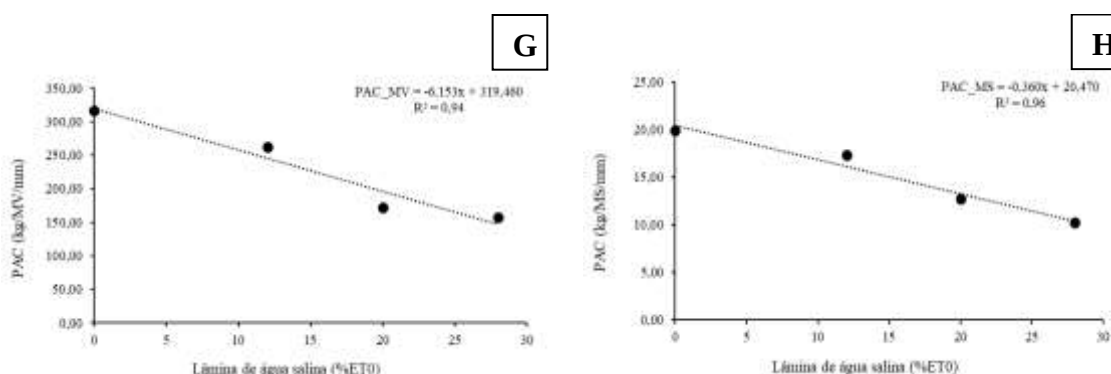
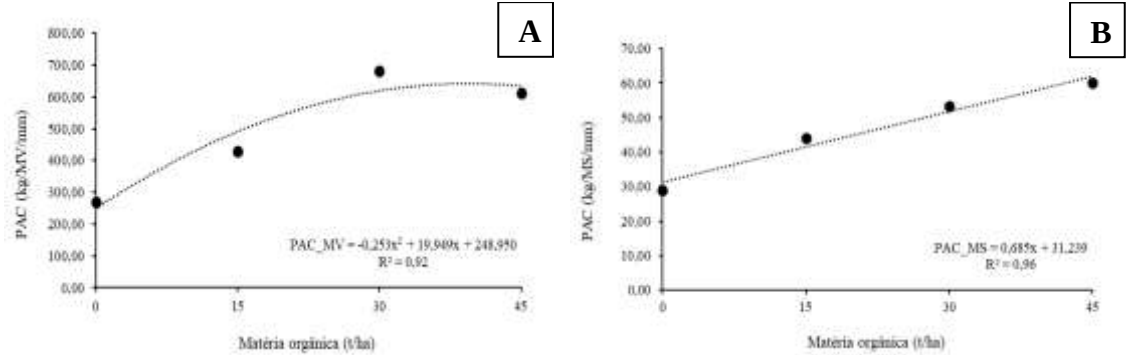


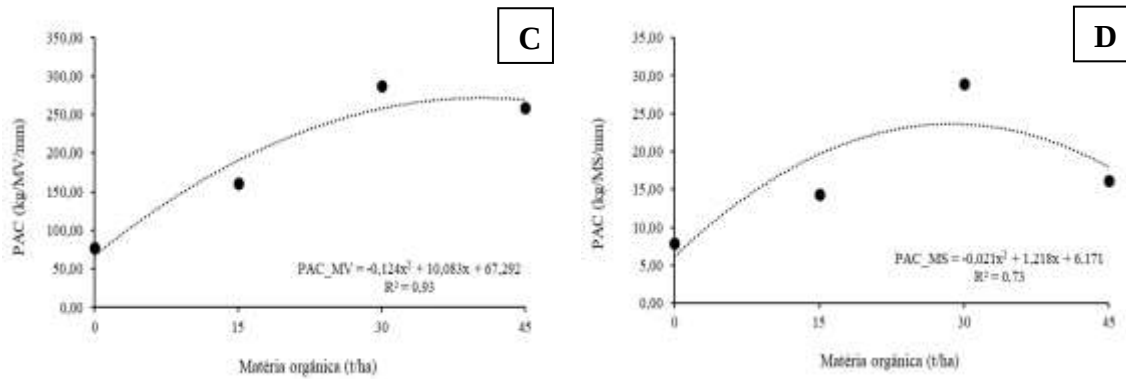
Figura 30. Produtividade de água da cultura com base na matéria verde e matéria seca da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de água aos 6, 9, 12 e 15 meses.

Na observação do comportamento da matéria orgânica, foi semelhante nas idades de 6 e 12 meses que mostraram efeito quadrático para $PAC_{(MV)}$ e linear crescente para $PAC_{(MS)}$, as idades 9 e 15 meses também foram semelhantes, apresentando efeito quadrático tanto para $PAC_{(MV)}$ quanto $PAC_{(MS)}$ (Figura 31). As variáveis que apresentaram comportamento quadrático, tiveram resultados mais expressivos na dosagem de 30t/ha de matéria orgânica, ou seja, mostraram uma maior capacidade de utilização da água na conversão de fontes energéticas em biomassa quando submetida 30t/ha de matéria orgânica adicionada ao solo.

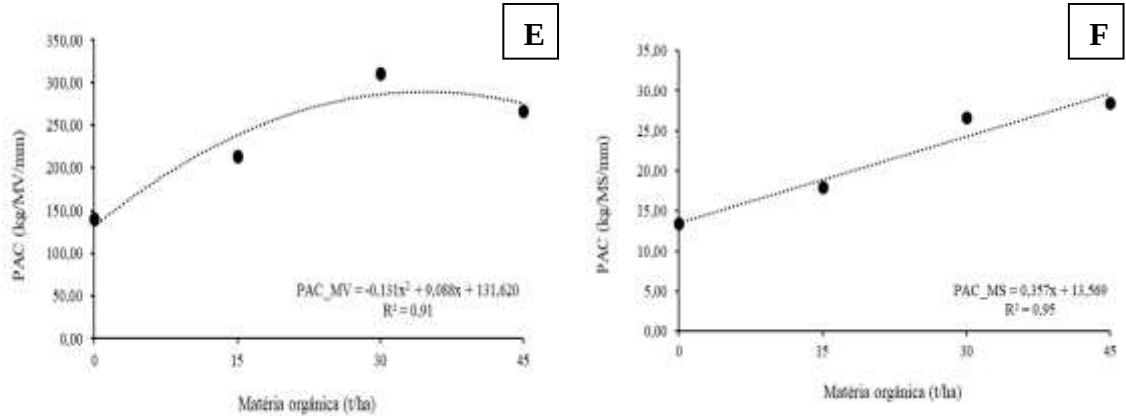
6 meses



9 meses



12 meses



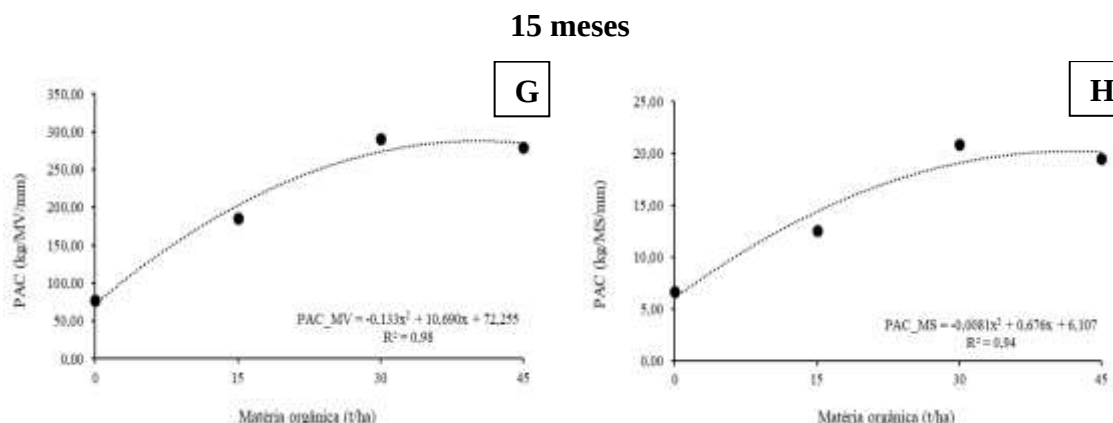


Figura 31. Produtividade de água da cultura com base na matéria verde e matéria seca da palma forrageira submetidas a diferentes níveis de matéria orgânica aos 6, 9, 12 e 15 meses.

A produtividade econômica da água (PEA) permite conhecer qual foi o retorno econômico de cada unidade de água usada pela cultura. Ao observar a influência da interação LA*MO aos 6 meses, o retorno econômico foi mais expressivo no tratamento ETo0% com a dose de 45 t/ha de MO, nos demais tratamentos (ETo12%, ETo20% e ETo28%) o maior retorno foi quando associado a quantidade de 30 t/ha de MO, ou seja, no tratamento ETo0%M45 a cultura retornou ao produtor R\$ 123,52 a cada 1 m³ de água que entra via lâmina de água em um hectare do sistema de produção (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função da evapotranspiração de referência (%ETo) e doses de matéria orgânica (MO) aos 6 meses da palma forrageira em sistemas bioassalinos

%ETo	MO	PMV t/ha	Preço R\$/t	Ganho bruto R\$/ha	PEA R\$/ha/mm
6 MESES					
ETo0%	M0	11,60	100,00	1.160	64,43
	M15	14,50	100,00	1.450	80,56
	M30	18,54	100,00	1.854	103,01
	M45	22,23	100,00	2.223	123,52
ETo12%	M0	16,76	100,00	1.676	20,95
	M15	30,17	100,00	3.017	37,71
	M30	76,44	100,00	7.644	95,55
	M45	43,45	100,00	4.345	54,31
ETo20%	M0	17,31	100,00	1.731	15,46
	M15	32,67	100,00	3.267	29,17
	M30	34,84	100,00	3.484	31,11
	M45	33,85	100,00	3.385	30,22
ETo28%	M0	10,90	100,00	1.090	7,12
	M15	36,62	100,00	3.662	23,94
	M30	65,46	100,00	6.546	42,78

M45	57,10	100,00	5.710	37,32
-----	-------	--------	-------	-------

PMV – produção de matéria verde. ETo0%=130; ETo12%=370; ETo20%=520 e ETo28%=700 mm; M0 = 0, M15 = 15, M30 =30 e M45 =45 t/ha.

Para a idade de 9 meses todos os tratamentos apresentaram melhor retorno nas interações dos tratamentos %ETo com a MO de 30 t/ha (Tabela 11), com destaque para ETo12%M30 que mostrou o melhor resultado, com o retorno de R\$54,07 a cada 1 m³ de água que entra via lâmina de água em um hectare do sistema bioassalino aplicado.

Tabela 11 - Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função da evapotranspiração de referência (%ETo) e doses de matéria orgânica (MO) aos 9 meses da palma forrageira em sistemas bioassalinos

%ETo	MO	PMV t/ha	Preço R\$/t	Ganho bruto R\$/ ha	PEA R\$/ha/ mm
9 MESES					
ETo0%	M0	5,89	100,00	589	9,66
	M15	13,66	100,00	1.366	22,40
	M30	19,12	100,00	1.912	31,35
	M45	18,31	100,00	1.831	30,02
ETo12%	M0	21,22	100,00	2.122	12,19
	M15	37,25	100,00	3.725	21,41
	M30	94,08	100,00	9.408	54,07
	M45	77,18	100,00	7.718	44,35
ETo20%	M0	14,29	100,00	1.429	5,07
	M15	34,04	100,00	3.404	12,07
	M30	75,14	100,00	7.514	26,64
	M45	57,59	100,00	5.759	20,42
ETo28%	M0	15,01	100,00	1.501	3,98
	M15	31,69	100,00	3.169	8,41
	M30	111,60	100,00	11.160	29,60
	M45	77,04	100,00	7.704	20,44

PMV – produção de matéria verde. ETo0%=130; ETo12%=370; ETo20%=520 e ETo28%=700 mm; M0 = 0, M15 = 15, M30 =30 e M45 =45 t/ha.

Aos 12 meses a PEA apresentou comportamento semelhante na interação ETo0%M45 com a idade de 6 meses, no qual os tratamentos (ETo0%, ETo12% e ETo28%) teve resultados mais expressivo em combinação com a dose de 45 t/ha de matéria orgânica, já na ETo20% o maior retorno foi com a quantidade de 30 t/ha de matéria orgânica, semelhante ao comportamento apresentados aos 9 meses (Tabela 12). O retorno de destaque foi observado na ETo12%M45, com o retorno de R\$62,93 a cada 1 m³ de água que entra via lâmina de água em um hectare do sistema de produção.

Tabela 12 - Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função da evapotranspiração de referência (%ETo) e doses de matéria orgânica (MO) aos 12 meses da palma forrageira em sistemas bioassalinos

%ETo	MO	PMV t/ha	Preço R\$/t	Ganho bruto R\$/ ha	PEA R\$/ha/ mm
12 MESES					
ETo0%	M0	33,79	100,00	3.379	36,33
	M15	22,02	100,00	2.202	23,67
	M30	19,27	100,00	1.927	20,72
	M45	52,26	100,00	5.226	56,20
ETo12%	M0	22,25	100,00	2.225	8,97
	M15	71,49	100,00	7.149	28,23
	M30	108,56	100,00	10.856	43,77
	M45	156,06	100,00	15.606	62,93
ETo20%	M0	29,43	100,00	2.943	7,32
	M15	72,78	100,00	7.278	18,10
	M30	129,13	100,00	12.913	32,12
	M45	61,52	100,00	6.152	15,30
ETo28%	M0	17,86	100,00	1.786	3,38
	M15	77,80	100,00	7.780	14,73
	M30	147,83	100,00	14.783	28,00
	M45	149,71	100,00	14.971	28,35

PMV – produção de matéria verde. ETo0%=130; ETo12%=370; ETo20%=520 e ETo28%=700 mm; M0 = 0, M15 = 15, M30 =30 e M45 =45 t/ha.

O retorno econômico aos 15 meses para todos os tratamentos foi maior em combinação na dosagem de 45 t/ha de matéria orgânica, ou seja, os tratamentos ETo0%, ETo12%, ETo20% e ETo28% associadas a doses crescente de MO mostrou um melhor resultado para a PEA com a associação da ETo0%M45, com retorno de R\$52,00 a cada 1 m³ de água que entra via lâmina de água em um hectare cultivado com água salina (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função da evapotranspiração de referência (%ETo) e doses de matéria orgânica (MO) aos 15 meses da palma forrageira em sistemas bioassalinos

%ETo	MO	PMV t/ha	Preço R\$/t	Ganho bruto R\$/ ha	PEA R\$/ha/ mm
15 MESES					
ETo0%	M0	23,23	100,00	2.323	17,73
	M15	34,09	100,00	3.409	26,02
	M30	40,57	100,00	4.057	30,97
	M45	68,12	100,00	6.812	52,00
ETo12%	M0	22,50	100,00	2.250	6,25
	M15	82,13	100,00	8.213	22,81
	M30	112,93	100,00	11.293	31,22
	M45	160,79	100,00	16.079	44,66
ETo20%	M0	21,78	100,00	2.178	4,17
	M15	64,14	100,00	6.414	12,34

	M30	129,82	100,00	12.982	24,97
	M45	142,72	100,00	14.272	27,45
ETo28%	M0	20,40	100,00	2.040	2,97
	M15	91,04	100,00	9.104	13,27
	M30	156,61	100,00	15.661	22,83
	M45	163,43	100,00	16.343	23,82

PMV – produção de matéria verde. ETo0%=130; ETo12%=370; ETo20%=520 e ETo28%=700 mm; M0 = 0, M15 = 15, M30 =30 e M45 =45 t/ha.

Fica perceptível a importância da matéria orgânica, não somente como fonte de nutriente, mas também no auxílio do uso da água pela planta, além de servir como camada protetora do solo reduzindo a evaporação da água.

4. DISCUSSÃO

A adição de fontes de sais ao solo, sob o cultivo da palma forrageira foi realizada a partir da adição via irrigação com água salina e adubação com doses crescente de esterco bovino. Ambos aumentaram o teor e a disponibilidade dos minerais e, conseqüentemente, favoreceram a absorção dos nutrientes pela palma forrageira.

As concentrações de N, P, K, Ca, Mg e Na nos diferentes períodos estudados (6, 9, 12 e 15 meses), apresentaram variação, justificada pela diferença na quantidade de água salina utilizada na irrigação devido a irregularidade da água via precipitação, no qual aos 6 meses teve uma maior aplicação de água via irrigação, no qual foi observado a diferença nas concentrações dos nutrientes, nos períodos avaliados.

Nos períodos estudados, a fonte responsável pela adição de N no solo neste estudo foi a matéria orgânica (esterco bovino), que conseqüentemente contribuiu com o aumento na concentração e absorção desse nutriente pela palma forrageira. Os teores de N encontrados nos tratamentos em ambas as idades (Tabelas 3 e 4) foram inferiores aos resultados encontrados por Donato et al. (2016), com média de 13,0 g/kg avaliando o teor de macronutrientes da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes doses de esterco bovino e espaçamento de plantas. Segundo Galizzi et al. (2004), o teor de nitrogênio é importante para manter os níveis adequados de proteína nos cladódios e assegurar que a fotossíntese funcione de forma otimizada.

A concentração de P (Tabelas 3 e 4) tiveram um crescimento linear aos 6 e 9 meses, (Figuras 2 - A e 3 – C). Na observação feita por Dubeux Júnior et al. (2010), a palma cv. Gigante, teve desempenho positivo, em solo de textura arenosa e média, apenas com teor de P menor que 10 mg dm⁻³, situação diferente ao do presente trabalho, cujo teor de P no solo era de

em média de $15,6 \text{ mg dm}^{-3}$ e com textura média. Segundo Silva et al. (2012) a cultura é pouco responsiva a adição de P. De acordo com Donato (2011) o nitrogênio e o fósforo possuem relação sinérgica, esse aporte conjunto contribui para o aumento de biomassa da palma, quando comparado a adição isolada no mineral.

Os teores de K (Tabelas 3 e 4) teve um comportamento linear crescente para LA aos 6 meses (Figura 2 - B). Os valores foram próximos aos observado por Silva et al. (2012), com médias de $25,9 \text{ g/kg}$ para 390 dias e $24,9$ para 620 dias. O K possui uma relação com o N, em que a concentração do N varia de maneira linear com o K, esse comportamento foi observado no presente estudo. O transporte de K^+ e de NH_4^+ (fonte de N foi sulfato de amônio, N-NH_4^+) de fora para dentro pode ocorrer via uniporte, unidirecional, sem troca por outra espécie iônica de mesma carga (FERNANDES & SOUZA, 2006), o que poderia causar concorrência entre ambos pelo mesmo sítio de absorção, que caracterizaria uma inibição competitiva. Nessa competição a absorção do K é favorecida em detrimento ao N, por ter um peso molecular menor que o N-NH_4^+ .

Quando observado os teores de Ca, Lemos et al. (2018), avaliando os efeitos da fertirrigação com efluente de esgoto doméstico tratado, sob a composição mineral de nutriente em palma forrageira (Orelha de elefante), com média $18,40 \text{ g/kg}$, observou teores inferior aos encontrados neste estudo em todos os períodos avaliados (Tabelas 3 e 4). O efeito isolado de LA (Figuras 2 - C e 3 - B), teve ajuste quadrático aos 6 e 15 meses, essa variação da concentração de Ca provavelmente ocorreu em função do pH. Galizzi, Felker e Gonzalez (2004) não encontraram correlação entre o conteúdo de Ca nos cladódios e no solo, mas observaram correlação direta com o pH, uma vez que quanto mais alcalino o solo, maior o teor de Ca nos tecidos de cladódios da palma forrageira. Justificando os teores observados neste estudo, porque o pH do solo variou de 6,0 – 7,4.

O cálcio é o nutriente extraído em maior quantidade por palma forrageira, seguido de nitrogênio e potássio (LEMOS et al. 2018). Vale ressaltar que Berry e Nobel (1985) afirmaram que os altos níveis de Ca encontrados na parte aérea da *Opuntia ficus-indica* refletem o acúmulo deste mineral na forma de oxalato. Comprometendo a relação Ca:P, tornando o Ca menos disponível para os animais.

As concentrações do Mg (Tabelas 3 e 4) variou até aos 12 meses. Os teores de Mg (Figuras 2 - D e 4 - B) aos 6 meses apresentaram máxima concentração na ETo20%. Na interação de LA*MO (Figuras 6 - D e 7 - D), a quantidade de matéria orgânica aplicada contribuiu para o aumento do mineral. De acordo com Lacerda et al. (2004), o Mg e o Ca contribuem para menor adsorção de Na; e segundo Melo et al. (2008) diminuem a relação de

adsorção de sódio; reduzem a porcentagem de sódio trocável e a condutividade elétrica (RUIZ et al., 2004). O aumento da sua absorção pela planta está relacionado à concentração dos elementos Ca e K na solução do solo, podendo ele promover o aumento da produtividade das culturas (FRIZZONE et al., 2005)

Os valores do Na tiveram comportamento linear aos 6 meses (Figura 2 – E) em função da adição de água salina, ressalta-se que nesse período, foi registrado menor precipitação contribuindo para uma maior concentração de sais. Para os demais períodos, houve interação entre LA*MO (Figuras 6 – E, 7 – E e 8 – D), onde as doses crescentes de matéria orgânica contribuiu na diluição desse mineral. Os resultados do Na independente dos períodos avaliados (Tabelas 3 e 4) foram superiores aos resultados observados por Donato (2011), com teor médio de 0,046 g/kg.

Apesar do Na geralmente não ser considerado essencial às plantas, Epstein e Bloom (2006) informam, em sua revisão, que o Na é micronutriente para plantas com via CAM de fixação de carbono, como a palma forrageira, pois é essencial para a regeneração do fosfoenolpiruvato, o substrato da primeira carboxilação nessa via. Ainda segundo esses autores, a deficiência de Na induz, nessas plantas, clorose e necrose além de falha na formação de flores.

A quantificação dos nutrientes, em qualquer cultura, é fundamental para assegurar a produtividade e a sustentabilidade do sistema de produção adotado na propriedade. A estimativa da quantidade de nutrientes extraída pela planta e da quantidade efetivamente exportada, que varia com a parte do vegetal colhida, possibilita a reposição correta desses nutrientes via adubação, de modo a manter a nutrição adequada das plantas e um balanço equilibrado de entrada e saída de nutrientes no sistema (DONATO, 2011).

Os valores do estoque do N teve um aumento (Figuras 9 – A, 10 – A, 11 – A, 12 - A e 13 - A), em função da lâmina de água e da matéria orgânica. Segundo Dubeux Júnior et al (2006) e Silva et al (2013), o aumento nos conteúdos de N e P nos cladódios de palma forrageira devido ao incremento na adubação doses aplicadas ao solo são esperadas, pois aproximadamente 95% do N do solo está associado à matéria orgânica (NOVAIS et al., 2007). Os resultados observados por Donato et al. (2017), com média de 240,1 kg/ha, avaliando extração/exportação de macronutrientes por cladódios colhidos da palma forrageira ‘Gigante’, cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino, aplicadas no solo aos 600 dias após o plantio, foram superiores aos valores do presente estudo (Tabelas 5 e 6). Silva et al. (2016) também encontrou resultados superiores com média de 304,35 kg/ha.

O estoque do P (Tabelas 5 e 6) apresentou resultados próximo aos valores encontrados por Silva et al. (2016), com média de 18,81 kg/ha. De acordo com Menezes et al (2005)

concluíram que o nível crítico fósforo no solo para afetar a produção da palma é 11 mg/kg. Na fase inicial neste estudo, o solo apresentou valor semelhante ao indicado por Menezes et al (2005). No entanto, com aplicação das lâminas de água e doses de matéria orgânica o estoque do mineral teve um aumento (Figuras 9 -B, 12 – B, 11 – B, 12 – B e 16 – A). A adição de esterco e de outras fontes orgânicas ao solo reduz a capacidade de adsorção de fósforo, aumenta o teor de fósforo disponível, e proporciona uma maior mobilidade no perfil do solo, na forma orgânicas solúveis de fósforo (NOVAIS & MELLO, 2007). Além disso, Araújo e Machado (2006) também confirmam a interação de forma sinérgica do nitrogênio e fósforo, quando aplicados em doses adequadas, promovem maiores aumentos na produção vegetal, comparado àqueles obtidos com aplicação de cada nutriente isoladamente.

Para o estoque do K (Tabelas 5 e 6) os resultados foram superiores com aplicação da matéria orgânica aos valores observados por Silva et al. (2016), com média 421,04 kg/ha. Nos períodos estudados o estoque de K aumentou (Figuras 9 – C, 10 – C, 11 – C, 12 – C, 14 – B, 15 – A e 16 - B). Aos 12 e 15 meses, o modelo estima que o ponto de máximo do estoque para K é obtido quando se aplica a dose de 30 t/ha de matéria orgânica e com a ETo20%, respectivamente. Os dados de Santos et al. (2002) ressaltam que o potássio é o elemento mais extraído pela palma forrageira, com 258 kg/ha para cada 10 t/ha de matéria seca produzida.

O Ca é o segundo nutriente mais extraído pela palma forrageira, inferior apenas ao potássio (DONATO, 2011). No entanto, no presente estudo esse nutriente apresentou valores próximos tanto na observação do efeito isolado para lâmina de água como para matéria orgânica (Tabelas 5 e 6). Os resultados observados por Donato et al. (2017), com 464,63 kg/ha, foram inferiores aos valores apresentados no presente estudo. Porém, Lemos (2016) observou resultados semelhantes aos encontrados neste estudo com total de 1.110,35 kg/ha de Ca na palma forrageira de acordo com a produção total de matéria seca. Segundo Novais e Mello (2007), o Ca é um nutriente com transporte preferencial por fluxo de massa, o que justifica seu aumento com o aumento da quantidade de lâmina de água aplicada, no qual arrasta consigo os nutrientes dissolvidos no solo.

Ao observar o estoque do Mg foi verificada sua relação sinérgica com o P nos períodos de 6 e 9 meses, o aumento das doses de P proporcionou elevação dos teores de Mg na massa seca da planta, esse comportamento foi observado por Amorim et al. (2008) avaliando a absorção do P disponível e acumulado na cultura do meoleiro. Os valores encontrados nesse estudo (Tabelas 5 e 6) para o Mg foram superiores aos resultados apresentados por Donato (2011) com média geral de 207,10 kg/ha. A extração/exportação do Mg aumentou tanto em função da lâmina de água, quanto da matéria orgânica (Figuras 9 - E, 10 – E, 11 – E, 12 – D,

15 – B e 16 - C). Souza et al. (2015), em experimento com adubação com N, NP e NPK aos 620 DAP, obtiveram um rendimento com média de 215,15 kg/ha. Esse resultado assemelha-se ao registrado para nitrogênio e cálcio, como era de se esperar, pois o magnésio também tem o seu transporte no solo predominantemente por fluxo de massa (NOVAIS & MELLO, 2007).

O estoque do Na aumentou com a quantidade da lâmina de água aplicada (Figuras 9 – F e 13 – B), porém, quando observado a aplicação da matéria orgânica mesmo sem apresentar efeito estatisticamente significativo, houve um decréscimo no estoque de Na nos períodos de 6 e 12 meses, onde a água do poço utilizado no sistema de irrigação mostrou menor quantidade de Na para os mesmos períodos, justificando uma diluição do Na no solo. Na interação, foi possível observar uma redução no estoque do Na à medida que aumentava a quantidade de matéria orgânica (Figuras 17 e 19 – C). A extração/exportação do Na (Tabelas 5 e 6), teve valores superiores aos resultados observados por Lemos (2016), com média geral de 31,38 kg/ha. Por sua vez, Souza et al. (2015), em experimento com adubação com NPK aos 620 DAP, constataram extração/exportação com média geral de 0,40 kg/ha de sódio para cada 10 t/ha de matéria seca produzida.

Os tratamentos que não receberam água via irrigação, apresentaram menores estoque dos minerais, afirmando a importância da água no desenvolvimento da planta, uma vez que contribui para que os nutrientes presentes na matéria orgânica sejam carregados para as raízes. Contudo, quando a planta não recebe água, por mais que seja adicionado matéria orgânica seu desenvolvimento fica prejudicado.

A palma forrageira se destaca no Semiárido por seu potencial de produção com baixa disponibilidade de água. Essa potencialidade está associada a capacidade de adaptação da espécie, apresentando modificações fisiológicas, anatômicas e estruturais (NOBEL & BOBICH, 2002). O que torna necessário conhecer o comportamento da cultura em função da disponibilidade de água, para tanto se torna fundamental identificar os indicadores relacionados a sua rentabilidade.

Existem vários indicadores de eficiência do uso da água. Dentre eles podem-se citar a eficiência do uso de nutrientes (EUN), produtividade da água da cultura (PA_C) e a produtividade econômica da água (PEA). A eficiência do uso de nutrientes (EUN), tem a finalidade de se analisar a capacidade de a cultura absorver nutrientes da solução do solo com base na água consumida por ela ou recebida pelo sistema de produção, via irrigação ou precipitação (AMARAL et al. 2011).

Observando a EUN em função do efeito isolado da lâmina de água, os tratamentos com menor aplicação de água, apresentaram maior EUN (Figuras 20, 22, 24 e 26). No entanto, ao

observar a EUN em função da matéria orgânica (Figuras 21, 23, 25 e 27), com o aumento das doses de matéria orgânica, maior foi a EUN. Os menores valores de eficiência de uso da água na condição de maior disponibilização de água à cultura, possivelmente estão relacionados à diferença relativa entre a quantidade de água aplicada nesse tratamento em comparação aos demais. Assim maiores valores de eficiência de uso da água podem ser alcançados em condições com menor aplicação de água (FONSECA, 2017). Resultados apresentados por Silva et al. (2014) avaliando a eficiência produtiva de três clones de palma forrageira resistentes à Cochonilha do Carmim, cultivados em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro, observaram valores superiores aos encontrados no presente estudo para a palma forrageira Orelha de Elefante em função da EUN apenas para o N, com média de 100 g/ha/mm, no entanto para o P, K, Ca, Mg e Na com médias de 5,6 g/ha/mm, 229,30 g/ha/mm, 294,50 g/ha/mm, 103,7 g/ha/mm e 4,85 g/ha/mm, respectivamente, os resultados foram inferiores aos do presente estudo (Tabelas 7 e 8).

Os valores de PA_C tiveram um comportamento decrescente (Figuras 30), à medida que se aumenta o volume de água salina, diminui a capacidade de conversão da água em biomassa da cultura. No entanto, em função da matéria orgânica houve aumento na proporção que aumentava a quantidade da matéria orgânica (Figura 31), provavelmente devido as suas atribuições, que é a retenção de água no solo. A PA_C tanto com base na matéria verde como na matéria seca (Tabelas 9), apresentou resultados superiores aos observados por Silva et al. (2014), com média de 104,8 kg MV/ha/mm e 10 kg MS/ha/mm, respectivamente. Ramos et al. (2011), estudaram a palma forrageira cv. Italiana aos 455 dias após o plantio e observaram eficiência do uso da água das chuvas diferindo de 1,9 a 6,13 kg de MS/mm de chuva, diante disso observou que a produção de fitomassa por área e a eficiência de uso da chuva pela palma forrageira são mais elevadas em densidades de plantio maiores. Os valores de eficiência podem variar com base em vários aspectos, dentre eles o espaçamento, adubação, condições climáticas e a depender do clone (LEITE, 2009).

Outro indicador de eficiência, é a produtividade econômica da água (PEA), uma vez que permite mensurar o incremento produtivo e o retorno econômico, gerados em função do uso da água no sistema de produção (ARAYA et al., 2011; PEREIRA et al., 2012). Em termos de PEA, assumindo o preço da tonelada e ganho bruto por área, percebe se de modo geral que a lâmina de água associada as doses de matéria orgânica mostram uma relação crescente (Tabela 10, 11, 12 e 13). Os resultados observados por Primo (2013) e Silva et al. (2014) avaliando o desempenho de clones de palma, considerando o valor unitário do cladódio, observaram um retorno econômico de 4,21 R\$/ha/mm e 42,10 R\$/ha/mm, respectivamente para palma

forrageira Orelha de Elefante, neste estudo foi considerado o valor da tonelada da matéria verde, justificando maiores retornos que os observados por estes autores. Em estudos realizados por Queiroz et al. (2015), o retorno econômico, observando os índices hídrico-econômicos da palma forrageira irrigada no Semiárido brasileiro, foram de 20,63 R\$/ha/mm considerando a venda da matéria verde para cada m³.

5. CONCLUSÕES

1 – A aplicação de água salina e de matéria orgânica aumentam as concentrações e estoque do N, P, K, Ca, Mg e Na no tecido vegetal da palma forrageira em sistemas biossalino, nos períodos de 6, 9, 12 e 15 meses.

2 – O uso de sistema de irrigação com água salina para os indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente foi mais eficaz na condição de sequeiro. Para a produtividade econômica da água, o retorno financeiro a cada m³ de água foi mais expressivo com a combinação da lâmina de água com dose de 30t/ha nas idades de 6 e 9 meses, e para as demais idades com 45t/ha.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMARAL, J.F.T. et al. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.41, p.621-629, 2011.

AMORIM, L. B. et al. Disponibilidade de fósforo em Neossolo quartzarênico cultivado com melão. **Revista Caatinga**, v.21, n.3, p.141- 146, 2008.

AOAC (Association of official analytical chemists). **Official methods of analysis**. 15ed. Washington. AOAC. 1990.

ARAÚJO FILHO, J.A. Manejo pastoral sustentável da caatinga. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200p.

ARAYA, A. et al. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.). **Agricultural Water Management**, n.98, p.775-783, 2011.

BERRY, W.L.; NOBEL, P.S. Influence of soil and mineral stresses on cacti. **Journal Plant Nutrition**, v 8, p.679-696, 1985.

DONATO, P.E.R. Avaliação bromatológica, morfológica, nutricional e de rendimento em palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. (Tese – Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes). 134f. UESB, Itapetinga-BA: 2011.

DONATO, P.E. R. et al. Nutrition and yield of ‘Gigante’ cactus pear cultivated with different spacings and organic fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.12, p.1083-1088, 2016.

DONATO, P.E. R. et al. A. Extraction/exportation of macronutrients by cladodes of ‘Gigante’ cactus pear under different spacings and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.4, p.238-243, 2017.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilization and plant population in north east Brazil. **Journal of Arid Enviroments**, v 67, n 3, p. 357-372, 2006.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.129-135, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, p353, 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Absorção de nutrientes. In: Fernandes, M. S. (ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.115-152

FONSECA, V.A. Estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘Gigante’. (Dissertação – Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido). 52f. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus Guanambi*, 2017.

FRIZZONE, J.A.; CARDOSO, S.S.; REZENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.707-717, 2005.

GALIZZI, F. A.; FELKER, P.; GONZÁLEZ, C. Correlations between soil and cladode eensoil and cladode nutriente concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus indica* in a traditional farm setting in Argentina. **Journal of Arid Environments**, Trelew, v. 59, n. 1, p. 115-132, 2004.

GEERTS, S.; RAES, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1275-1284, 2009.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M.A. et al. Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v28, p. 289-295, 2004.

LEITE, M.L. de M.V. Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do semiárido paraibano. 2009. 186p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

LEMOS, M. Uso do esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro. 2016. 244p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

LEMOS, M. et al. Nutritional evaluation of forage cactus fertigated with domestic sewage effluente. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 476 – 486, 2018.

MELO, M. R.; BARROS, M. F. C.; SANTOS M. P.; ROLIM, M. M. Correção de solos salino sódicos pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.376-380, 2008

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil – Conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFRPE, 2005, v. único, p. 44. 2005.

NOBEL, P.S.; BOBICH, E.G. Environmental biology. **In: NOBEL, P. (Ed.). Cacti: Biology and Uses**. Berkeley: University of California Press, 2002. 280p.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, L. E. F.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, L. E. F.; Neves, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-204.

NUNES, T.C.M.D. Sistemas bioassalinos de produção de palma forrageira recebendo crescentes lâminas de água e doses de matéria orgânica. 2018. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina – PE, 2018.

PEREIRA, L.S.; CORDERY, I.; IACOVOS, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. **Agricultural Water Management**, v.108, p.39-51, 2012.

PRIMO, J.T.A. Dinâmica de água no solo e eficiência do uso da água em clones de palma forrageira no semiárido pernambucano. 2013. 106p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2013.

QUEIROZ, M.G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. Irriga, Botucatu, Edição Especial, Irrigação, v.1, n. 1, p. 141-154, 2016

RAMOS, J.P.F.; LEITE, M.L.M.V.; JUNIOR, S.O.; NASCIMENTO, J.P.; SANTOS, E.M. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011.

RUIZ, H.A.; SAMPAIO, R.A.; OLIVEIRA, M. et al. Características químicas de solos salino-sódico submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v39, n11, p. 1119-1126, 2004.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco: cultivo e utilização. Recife: IPA, (IPA. Documentos.), 45p. 2002.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**. Procedure guide for personal computers. Cary, 2002.

SILVA, J. A. et al. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.866-875, 2012.

SILVA, J. A. et al. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.8, n.2, p.242-350, 2013.

SILVA, J. L. A. et al. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.18, (Suplemento), p.S66–S72, 2014.

SILVA, J.A. et al. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacings and chemical fertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.236–242, 2016

SILVA, T. G. F. et al. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Revista Bragantia**, Campinas, v.73, p.184-191, 2014.

SOUZA, T. C. Sistemas de cultivo para a palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). 2015. 119p.Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco / Universidade Federal da Paraíba / Universidade Federal do Ceará, Recife.

CAPÍTULO III

**Perfil mineral e indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes do Sorgo (BRS
Ponta negra) produzido em sistemas bioassalinos**

Perfil mineral e indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes do Sorgo (BRS Ponta negra) produzido em sistemas bioassalinos

RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição e estoque dos minerais, e os indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes do sorgo BRS Ponta negra (*Sorghum bicolor*) cultivado em sistema bioassalino, com diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 4 e três repetições, em dois ciclos. O primeiro fator foi constituído de quatro lâminas de irrigação: 25%; 50%; 75%; e 100%ET_o, em que ET_o é a evapotranspiração de referência calculada, que adicionados à precipitação pluviométrica resultou em 212,50 mm (74,10+138,4), 269,20 mm (130,80+138,4), 325,90 mm (187,50+138,4) e 382,50 (244,10+138,4), no 1º ciclo; 89,70 mm (87,70+2,0), 162,90 mm (160,90+2,0), 236,42 mm (234,62+2,0) e 309,20 (307,20+2,0), no 2º ciclo; e o segundo fator foi composto de quatro níveis de matéria orgânica (MO): 0, 15, 30, e 45 t/ha (esterco bovino curtido). O perfil e os indicadores de eficiência do uso da água analisados (composição, estoque, eficiência do uso do nutriente, produtividade de água da cultura e a produtividade econômica da água) do sorgo foram afetadas pelas ET_o%, MO e/ou, por sua interação ($P < 0,05$). A aplicação das maiores lâminas de irrigação incrementou o acúmulo de sais no solo e aumentou a produção de matéria verde. O incremento de MO contribuiu para minimizar os efeitos negativos da salinidade no cultivo do sorgo em ambos os ciclos. O esterco bovino como fonte de matéria orgânica, auxiliou no uso da água pela planta, contribuindo para amenizar as condições de baixa disponibilidade hídrica e/ou com água de baixa qualidade. Assim, a utilização de água salina para a irrigação do sorgo associada a níveis crescente de matéria orgânica aumentou a composição mineral, no entanto com relação ao estoque dos minerais, teve pouca influência. O uso de sistema de irrigação com água salina para os indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente foi mais eficaz com a lâmina de água de menor volume, ou seja, com menor disponibilidade de água salina. Para a produtividade econômica da água, o retorno financeiro a cada m³ de água foi mais eficaz com a combinação da lâmina de água com a dose de 45t/ha tanto no ciclo 1 como no ciclo 2.

Palavras-chave: lâminas de irrigação; matéria orgânica; retorno econômico

Mineral profile and efficiency indicators for the use of water and nutrients from Sorghum (BRS Ponta negra) produced in biosalin systems

ABSTRACT

The objective was to evaluate the composition and stock of minerals, and the efficiency indicators for the use of water and nutrients of the BRS Ponta negra sorghum (*Sorghum bicolor*) grown in a biosalin system, with different irrigation depths and doses of organic matter. The experiment was designed in randomized blocks with four treatments arranged in a 4 x 4 factorial scheme and three replications, in two cycles. The first factor was made up of four irrigation depths: 25%; 50%; 75%; and 100% ETo, where ETo is the calculated reference evapotranspiration, which added to rainfall resulted in 212.50 mm (74.10 + 138.4), 269.20 mm (130.80 + 138.4), 325.90 mm (187.50 + 138.4) and 382.50 mm (244.10 + 138.4), in the 1st cycle; 89.70 mm (87.70 + 2.0), 162.90 mm (160.90 + 2.0), 236.42 mm (234.62 + 2.0) and 309.20 (307.20+ 2.0), in the 2nd cycle; and the second factor was composed of four levels of organic matter (OM): 0, 15, 30, and 45 t / ha (tanned manure). The profile and water use efficiency indicators analyzed (composition, stock, nutrient use efficiency, crop water productivity and economic water productivity) of sorghum were affected by ETo%, MO and/or by its interaction ($P < 0.05$). The application of the largest irrigation depths increased the accumulation of salts in the soil and increased the production of green matter. The increase in MO contributed to minimize the negative effects of salinity on the cultivation of sorghum in both cycles. Bovine manure as a source of organic matter, helped in the use of water by the plant, contributing to alleviate the conditions of low water availability and / or with low quality water. Thus, the use of saline water for the irrigation of sorghum associated with increasing levels of organic matter increased the mineral composition, however with regard to the stock of minerals, it had little influence. The use of an irrigation system with saline water for the efficiency indicators of the use of water and nutrient was more effective with the water volume of less volume, that is, with less availability of saline water. For the economic productivity of the water, the financial return for each m³ of water was more effective with the combination of the water layer with the dose of 45t / ha in both cycle 1 and cycle 2.

Keywords: irrigation depths; organic matter; economic return

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento de águas salinas vem sendo considerado uma alternativa viável para a produção de culturas em geral, principalmente em áreas que não dispõem de água de boa qualidade e os níveis de precipitação são insuficientes para manter uma agricultura sustentável (OLIVEIRA et al, 2010).

No entanto, é inevitável a interferência dos sais sobre o crescimento e rendimento das culturas devido ao estresse a que são submetidas. Segundo Tavakkoli et al. (2012) os principais efeitos são o osmótico, no qual o acúmulo de sais no solo interfere diretamente na absorção de água pelas plantas; os desequilíbrios nutricionais, com a redução da absorção de nutrientes, que competem com os íons que se encontram em excesso no solo; e iônico, causado pela absorção em níveis tóxicos de íons como o Na^+ e Cl^- .

O sorgo possui potencial para se desenvolver e se expandir em regiões que apresentam riscos de ocorrência de deficiência hídrica, distribuição irregular de chuvas e altas temperaturas, condições que caracterizam o semiárido brasileiro (LANDAU & SANS, 2010; PEREIRA et al., 2014). Segundo Silva (2003), para alcançar altas produtividades, o sorgo requer dias e noites quentes, com temperaturas médias acima de 25°C , atingindo a maturidade entre 90 e 140 dias. É uma espécie indicada para regiões que apresentam regime hídrico desfavorável com precipitações variando de 400 a 600 mm por ano ou menos.

No entanto, o grau de tolerância à salinidade e a eficiência do uso da água pela planta pode se manifestar de forma diferenciada entre genótipos, refletindo diretamente no seu crescimento e produtividade. Trindade et al. (2006) verificaram que genótipos de sorgo forrageiro mais tolerantes à salinidade podem apresentar mecanismos que restringem o transporte de íons Na^+ e Cl^- para as folhas. Lacerda et al. (2001), por exemplo, verificaram maior acúmulo desses íons nas folhas fisiologicamente ativas de um genótipo de sorgo forrageiro considerado mais sensível à salinidade, quando comparadas com um genótipo mais tolerante. Guimarães et al. (2019) estudando a eficiência do uso da água por diferentes genótipos de sorgo, verificou que o genótipo Ponta Negra foi eficiente no uso da água e na produção de grãos.

Apesar do conhecimento sobre as alterações físico-químicas no solo (GONÇALVES et al., 2011) e da importância do uso de água de qualidade inferior entre os pequenos produtores (FEITOSA et al., 2015) ainda são escassos estudos que viabilizem a aplicação de adubos orgânicos, especialmente o esterco bovino sólido, como amenizadores do efeito da salinidade da água de irrigação sobre o sorgo, com ênfase na aplicação de uma dose ideal.

Portanto, o uso de água salina se torna uma alternativa que contribui para ao aumento da produtividade do sorgo, com isso o presente trabalho objetivou avaliar a composição e estoque e os indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes do sorgo (BRS Ponta Negra) cultivado em sistema bioassalino, com diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Instalação e condução do experimento

O experimento foi realizado na Área de Prospeção e Estudos em Agricultura Bioassalina do Campo Experimental Caatinga, pertencente à Embrapa Semiárido, em Petrolina - PE, na região do Submédio São Francisco (latitude 9° 8' 8,9" S, longitude 40° 18' 33,6"O, altitude 373m). O clima da região é classificado, segundo Köppen, como semiárido do tipo BSw^h. As chuvas concentram-se entre os meses de novembro e abril, com precipitação média anual em torno de 400 mm, irregularmente distribuída. Durante o período do estudo (março a junho de 2018) a umidade relativa do ar média foi de 62,47% e a temperatura média de 25,62°C, com evapotranspiração na média de 4,10 mm (EMBRAPA, 2018).

Os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) foram determinados usando a equação original de Penman-Monteith. Os dados agrometeorológicos necessários para a determinação de ET_o foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

O estudo foi conduzido em um Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013) situado em um relevo plano, apresentando textura média (Tabela 1). A irrigação foi realizada três vezes por semana, de acordo com a necessidade da cultura, por gotejamento superficial por meio de tubo gotejador com emissores de vazão 1,6 L/h, diâmetro nominal (DN) de 16 mm, espaçados 0,20 m entre si.

Tabela 1. Composição química do solo da estação experimental da caatinga

Parâmetros		Profundidade da camada				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
C.E	mScm ⁻¹	1,33	2,20	2,41	2,50	2,60
pH	-	4,6	5,7	5,0	4,5	4,5
C.Total	gKg ⁻¹	4,6	4,1	3,7	2,3	2,1
P	Mgdm ⁻³	6,14	1,22	0,55	1,69	0,21
K	Cmol dm ⁻³	0,23	0,16	0,15	0,11	0,08
Na	Cmol dm ⁻³	0,27	0,68	1,12	1,40	1,18
Ca	Cmol dm ⁻³	1,6	1,4	2,4	2,8	3,2
Mg	Cmol dm ⁻³	0,60	0,60	1,50	2,20	2,00

Al	Cmol dm ⁻³	0,05	0,00	0,20	015	0,05
H+Al	Cmol dm ⁻³	1,5	2,7	2,5	2,3	2,3
SB	Cmol dm ⁻³	2,7	2,8	5,2	6,5	6,5
CTC	Cmol dm ⁻³	4,2	5,6	7,7	8,8	8,7
V	%	64,0	50,9	67,4	74,3	74,2
Cu	Mgdm ⁻³	1,07	1,65	1,49	1,37	1,18
Fe	Mgdm ⁻³	21,4	23,0	8,5	6,0	9,5
Mn	Mgdm ⁻³	18,2	14,6	12,9	7,0	8,1
Zn	Mgdm ⁻³	4,54	3,13	2,07	2,05	2,82

CE= condutividade elétrica do extrato de saturação; MO = matéria orgânica; P= fósforo disponível extraído por Mehlich-1; Ca= cálcio trocável; Mg= magnésio trocável; Na= sódio trocável; K= potássio trocável; Al: acidez trocável; CTC= capacidade de troca de cátions à pH 7,0; V=saturação por bases; pH determinado em água na proporção de 1:2,5.

A água utilizada na irrigação foi identificada como C3S1, ou seja, com condutividade elétrica alta, teor de sódio baixo e dureza moderada (75 – 150 mg/L) baseado em carbonato de cálcio, de acordo com a classificação de Richards, (1954) (Tabela 2).

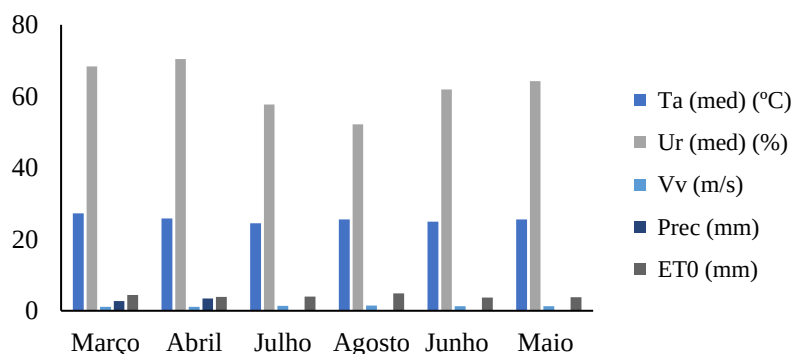
Tabela 2. Análise química da água do poço artesiano do campo experimental da caatinga

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	pH	C.E.	Dureza	R.A.S
mmol.L ⁻¹						ds m ⁻¹	mg.L ⁻¹	
15,14	6,89	3,72	0,29	22,04	7,38	1,73	109,76	0,62

Ca=cálcio; Mg=magnésio; Na=sódio; K=potássio; Cl=cloreto; CE=condutividade elétrica; RAS=relação de adsorção de sódio.

As lâminas de irrigação foram equivalentes a 25%, 50%, 75% e 100% da ETo, o que resultou ao longo do ciclo 1 (82 DAP) em 74,1; 130,8; 187,5; 244,1 mm, e ao longo do ciclo 2 (76 DAP) em 87,7; 160,9; 234,0 e 307,2 mm, respectivamente (Figura 1-B).

(A)



(B)

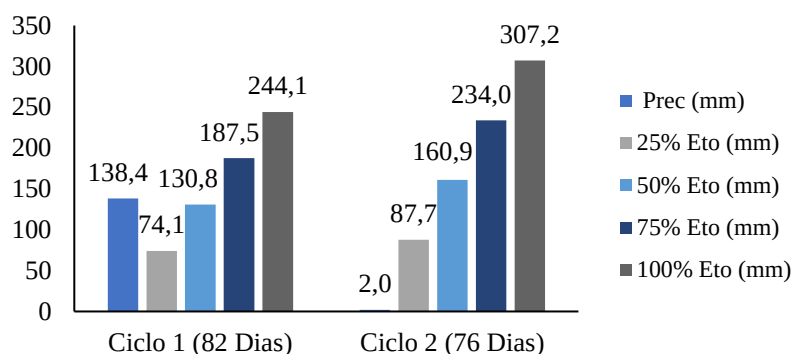


Figura 1. Dados agrometeorológicos mensais (A) e lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos em comparação à precipitação (B) durante o período experimental.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos disposto em arranjo fatorial 4 x 4 e três repetições. O primeiro fator foi construído de quatro lâminas de irrigação com água salina 25%, 50%, 75% e 100% ETo, em que a ETo é a evapotranspiração de referência, que adicionada a precipitação pluviométrica resultando em 212,50mm (138,4+74,1), 269,20 mm (138,4+130,8), 325,90mm (138,4+187,50) e 382,50mm no ciclo 1, já para o ciclo 2 foi 89,7mm (2,0+87,7), 162,9mm (2,0+160,9), 236,0mm (2,0+234,0) e 309,2mm (2,0+307,2) (Figura 1 – B); e o segundo fator foi composto de quatro níveis de matéria orgânica 0 t/ha; 15 t/ha; 30 t/ha; 45 t/ha (esterco bovino curtido).

Cada subparcela experimental foi composta por 6 linhas, de 4 metros de comprimento por 3,6 metros de largura e 0,60 cm entre linhas, totalizando 48 subparcelas. A semeadura da cultura foi realizada em fevereiro de 2018, em sulcos, com média de 50 sementes/m linear, a uma profundidade de aproximadamente 1,0 cm. Aos 15 dias de emergência (DAE) foi realizado o desbaste, visando obter 15 plantas/m linear. Os tratos culturais e as aplicações de defensivos agrícolas obedeceram às necessidades da cultura.

2.2 Variáveis avaliadas

Os dados da composição mineral, estoque dos minerais, eficiência do uso dos nutrientes, produtividade de água da cultura e a produtividade econômica da água foram obtidos para os ciclos avaliados. Para os dados de composição mineral e estoque no 1º e 2º ciclo, foram avaliadas quatro plantas de cada subparcela, nas quais foi amostrada e pesada em balança de precisão para obtenção do peso fresco. A produção de matéria verde (PMV) por hectare foi obtida pelo produto entre a produção por metro linear o total de metros lineares por hectare. De acordo com a equação (PMV x (%MS)), obteve-se a produção de matéria seca (PMS, t/ha).

Para a quantificação da composição mineral foi usada a equação ($MS \times Nu/MS$), onde MS é matéria seca, Nu é a quantidade do nutriente da amostra (P, K, Ca, Mg e Na), no entanto, para a obtenção da composição do N, foi obtido a partir da proteína bruta, onde a mesma foi multiplicada pelo fator 6,25 (a proteína verdadeira contém 16% de nitrogênio). A equação ($RMS \times [Nu]/100$) foi utilizada para a obtenção do estoque dos minerais com base na MS, onde RMS é o rendimento da matéria seca, [Nu] é a concentração do nutriente na amostra analisada (N, P, K, Ca, Mg e Na). A eficiência do uso do uso de nutrientes ($EUN_{(w)}$, mg/ha/mm), produtividade da água da cultura (PAC, kg/ha/mm) e produtividade econômica da água (PEA, R\$/m³), foram realizados assumindo-se os dados de biomassa, concentração de nutrientes, precipitação + irrigação (P+I) para todo o ciclo produtivo.

A eficiência do uso de nutriente ($EUN_{(w)}$), foi adaptada da literatura, que assume a habilidade da planta absorver os nutrientes da solução do solo (AMARAL et al., 2011). É calculada com base na lâmina de água recebida (P+I) pela cultura. Esse indicador foi obtido para todos os minerais, considerando sua concentração na planta ([Nu]) e a biomassa acumulada (Y), de modo a se estabelecer a capacidade de absorção de um determinado nutriente da solução do solo em relação à quantidade de água utilizada pela cultura ou recebida pelo sistema de produção. Assim, tem-se que:

$$EUN_{(w)} = \frac{Y ([Nu])}{\sum(P + I)}$$

Onde:

$EUN_{(w)}$ é expressa em g/ha/mm ou mg/ha/mm;

W se refere ao nutriente em análise (N, P, K, Ca, Mg e Na);

Y é o rendimento da cultura, em kg/ha;

[Nu] concentração do nutriente na amostra analisada, dada em g/ha;

P é a precipitação pluviométrica (mm);

I é a lâmina de água através da irrigação (mm).

A PAC, que se refere à capacidade de água utilizada ou recebida pela cultura em converter fotossimilados em biomassa total acumulada. Para isso, foi considerada a relação entre o rendimento e a lâmina de água recebida (precipitação + irrigação) pela cultura ao longo do tempo (GEERTS & RAES, 2009). Utilizando o seguinte modelo matemático:

$$PAc = \frac{Y}{\sum(P + I)}$$

Onde:

PAc é expressa em kg/ha/mm;

Y é o rendimento da cultura na base verde e seca (kg/ha);

P é a precipitação pluviométrica (mm);

I é a lâmina de água através da irrigação (mm).

A produtividade econômica da água (PEA) foi calculada com base no ganho econômico (GE) por unidade de área, o que permite conhecer qual foi o retorno econômico de cada unidade de água utilizada pela cultura ou recebida pelo sistema de plantio (ARAYA et al., 2011). Utilizando o seguinte modelo matemático:

$$PEA = \frac{GE}{\sum(P + I)}$$

Onde:

GE é o ganho econômico por unidade de área, em R\$/ha, que considerou o valor pago por tonelada do sorgo;

P é a precipitação pluviométrica (mm);

I é a lâmina de água através da irrigação (mm).

As amostras de forragem após pesagem inicial foram submetidos ao processo de secagem em estufa a 65°C durante 72 horas, e posteriormente pesadas para obtenção dos valores referentes a matéria seca. Em seguida, os valores obtidos de biomassa fresca e de biomassa seca foram expressos em toneladas por hectare (t/ha).

As amostras após a secagem foram moídas e acondicionadas em potes plásticos com tampa; essas foram usadas para a obtenção da composição bromatológica e para determinação dos minerais, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica com o método Kjeldahl para obtenção do N; digestão úmida com ácido nítrico-perclórico (AOAC 1990; Método 935.13) para estimar P, K, Ca, Mg e Na. O Ca e o Mg foram determinados após a adição de lantânio, e as leituras foram realizadas por espectrometria de absorção atômica (AOAC 1990) usando um espectrofotômetro GBC Savant AA (Scientific Equipment, Braeside, Victoria, Austrália), lâmpadas catódicas ocas (442,7 nm para Ca e 285,2 nm para Mg) e chama de acetileno-ar. P foi

determinado colorimetricamente (Harris e Popat, 1954) usando reagente vanadato-molibdato (AOAC 1990).

2.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados por data de amostragem (ciclo 1 e ciclo 2), submetidos à análise de variância e quando houve efeito isolado dos fatores lâminas de água e doses de matéria orgânica foi realizado análise de regressão, utilizando-se como aproximação do grau de ajustamento aos modelos linear e quadrático, utilizando-se o pacote estatístico SAS 9.0 (2002).

Para o delineamento em bloco ao acaso foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = observação de cada variável relativa ao j-ésimo nível de matéria orgânica, do i-ésimo lâmina de água;

μ = média da população;

t_i = efeito do i-ésimo tratamento; i = quatro níveis de lâmina de água (212,50; 269,20; 325,90 e 382,50 mm, ciclo 1, e 89,70; 162,90; 236,42 e 309,20 mm, ciclo 2);

b_j = efeito do j-ésimo bloco; j = quatro níveis de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t ha⁻¹);

e_{ij} = efeito aleatório relativo ao j-ésimo bloco, do i-ésimo tratamento.

Para as equações de regressão (linear e quadrática) foram utilizados os seguintes modelos matemáticos:

Modelo linear:

$$Y = a + bx$$

Onde:

a = constante de regressão;

b = coeficiente angular;

x = variável independente.

Modelo polinomial do 2º grau:

$$Y=a+bx+cx^2$$

Onde:

a = constante de regressão;

b = parâmetro a ser estimado;

c = parâmetro a ser estimado;

x = variável independente.

Os dados foram transformados, com intuito de torná-los mais homogêneos para aplicação do teste. Comparações entre as médias foram realizadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. A escolha das equações de regressão teve como base o coeficiente de determinação e a significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t , adotando-se $\alpha = 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1 Perfil mineral do sorgo (BRS Ponta negra)

Para o efeito isolado da lâmina de água recebida no 1º ciclo, não teve efeito significativo ($P>0,05$) para o N. No 2º ciclo, houve efeito significativo ($P<0,05$) para o N, P, Ca e Mg em função da LA observada isoladamente (Tabela 3).

Com relação ao efeito isolado da matéria orgânica no 1º ciclo do sorgo, não houve efeito significativo ($P>0,05$) para o N, e para o 2º ciclo o N e o Mg não se ajustaram aos modelos de regressão testados (Tabela 3). O aumento das doses de matéria orgânica, tanto no 1º e 2º ciclo não afetou a deposição dos minerais na planta.

A interação entre lâmina de água e matéria orgânica foi significativa para o N no 1º ciclo e para N e Mg no 2º ciclo (Tabela 3).

Tabela 3. Teores médios da composição mineral do sorgo, expressa em g/kg em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas biossalinos

Variáveis	CICLO 1												
	Lâminas de água (%ETo)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	25	50	75	100		0	15	30	45		LA	MO	LAXMO
N	1,62	1,00	1,09	1,06	0,04	1,11	1,09	1,06	1,04	0,04	0,07	0,59	0,37
P	5,88	4,24	4,01	4,53	0,08	4,26	4,59	4,74	5,07	0,12	0,00	0,00	0,00
K	31,15	29,51	26,53	24,70	0,17	24,55	29,81	27,31	30,22	0,18	0,00	0,00	0,00
Ca	6,47	3,55	3,45	4,51	0,10	3,95	6,92	3,68	3,42	0,13	0,00	0,00	0,00
Mg	4,67	3,93	4,05	4,00	0,07	3,66	4,85	3,89	4,25	0,07	0,00	0,00	0,00
Na	0,07	0,08	0,05	0,06	0,02	0,06	0,07	0,07	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00
CICLO 2													
N	1,31	1,08	1,06	1,04	0,23	1,12	1,15	1,16	1,08	0,25	0,03	0,85	0,69
P	5,17	3,54	3,87	2,84	0,86	3,99	4,16	3,49	3,78	1,15	0,00	0,00	0,00
K	14,08	14,82	15,07	14,92	2,47	15,03	12,89	14,69	15,77	2,31	0,54	0,00	0,00
Ca	9,18	10,25	9,02	9,85	1,58	8,81	9,43	10,04	9,98	1,52	0,00	0,01	0,02
Mg	1,44	1,55	1,56	1,75	0,23	1,44	1,59	1,68	1,60	0,24	0,01	0,08	0,30
Na	1,03	1,01	1,00	0,99	0,11	0,97	0,96	1,03	1,07	0,10	0,69	0,01	0,03

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey 5%

No 2º ciclo foram observados um ajuste linear decrescente para o N e Mg em função da lâmina de água recebida, já para os demais nutrientes não houve ajuste aos modelos de regressão (Figura 2).

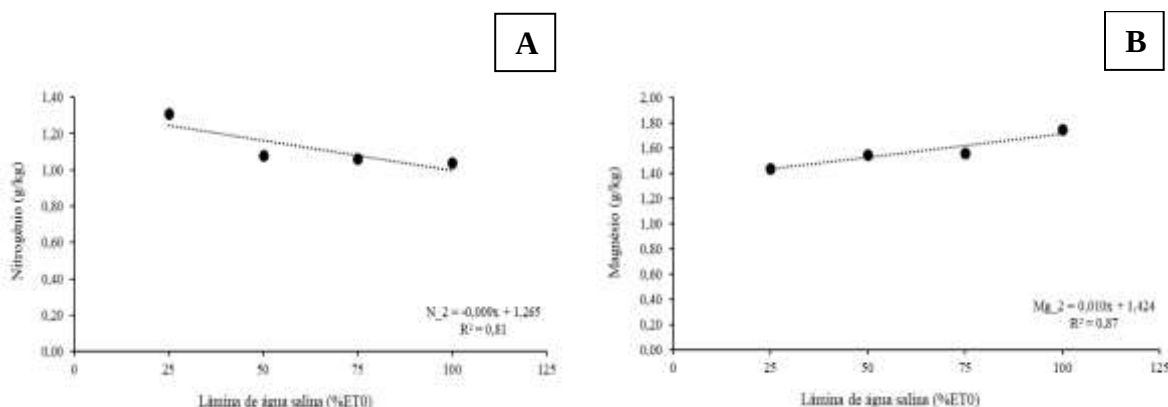
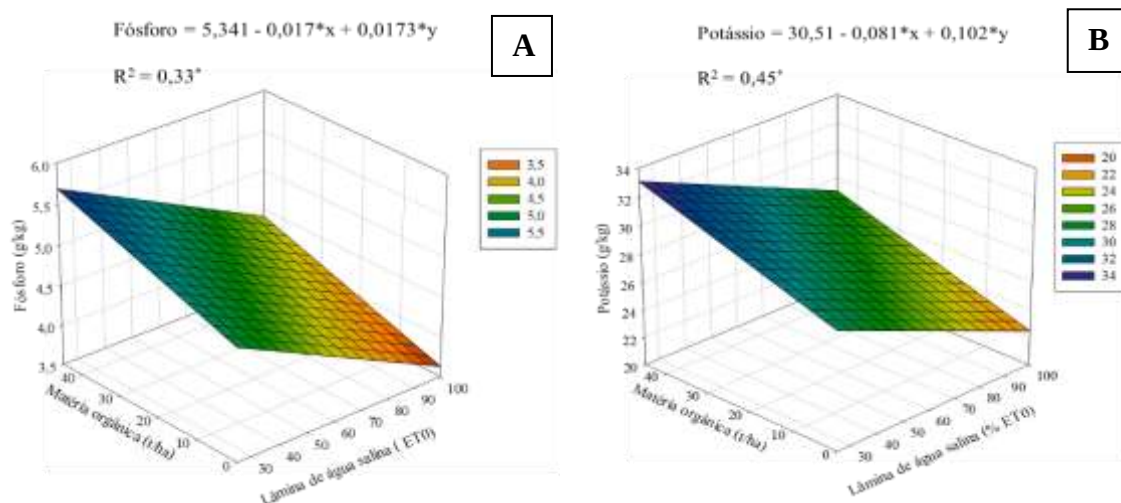


Figura 2. Concentração do nitrogênio (A) e magnésio (B) do sorgo submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 2º ciclo.

Para os minerais que tiveram influência dos tratamentos isoladamente e sua interação, foram priorizados os resultados da interação. A interação entre LA*MO apresentou efeito na deposição do P, K, Ca, Mg e Na ($P < 0,05$) no 1º ciclo. O P mostrou comportamento semelhante entre os tratamentos, uma vez que a concentração do P aumentou na proporção que se eleva os níveis de matéria orgânica. Para os teores de K, Ca e Mg mostraram uma tendência decrescente à medida que aumentava as doses de matéria orgânica. As concentrações do Na nos tratamentos ETo25% e ETo100% aumentaram na proporção que foram elevados os níveis de matéria orgânica (Figura 3).



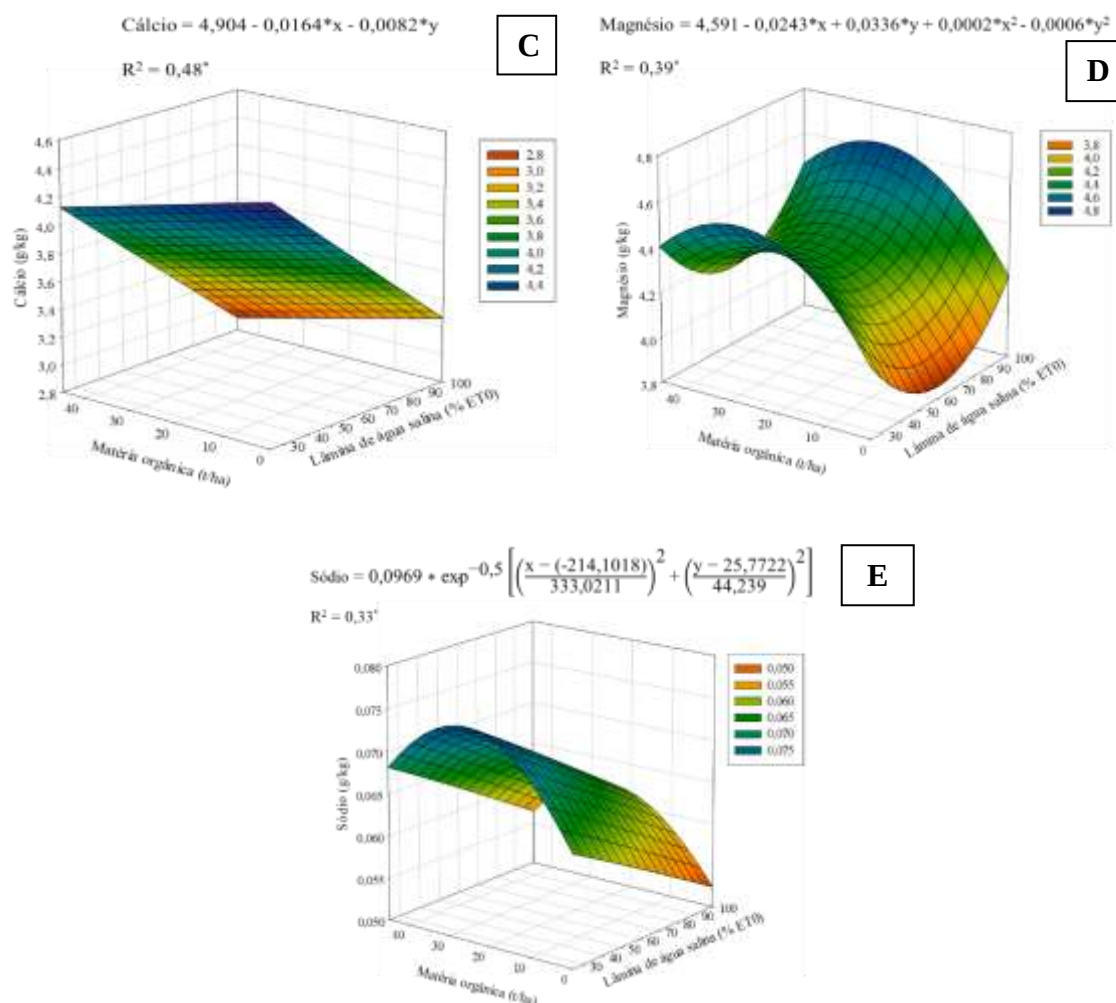


Figura 3. Teores médio do fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e sódio (E) em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% - 212,50mm, ETo50% - 269,20mm, ETo75% - 325,90mm e ETo100% - 382,50mm e doses de matéria orgânica (0t/ha, 15t/ha, 30t/ha e 45t/ha) do sorgo no 1º ciclo sob sistemas de agricultura bioassalada, no município de Petrolina, PE.

No 2º ciclo o P, K, Ca e Na mostraram efeito em função da interação entre LA*MO. Os teores de P nos tratamentos ETo25% e ETo50% associadas a dose de 0t/ha de matéria orgânica, foram maiores comparados as doses de 15, 30 e 45 t/ha. Com relação as concentrações do K e Na, à medida que se eleva os níveis de matéria orgânica, os teores de K e Na aumentaram. O Ca teve comportamento similar entre os tratamentos com pouca variação, havendo um aumento na associação da ETo50% com M45 (Figura 4).

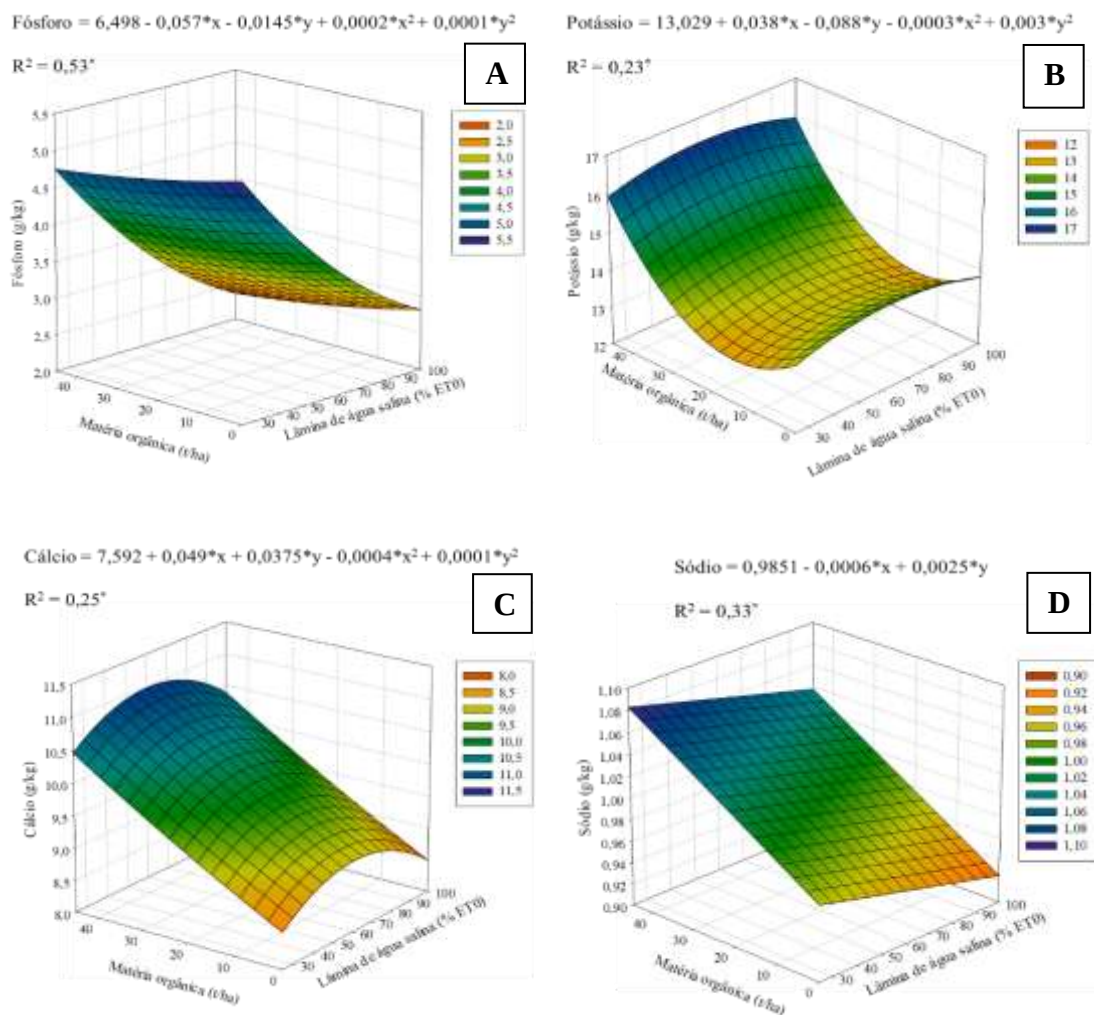


Figura 4. Teores médio do fósforo (A), potássio (B), cálcio (C) e sódio (D) em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% - 212,50mm, ETo50% - 269,20mm, ETo75% - 325,90mm e ETo100% - 382,50mm e doses de matéria orgânica (0t/ha, 15t/ha, 30t/ha e 45t/ha) do sorgo no 2º ciclo sob sistemas de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.

Para o ciclo1 quando analisado o efeito isolado para lâmina de água recebida (ETo), foi observado que não teve significância ($P>0,05$) no estoque de todos os nutrientes, e quando avaliado a influência da matéria orgânica (MO), constatou-se resultado significativo apenas para o potássio (K). Quando observado o ciclo 2 do sorgo, o efeito isolado para ETo% apresentou influência significativa ($P<0,05$) apenas para o P, já o efeito isolado da MO, não teve efeito estatístico ($P>0,05$) para nenhuma das variáveis (Tabela 4).

Tabela 4. Teores médios do estoque mineral do sorgo, expressa em kg/ha em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas biossalinos

Variáveis	CICLO 1												
	Lâminas de água (%ETo)					Matéria orgânica (t/ha)					Valor-P		
	25	50	75	100	EPM	0	15	30	45	EPM	LA	MO	LAxMO
N	110,05	107,79	125,39	106,65	0,80	95,48	111,89	107,12	135,30	0,78	0,75	0,42	0,95
P	577,76	433,47	485,30	474,28	1,46	349,33	471,72	480,64	669,12	1,36	0,69	0,06	0,85
K	3.096,87	3.030,69	3.172,26	2.506,69	2,58	2.029,12	2.796,06	2.867,98	3.741,59	2,40	0,78	0,04	0,93
Ca	638,18	372,76	395,29	460,91	1,62	324,84	455,97	363,82	459,69	1,64	0,23	0,05	0,07
Mg	470,47	423,84	478,25	406,33	1,44	305,50	504,52	396,66	572,20	1,37	0,84	0,07	0,67
Na	8,15	8,16	6,90	6,71	0,35	5,11	8,17	7,01	9,63	0,33	0,88	0,09	0,85
CICLO 2													
N	62,33	53,88	60,31	55,71	0,14	58,08	50,88	59,84	63,45	0,13	0,62	0,37	0,69
P	191,17	195,62	199,07	205,61	0,20	246,77	195,62	226,66	152,67	0,21	0,02	0,76	0,07
K	686,39	809,38	834,61	779,55	0,21	754,50	602,52	802,79	950,12	0,20	0,64	0,05	0,07
Ca	444,13	557,75	524,45	523,03	0,19	480,56	428,91	539,73	608,64	0,18	0,35	0,11	0,90
Mg	69,69	84,64	90,91	93,63	0,17	79,17	72,37	90,75	96,58	0,17	0,23	0,25	0,53
Na	50,00	54,89	58,93	53,65	0,17	52,53	44,45	56,10	64,40	0,16	0,74	0,11	0,69

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey 5%

O estoque dos minerais no 1º ciclo, não se ajustou aos modelos de regressão (linear e quadrático), num entanto foi observado um declínio na extração do mesmo. Para o 2º ciclo apenas o P teve um ajuste linear crescente, em resposta da aplicação de lâmina de água salina (Figura 5). O P é indispensável para o crescimento e produção vegetal.

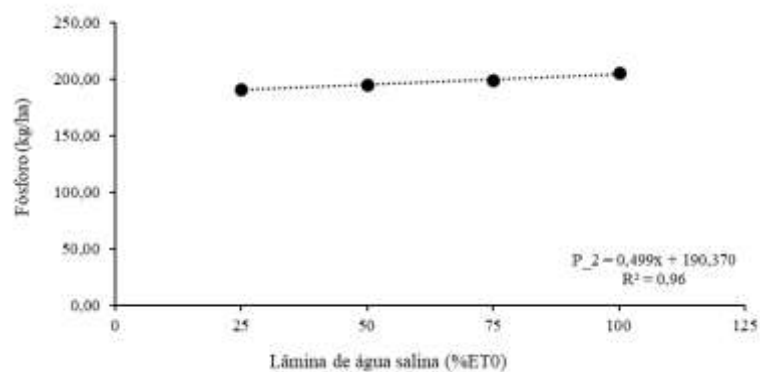


Figura 5. Estoque do fósforo no sorgo submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 2º ciclo.

No 1º ciclo foi mostrado um ajuste linear crescente para o K em resposta a aplicação da matéria orgânica. Quando o sorgo recebeu 0t/ha, o estoque do K foi menor quando comparado aos demais tratamentos (Figura 6). O K é um elemento móvel nas plantas, o qual não é um elemento estrutural, mas contribui para várias atividades bioquímicas, sendo um ativador de atividades enzimáticas e regulador da pressão osmótica (entrada e saída de água da célula).

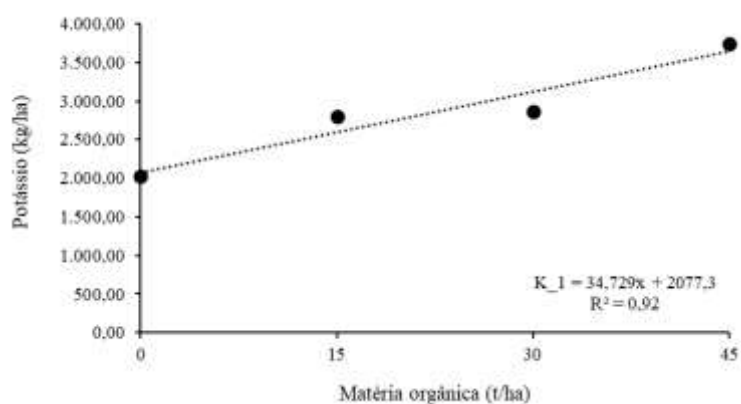


Figura 6. Estoque do potássio no sorgo submetidos a diferentes doses de matéria orgânica no 1º ciclo.

Contudo, a MO além de ser fonte de nutriente possui a capacidade de reter água no solo contribuindo para o desenvolvimento da planta, ou seja, favorece a absorção de nutriente e água pela planta através do aumento da permeabilidade.

3.2 Indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente do sorgo sob sistema biossalino

Quando observado o efeito isolado da lâmina de água sobre eficiência do uso do nutriente (EUN) no 1º ciclo, mostrou-se efeito estatístico ($P < 0,05$) para o fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e sódio (Na), já para o efeito isolado da matéria orgânica, não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) para nenhuma variável (Tabela 5).

Para o 2º ciclo a o efeito isolado da lâmina de água teve influência significativa ($P < 0,05$) para todos os nutrientes, no entanto quando observado o efeito para matéria orgânica, não apresentou significância ($P > 0,05$) para a eficiência do uso dos minerais (Tabela 5).

Tabela 5. Teores médios da eficiência do uso do nutriente (EUN, g/ha/ mm) do sorgo em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas biossalinos

Variáveis	CICLO 1												
	Lâminas de água (%ET _o)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	25	50	75	100		0	15	30	45		LA	MO	LAXMO
EUN _(N)	51,79	41,43	38,48	27,88	0,22	34,01	40,38	36,47	48,70	0,23	0,12	0,44	0,97
EUN _(P)	51,78	40,04	38,47	27,88	0,25	133,15	171,63	166,73	239,87	0,26	0,01	0,06	0,84
EUN _(K)	1.457,35	1.125,81	973,38	655,34	0,24	730,17	1.121,07	949,44	1.450,15	0,25	0,03	0,06	0,95
EUN _(Ca)	300,32	138,47	121,29	120,50	0,28	117,61	268,56	129,26	169,23	0,31	0,00	0,07	0,13
EUN _(Mg)	221,40	162,89	146,75	106,23	0,26	106,71	185,85	137,41	207,28	0,26	0,10	0,09	0,70
EUN _(Na)	2,83	3,03	2,11	1,75	0,17	1,83	2,97	2,44	3,59	0,18	0,01	0,09	0,83
CICLO 2													
EUN _(N)	69,49	32,24	25,55	18,01	0,14	37,29	30,81	38,00	40,03	0,25	0,00	0,34	0,68
EUN _(P)	275,10	116,88	96,04	49,37	0,20	143,96	118,22	130,52	147,90	0,33	0,00	0,47	0,10
EUN _(K)	765,21	483,95	353,64	252,12	0,21	484,40	342,84	485,15	555,43	0,27	0,00	0,05	0,14
EUN _(Ca)	495,13	383,76	222,22	169,15	0,19	294,08	255,25	327,92	414,12	0,25	0,00	0,05	0,90
EUN _(Mg)	77,69	50,49	38,52	30,28	0,17	47,66	42,52	53,47	54,80	0,22	0,00	0,29	0,76
EUN _(Na)	55,74	32,66	24,97	17,35	0,17	32,15	26,80	34,38	38,42	0,24	0,00	0,10	0,84

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey 5%

Observando o 1º ciclo, houve um ajuste ao modelo de regressão linear decrescente para o P, K, Ca e Na, já no 2º ciclo o ajuste linear ocorreu para todas as variáveis (Figura 7). Mostrando que a EUN foi superior quando o sorgo foi submetido a menor quantidade de água salina.

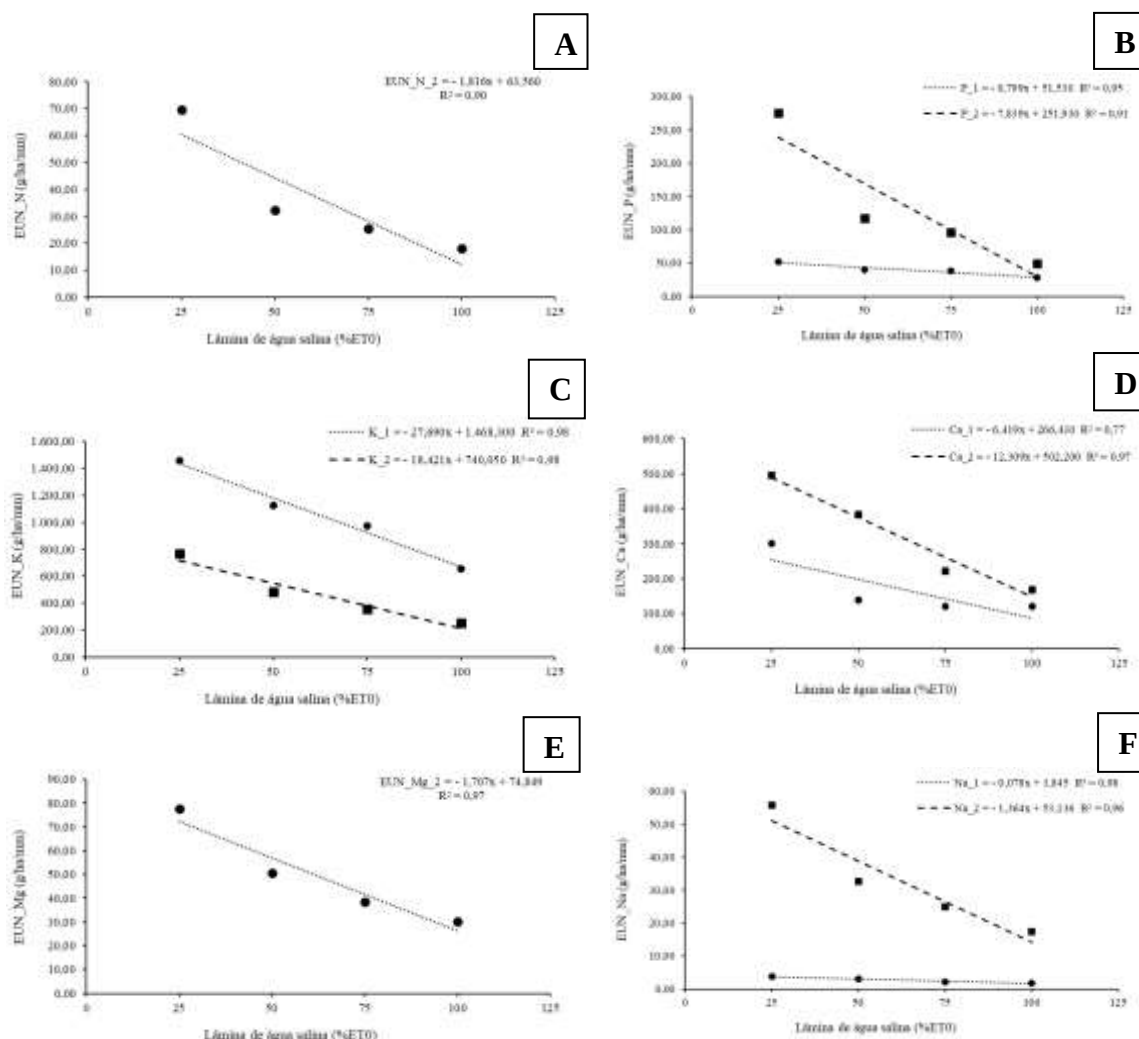


Figura 7. Eficiência do uso do nutriente: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e sódio (F) do sorgo submetido a diferentes lâminas de água salina no 1º e 2º ciclo.

Analisando a produtividade de água da cultura (PAc) com base na matéria verde e matéria seca no ciclo 1, não teve efeito significativo ($P > 0,05$), já quando observada a lâmina de água isoladamente para o ciclo 2, houve efeito estatístico ($P < 0,05$) para a PAc tanto na matéria verde como na matéria seca (Tabela 6).

Na observação da matéria orgânica e a interação entre a lâmina de água recebida com os níveis de matéria orgânica apresentaram resultados semelhantes em ambos os ciclos, não havendo significância ($P>0,05$) para PAC com base na matéria verde e matéria seca (Tabela 6).

Tabela 6. Teores médios da produtividade da água da cultura (PAC, kg MV/ha/mm e PAC, kg MS/ha/mm) do sorgo com base na matéria verde e seca em função da evapotranspiração de referência (%ET_o) em sistemas biossalinos

Variáveis	CICLO 1												
	Lâminas de água (%ETo)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	25	50	75	100		0	15	30	45		LA	MO	LAxMO
PAC _(MV)	144,20	137,25	121,49	91,39	0,23	96,82	120,14	120,63	156,72	0,23	0,29	0,23	0,92
PAC _(MS)	45,76	40,44	36,38	26,48	0,22	29,75	37,22	34,77	47,29	0,23	0,48	0,49	0,94
CICLO 2													
PAC _(MV)	153,28	86,73	65,97	44,91	0,13	89,98	78,96	89,59	94,65	0,24	0,00	0,41	0,71
PAC _(MS)	52,92	32,25	24,48	17,16	0,14	32,70	26,49	32,94	35,59	0,22	0,00	0,21	0,82

EPM – erro padrão da média. Tukey 5%

A produtividade da água da cultura (PAC) do sorgo no 1º ciclo não mostrou ajuste aos modelos de regressão, já no 2º ciclo apresentou um ajuste de regressão linear decrescente em função do volume de água salina aplicada a cultura, a lâmina de água com menor volume mostrou ter maior capacidade de converter energia em biomassa. Com base na matéria verde teve produtividade de 153,28 kg MV/ha/mm e para a matéria seca foi 52,92 kg MS/ha/mm (Figura 8).

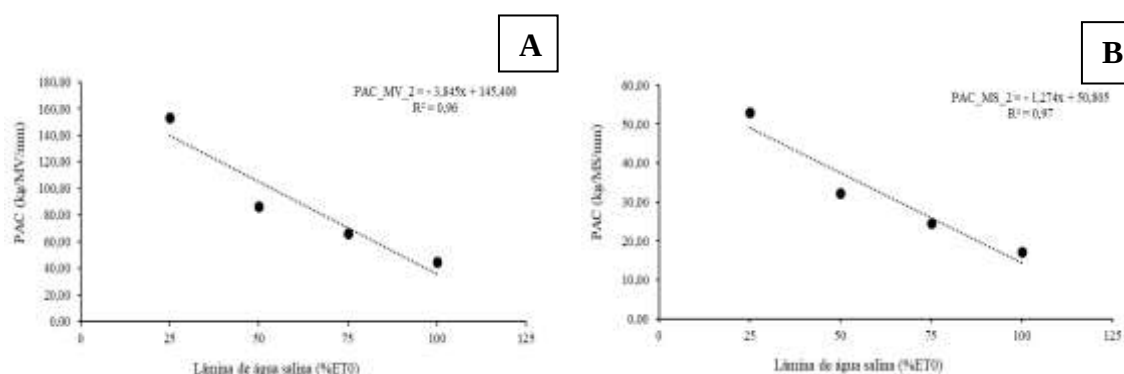


Figura 8. Produtividade da água da cultura: produtividade da água da cultura com base na matéria verde (A) e produtividade da água da cultura com base na matéria seca (B) do sorgo submetido a diferentes lâminas de água salina no 2º ciclo.

A produtividade econômica da água (PEA) do sorgo nos dois ciclos foi aumentando à medida que aumentava as doses de matéria orgânica. No ciclo 1 o tratamento ETo25% em combinação com todas as quantidades de MO, apresentou um melhor retorno econômico, quando comparado aos demais tratamentos, mostrando um melhor resultado na associação ETo25%M45, com um retorno de 18,59 R\$/ha/mm (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (212,50mm; 269,20mm; 325,90mm e 382,5mm) e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) do sorgo em sistemas bioassalinos

ET0%	MO	PMV t/ha	Preço R\$/t	Ganho bruto R\$/ ha	PEA R\$/ha/ mm
1º CICLO					
ETo25%	M0	27,36	100,00	2.736	12,87
	M15	28,22	100,00	2.822	13,28
	M30	34,58	100,00	3.458	16,27
	M45	39,50	100,00	3.950	18,59
ETo50%	M0	18,75	100,00	1.875	6,97
	M15	25,33	100,00	2.533	9,41
	M30	25,58	100,00	2.558	9,50
	M45	33,50	100,00	3.350	12,44
ETo75%	M0	27,92	100,00	2.792	8,57
	M15	30,61	100,00	3.061	9,39

	M30	43,62	100,00	4.362	13,38
	M45	46,27	100,00	4.627	14,20
ETo100%	M0	25,72	100,00	2.572	6,72
	M15	37,58	100,00	3.758	9,83
	M30	46,21	100,00	4.621	12,08
	M45	53,91	100,00	5.391	14,09

PMV – produção de matéria verde. ETo25%=212,50; ETo50%=269,20; ETo75%=325,90 e ETo100%=382,50 mm.

Com relação ao 2º ciclo do sorgo, a PEA apresentou comportamento semelhante ao ciclo 1, o retorno econômico foi maior no tratamento ETo25% nas diferentes associações com os níveis de MO, mostrando que na combinação ETo25%M45 teve um retorno de 15,98 R\$/ha/mm e um menor retorno na ETo100%M0 que teve um retorno de 3,02 R\$/ha/mm (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (89,70mm; 162,90mm; 236 mm e 309,20mm) e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) do sorgo em sistemas bioassalinos

ETo%	MO	PMV t/ha	Preço R\$/t	Ganho bruto R\$/ ha	PEA R\$/ha/ mm
2º CICLO					
ETo25%	M0	11,75	100,00	1.175	13,10
	M15	12,33	100,00	1.233	13,75
	M30	14,06	100,00	1.406	15,67
	M45	14,33	100,00	1.433	15,98
ETo50%	M0	13,17	100,00	1.317	8,08
	M15	14,33	100,00	1.433	8,80
	M30	13,56	100,00	1.356	8,32
	M45	14,83	100,00	1.483	9,11
ETo75%	M0	12,42	100,00	1.242	5,26
	M15	13,00	100,00	1.300	5,51
	M30	17,08	100,00	1.708	7,24
	M45	16,92	100,00	1.692	7,17
ETo100%	M0	9,33	100,00	933	3,02
	M15	10,08	100,00	1.008	3,26
	M30	14,50	100,00	1.450	4,69
	M45	19,00	100,00	1.900	6,14

PMV – produção de matéria verde. ETo25%=212,50; ETo50%=269,20; ETo75%=325,90 e ETo100%=382,50 mm.

Em sistemas bioassalinos o sorgo mostrou ser produtivo, mesmo com baixo retorno econômico a produção de matéria verde foi mantida, indicando que a utilização de água salina associada a fontes de matéria orgânica se torna uma alternativa para o cultivo do sorgo no semiárido.

4. DISCUSSÃO

Os teores de N, P, K, Ca, Mg e Na nos diferentes ciclos estudados, apresentaram variação entre os períodos avaliados. Como houve uma diferença na quantidade de água salina utilizada na irrigação devido a irregularidade da água via precipitação, no qual no 1º ciclo teve uma menor aplicação de água via irrigação e um período mais extenso (82 dias), justifica a diferença nas concentrações dos minerais nos ciclos avaliados.

Apesar da pouca influência dos efeitos isolados da lâmina de água e matéria orgânica (Tabela 3), a concentração de N foi próximo aos valores observados por Oliveira et al. (2010) avaliando a produção e extração de nutrientes de diferentes forrageiras. Os teores de N obtidos no presente trabalho, apesar de diminuir à medida que aumentava a quantidade de água salina (Figura 2 – A). A redução nos teores de N no 2º ciclo pode ter sido afetada pela quantidade de água salina aplicada, uma vez que o volume de água via precipitação foi menor, quando comparado ao 1º ciclo. A salinidade, uma vez que influencia na estrutura do solo, reduz também a sua capacidade de armazenar água e, conseqüentemente, sua capacidade de absorção. Neste caso, afeta também a absorção dos nutrientes, em que o mecanismo de contato íon-raiz ocorre em solução aquosa (fluxo em massa) e, assim, interferindo na absorção principalmente de N, S, Ca e Mg (PRADO, 2008).

Os valores observados dos teores de P (Tabela 3) foram superiores aos apresentados por Oliveira et al. (2010) com média de 0,12% para o sorgo forrageiro. Apesar da deposição de P não mostrar diferença estatística em função das lâminas de água, pode-se observar que os tratamentos irrigados com água salina apresentaram menor concentração de P quando comparado a condição de sequeiro, a salinidade pode diminuir a concentração de fósforo no tecido das plantas, devido aos efeitos da força iônica, que reduzem a atividade de fosfato na solução do solo (FERREIRA et al., 2007). Coelho et al. (2014) em plantas de sorgo submetidas a salinidade, encontraram decréscimos de P no colmo, folhas e raízes, com o aumento da salinidade. O aumento na absorção e no acúmulo de P em plantas estressadas com sal é mais comum quando as concentrações de P são altas na solução de cultivo (ÇIMRIN et al., 2010).

A concentração do K (Tabela 3) no ciclo 1 foi superior aos valores observados por Sousa (2015), avaliando os teores de solutos orgânicos e inorgânicos nas plantas de sorgo cultivar BRS Ponta Negra, submetidas a diferentes doses de esterco bovino e irrigadas com águas de níveis de salinidades diferentes. A similaridade da concentração do K entre os tratamentos pode ser explicada, uma vez que em condições de estresse salino, o melhor desempenho de certo genótipo, pode estar relacionado com sua melhor nutrição potássica (VASILAKOGLU et al.,

2011; CEKSTERE; KARLSONS; GRAUDA, 2015), neste experimento oriunda, possivelmente, do esterco bovino. Além disso, em solos salinos a fração disponível de potássio (K) pode aumentar através do aumento da CTC ligado ao teor de matéria orgânica (DIACOMO & MONTEMURRO, 2015). Quando a concentração de K^+ no citoplasma é maior que a de Na^+ pode ser um fator que contribui para a tolerância das plantas à salinidade (MUNNS & TESTER, 2008).

O acúmulo de Ca (Tabela 3) foram superiores aos valores mostrados por Oliveira et al (2010), estudando o efeito da salinidade no sorgo ponta negra. Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos com aplicação de lâmina de água via irrigação, foi observado no 1º ciclo um decréscimo dos teores de Ca. Sousa, et al., (2010) encontraram diminuição de cálcio no colmo e folhas de plantas de sorgo, submetidas a estresse salino. A redução na absorção de Ca pode levar à perda da integridade da membrana plasmática, contribuindo para perda da capacidade de absorção de alguns íons, principalmente o K^+ (ARSHAD et al., 2012).

Em ambos os ciclos as concentrações de Mg foram superiores aos valores observados (Tabelas 3) por Coelho (2013) com média 0,06%. Porém, Coelho et al. (2014) verificou um decréscimo do Mg em plantas com o aumento da salinidade, apesar de pouca variação entre os tratamentos, esse comportamento também foi observado neste estudo (Figura 2 -B). O magnésio além de exercer papel na atividade como cofator em quase todas as enzimas do metabolismo energético e na molécula de clorofila, este íon é requerido para a integridade dos ribossomos e contribui efetivamente para a estabilidade estrutural dos ácidos nucleicos e membranas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Os teores de Na observados (Tabela 3) foram semelhantes as concentrações apresentadas por Oliveira et al. (2010). Em resultados observados por Sun et al. (2014) reafirmam que plantas de sorgo tendem a acumular o íon sódio no colmo + bainhas em relação aos limbos foliares como forma de evitar os danos deste íon na parte fotossintética da planta. Taiz e Zeiger (2009) evidenciam que o acúmulo de íon sódio no colmo e nas folhas é comum em plantas de sorgo principalmente com a retenção maior no colmo que nas folhas evidenciando a capacidade do sorgo de restringir o transporte de íons Na^+ e Cl^- para as folhas, diminuindo a carga de sal nas folhas.

As interações ocorridas entre as lâminas de água e matéria orgânica no 1º ciclo e 2º ciclo (Figuras 3 e 4), também foi observada por Sousa (2015), avaliando os efeitos da salinidade da água de irrigação e tipos adubação orgânica, sobre a composição mineral nas plantas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] cv. BRS Ponta Negra, em casa de vegetação, o mesmo observou efeito da interação da lâmina de água aplica associada a doses de matéria orgânica

afetando a composição mineral, com maior variação para o sódio, onde o incremento da matéria orgânica contribuiu para um decréscimo de 55% nos níveis de menor salinidade.

O conhecimento das espécies capazes de suportar uma determinada condição de estresse salino é importante tanto para a caracterização da cultura, quanto para auxiliar na adequada recomendação para o plantio nestas situações, principalmente ao ponderar as cultivares com estas condições de cultivo (REGO et al., 2011).

Os valores do estoque do N (Tabela 4), foram inferiores aos observados por Oliveira et al. (2010) avaliando a extração de nutrientes do sorgo, no qual a quantidade de N extraído pelo sorgo-sudão e o sorgo forrageiro foram de 216,9 e 204,1 kg/ha, respectivamente. Como não houve alteração no estoque do N em função da lâmina de água e da matéria orgânica, pressupõe-se a existência de um mecanismo que realiza a manutenção do N na planta corroborando com Cruz et al. (2006) ao avaliar o efeito da salinidade no maracujazeiro-amarelo, sugerindo que a manutenção da absorção do N pode ter contribuído para minimizar o efeito da salinidade sobre a planta.

As variações no estoque do P em ambos nos ciclos (Tabela 4), foram inversas para os efeitos isolados da lâmina de água e matéria orgânica, ou seja, quando apresentou aumento em função da lâmina de água diminuiu em detrimento da matéria orgânica (Figura 5). Essa dinâmica deve-se, provavelmente, em razão dos efeitos de força iônica, que reduzem a atividade do fosfato na solução do solo, a elevada adsorção do fosfato e a diminuição da solubilidade desse mineral, em virtude do aumento dos níveis de Na e de Cl no solo (CARMO et al., 2011).

O estoque do K (Tabela 4), mostrou uma redução em função da lâmina de água, isso se deve ao antagonismo do K com o Na (FERNANDES et al. 2002). Mas para o efeito da matéria orgânica é observado um aumento (Figura 6), que pode estar relacionado com sua melhor nutrição potássica, neste experimento oriunda, possivelmente, do esterco bovino (VASILAKOGLU et al., 2011; CEKSTERE; KARLSONS; GRAUDA, 2015). A concentração de K no citoplasma maior que a de Na pode ser um fator que contribui para a tolerância das plantas à salinidade (MUNNS & TESTER, 2008). Além disso, em solos salinos a fração disponível de potássio (K) pode aumentar através do aumento da CTC ligado ao teor de matéria orgânica (DIACOMO & MONTEMURRO, 2015).

Com relação ao estoque do Ca, não apresentou diferença entre os tratamentos em ambos os ciclos (Tabela 4). Niu et al. (2012) avaliando diferentes genótipos de sorgo submetidos a salinidade constataram que houve incremento de cloro e decréscimo de cálcio e magnésio nas plantas. Tem-se verificado que a maior acumulação de Ca pode contribuir na tolerância ao estresse salino, devido ao seu papel na manutenção da integridade das membranas, haja vista a

importância da seletividade das membranas nos processos de absorção e compartimentação iônica (AZEVEDO NETO & TABOSA, 2000). Zhou e Ma (2012) estudando o efeito da suplementação de cálcio em sorgo sob condições salinas concluíram que sua aplicação reduziu os efeitos deletérios dos sais.

Os valores de estoque do Mg apesar de não apresentarem diferença entre os tratamentos (Tabela 4), mostraram um aumento, à medida que os níveis salino da lâmina de água aumentava no 2º ciclo. De acordo com Coelho et al (2014) observou decréscimos de magnésio quando houve um aumento na salinidade, diferindo dos resultados apresentados neste estudo. Além do seu antagonismo com o K, concentrações elevadas de magnésio disponível podem levar a uma deficiência induzida de potássio. Os autores afirmam, todavia, que concentrações muito baixas de Mg disponível podem sofrer inibição pelo potássio, o que evidencia a existência de uma forte competição iônica entre os dois elementos. O magnésio além de exercer papel na atividade como cofator em quase todas as enzimas do metabolismo energético e na molécula de clorofila, este íon é requerido para a integridade dos ribossomos e contribui efetivamente para a estabilidade estrutural dos ácidos nucléicos e membranas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O estoque do Na mostrou semelhança ao comportamento observado pelo Ca e Mg (Tabela 4), não havendo diferença entre os tratamentos. Tavakkoli et al. (2012) afirmam que os mecanismos desenvolvidos para minimizar os efeitos tóxicos de Na^+ sobre as plantas são os que mais contribuem no grau de tolerância à salinidade; que envolvem o controle na absorção desse íon, seu bloqueio no carregamento do xilema, extrusão a partir da raiz e compartimentação intracelular de Na^+ nos vacúolos.

O potencial forrageiro do sorgo em regiões semiáridas sob irrigação com água salina tem se destacado, apresentando-se como uma alternativa de sustentabilidade socioeconômica para o aproveitamento de água salina na irrigação. Essa premissa leva ao pressuposto que nem todas as cultivares são igualmente afetadas pelo mesmo nível de salinidade, pois algumas são mais tolerantes que outras e podem extrair água com mais facilidade. Plantas mais tolerantes ao meio salino aumentam a concentração salina no seu interior, de modo que permaneça um gradiente osmótico favorável para absorção de água pelas raízes, porém as plantas sensíveis à salinidade tendem a excluir os sais na solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico e sofrem com decréscimo de turgor, levando as plantas ao estresse hídrico, por osmose (DIAS & BLANCO, 2010).

O sorgo é uma planta que possui características xerófilas, que além da baixa exigência em termos de fertilidade do solo, apresenta tolerância aos fatores abióticos como estresse hídrico, salinidade e encharcamento (LIMA, 2013). A utilização de indicadores da eficiência

do uso de água (EUA) é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água, pois relaciona a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (LIU & STUZEL, 2004; PUPPALA et al., 2005). A eficiência do uso da água foi avaliada por meio da eficiência do uso de nutrientes (EUN), a produtividade da água da cultura (PAC) e a produtividade econômica da água (PEA), também contribuem para avaliar a capacidade da cultura em absorver nutrientes.

Analisando a eficiência de uso do nutriente (EUN), foi observado maior eficiência no tratamento com a menor quantidade de água (Tabela 5). A variação em função da lâmina de água, apresentou uma redução de aproximadamente 50% em comparação a maior aplicação de lâmina de água no 1º ciclo. Com base no comportamento dos valores obtidos, é possível observar que houve uma diminuição na extração dos nutrientes em relação ao volume de água utilizada pela cultura (Figura 7).

A eficiência do uso do nutriente tanto para o K como para o Mg, apresentaram ser maior no 1º ciclo, no qual o incremento com água salina via irrigação foi menor, uma vez que nesse período a quantidade de água via precipitação foi maior que no 2º ciclo, já o inverso ocorre para o Na, com maior eficiência no 2º ciclo, o qual justifica pela quantidade de água salina utilizada no período. O aumento da absorção do Mg pela planta está relacionado à concentração dos elementos Ca e K na solução do solo, podendo ele promover o aumento da produtividade das culturas (FRIZZONE et al., 2005). Lacerda et al. (2010) afirmam que as respostas à adubação tendem normalmente a serem verificadas em ambiente não salinos, já que elevados níveis de nutrientes em meios salinos e a manutenção da absorção poderiam levar ao acúmulo do nutriente nos tecidos, em consequência de um efeito de concentração, resultando em uma falta de ajuste entre a aquisição e a assimilação de um determinado nutriente, acarretando toxidez e intensificando os efeitos deletérios causados pela salinidade.

Observando a EUN para o K e Na, foi mostrado uma relação antagônica entre os nutrientes, e reconhecendo à importância do Na^+ para as plantas de metabolismo fotossintético C4, sendo citado por Taiz e Zeiger (2004) como um micronutriente para elas, no entanto tem-se verificado que, altas concentrações, o Na^+ diminuem a absorção do K^+ (WILLADINO et al., 1999).

Para os valores de PAC (Tabela 6) à medida que se aumenta o volume de água salina, diminui a capacidade de conversão da água utilizada em biomassa da cultura, tanto com base na matéria verde como na matéria seca em ambos os ciclos. No ciclo 2, o volume de água teve influência para PAC tanto com base na matéria verde como na matéria seca (Figura 8), que pode

ser explicado pelo fato da menor quantidade de água via irrigação, uma vez que no 1º ciclo a água via precipitação foi 138,4mm contra 2mm no 2º ciclo. Com base na matéria verde os valores para PAc foram em média superiores ao observados por Silva et al (2011) para a cana-de-açúcar (espécie C4) irrigada no Semiárido, que obtiveram 53,6 kg MV/ha/mm, considerando os valores de rendimento industrial de colmos.

Na avaliação da PEA, em ambos os ciclos, o tratamento da lâmina de água com evapotranspiração de 25% (ETo25%) combinado com as doses de matéria orgânica (MO) apresentaram melhores retorno econômico por unidade de água utilizada pela cultura. No ciclo 1 a ETo25%M45 mostrou um retorno de 18,59 R\$/ha/mm e no ciclo 2 de 15,98 R\$/ha/mm (Tabelas 7 e 8), respectivamente.

Apesar do retorno econômico diminuir à medida que aumenta a utilização de água salina, o inverso ocorre com a produção de matéria verde (Tabelas 7 e 8), possibilitando o uso do sorgo cultivado em sistema biossalino. A exemplo da produção obtida pelo tratamento ETo100%M45 no 1º ciclo produzindo 53,91 t/ha de matéria verde, o qual torna possível alimenta 39,93 UA bovina (considerando 1 UA=450kg) por 30 dias.

5. CONCLUSÕES

- 1 – A aplicação de água salina diminuiu a concentração do N e aumentou a concentração do Mg. Para o estoque a irrigação com água salina aumentou a concentração do P e a matéria orgânica aumentou o estoque do K no tecido vegetal do sorgo em sistema biossalino ciclo 2.
- 2 - Os indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente foram mais eficazes com a lâmina de água de menor volume a ETo25%. Para a produtividade econômica da água, o retorno financeiro a cada m³ de água foi mais expressivo nas combinações das lâminas de água com dose de 45t/ha em ambos os ciclos do sorgo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J.F.T. et al. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.41, p.621-629, 2011.

AOAC (Association of official analytical chemists). **Official methods of analysis**. 15ed.Washington. AOAC. 1990.

ARAYA, A. et al. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.). **Agricultural Water Management**, n.98, p.775-783, 2011.

ARSHAD, M. et al. Effect of calcium on the salt tolerance of different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. **Pak. J. Agri. Sci**, v.49, n.4, p.497-504. 2012.

AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.2, p.165-171, 2000.

CARMO, G. A. et al. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.5, p.512-518, 2011.

CEKSTERE, G.; KARLSONS, A.; GRAUDA, D. Salinity-induced responses and resistance in *Trifolium repens* L. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.14, p.225-236. 2015.

ÇIMRIN, K. M. et al. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 36, p. 5845-5851, 2010.

COELHO, D. S. et al. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.25-30, 2014.

COELHO, D.S. **Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológico de genótipos de sorgo forrageiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus, Juazeiro, 2013.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; COELHO, E.F.; CALDAS, R.C.; ALMEIDA, A.Q. QUEIROZ J.R. 2006. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, 65, 275-284.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p.

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Effectiveness of Organic Wastes as Fertilizers and Amendments in Salt-Affected Soils. **Agriculture**, v 5, p. 221-230, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, p353, 2013.

FEITOSA, S. O. et al. Crescimento do feijão caupi irrigado com efluente tratado e água salina sob diferentes concentrações. **Agropecuária Técnica**, v.36, n.1, p.146-155, 2015.

FERNANDES, A.R., CARVALHO, J.G., CURI, N., PINTO, J.E.B.P., GUIMARÃES, P.T.G. 2002. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37, 1613-1619.

FERREIRA, P.A. et al. Produção relativa do milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FRIZZONE, J.A.; CARDOSO, S.S.; REZENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.707-717, 2005.

- GEERTS, S.; RAES, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1275-1284, 2009.
- GUIMARÃES, M.J.M. et al. Biometrics and grain yield of sorghum varieties irrigated with salt water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.4, p.285-290. 2019.
- GONÇALVES, I. V. C. et al. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p.589-596. 2011.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados agrometeorológicos**.2017.
- LACERDA, C. F. *et al.* Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza, CE, parte II, cap 17, p. 302-317. 2010.
- LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo de sorgo: Clima**. Sistema de Produção, 2, 6 eds., 2010. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <
http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/clima.htm> Acessado em: 07 nov 2019.
- LIMA, J.G.A. **Necessidades hídricas do Sorgo de pura aptidão sob condições irrigadas na chapada do Apodi**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Campus, Mossoró, 2013.
- LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, v.12, n.1, p.15-27,2004.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Rev. Plant Biol.**, v.59, p.651-8, 2008.
- NIU, G. H. *et al.* Growth and Physiological Responses of Maize and Sorghum Genotypes to Salt Stress. **ISRN Agronomy**, Article ID 145072, p.12, 2012.
- OLIVEIRA, L.B.A. et al. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2604-2610, 2010.
- PEREIRA, R. G. *et al.* Rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.3, p.285-299, 2014.
- PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 408p.
- PUPPALA, N.; FOWLER, J.L.; JONES, T.L.; GUTSCHICK, V.; MURRAY, L. Evapotranspiration, yield, and water-use efficiency responses of *Lesquerella fendleri* at different growth stages. **Industrial Crops and Products**, v.21, p.33-47, 2005.
- REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F.; SOUSA, R. K.; BRONDANI, G. E.; ARAUJO, M. A.; SILVA, A. L. L. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 4, p. 37-42, 2011.
- RICHARDS, L. A. (ed.). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory., 1954. 160p. USDA. Agriculture Handbook, 60
- SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**. Procedure guide for personal computers.Cary, 2002.

SILVA, J. S. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos de dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos à salinidade**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2003.

SILVA, T.G.F.; MOURA, M.S.B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J.M.; VIEIRA, V.J.S.; FARIAS JÚNIOR, W.G. Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.1257- 1265, 2011.

SOUSA, C.H.C. *et al.* G. Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p 29-36, 2010.

SOUSA, R.A. **Desenvolvimento do sorgo cv. BRS ponta negra irrigado com água salobra e submetido a diferentes doses de esterco bovino e biofertilizantes**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Campus, Fortaleza, 2015.

SUN, Y. *et al.* Variability in Salt Tolerance of *Sorghum bicolor* L. **Agricultural Science**, v.2, n.1, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2004. 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 848p.

TAVAKKOLI, E. PAULL, J., RENGASAMU, P., MCDONALD, G.K. 2012. Comparing genotypic variation in faba bean (*Vicia faba* L.) in response to salinity in hydroponic and field experiments. *Field Crops Research* 127, 99-108.

TRINDADE, A. R. *et al.* Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, p.804-810, 2006.

VASILAKOGLU, I. *et al.* Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. **Field Crops Research**, v.120, p.38-46. 2011.

WILLADINO, L.; MARTINS, M.H.B.; CAMARA, T.R.; ANDRADE, G.; ALVES, G.D. Resposta de genótipos de milho ao estresse salino em condições hidropônicas. *Scientia Agrícola*, 56 (4):1209-1213. 1999.

ZHOU, G.; MA, B. L. Calcium addition affects germination and early seedling growth of sweet sorghum under saline conditions. **Agricultural Science & Technology**, v.13, n.12, p.2538-2543, 2012.

CAPÍTULO IV

**Perfil mineral e indicadores de eficiência da água e nutrientes do Milheto (ADR 300)
produzido em sistemas biossalinos**

Perfil mineral e indicadores de eficiência da água e nutrientes do Milheto (ADR 300) produzido em sistemas bioassalinos

RESUMO

Objetivou-se avaliar a composição e estoque dos minerais, e os indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes do milheto ADR 300 (*Pennisetum glaucum* (L.)) cultivado em sistema bioassalino, com diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com quatro tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 4 e três repetições, em dois ciclos. O primeiro fator foi constituído de quatro lâminas de irrigação: 25%; 50%; 75%; e 100%ETo, em que ETo% é a evapotranspiração de referência calculada, que adicionados à precipitação pluviométrica resultou em 188,10 mm (49,67+138,4), 220,20 mm (81,80 +138,4), 252,40 mm (114 +138,4) e 284,40 (146+138,4), no 1º ciclo; 41,60 mm (40,30+1,3), 81,60 mm (80,60+1,3), 122,20 mm (120,90+1,3) e 162,50 (161,20+1,3), no 2º ciclo; e o segundo fator foi composto de quatro níveis de matéria orgânica (MO): 0, 15, 30, e 45 t/ha (esterco bovino curtido). O perfil e os indicadores de eficiência do uso da água analisados (composição, estoque, eficiência do uso do nutriente, produtividade de água da cultura e a produtividade econômica da água) do milheto foram afetadas pelas ETo%, e pela interação entre a lâmina de água e matéria orgânica ($P < 0,05$). Na observação isolada da matéria orgânica, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para as variáveis. A aplicação de água salina no cultivo do milheto contribuiu para o incremento o acúmulo de sais e proporcionou uma variação na produção de matéria verde. O uso do esterco bovino como fonte de matéria orgânica não contribuiu para minimizar os efeitos negativos da salinidade para a cultura do milheto em ambos os ciclos. Assim, os efeitos negativos do uso de água salina para a irrigação do milheto, foi pouco expressiva, que pode ser conferida pela tolerância da cultura ao estresse salino, tanto para a composição e estoque mineral quanto para os indicadores de eficiência da água. O uso de sistemas bioassalinos para o perfil mineral do milheto, apresentou efeito deletério, mas a aplicação da matéria orgânica contribuiu para manutenção da produção de matéria verde. Os indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente foi mais eficaz com a lâmina de água de menor volume, ou seja, com menor disponibilidade de água salina. Para a produtividade econômica da água, o retorno financeiro a cada m³ de água foi maior nas combinações das lâminas de água com a dose de 0t/ha no ciclo 1 e com 45t/ha no ciclo 2.

Palavras-chave: lâmina de irrigação; matéria orgânica; retorno econômico

Mineral profile and water and nutrient efficiency indicators of Millet (ADR 300) produced in biosalin systems

ABSTRACT

The objective was to evaluate the composition and stock of minerals, and the efficiency indicators for the use of water and nutrients in the millet ADR 300 (*Pennisetum glaucum* (L.)) grown in a biosalin system, with different irrigation depths and doses of organic matter. The experiment was designed in randomized blocks with four treatments arranged in a 4 x 4 factorial scheme and three replications, in two cycles. The first factor was made up of four irrigation depths: 25%; 50%; 75%; and 100% ETo, where ETo% is the calculated reference evapotranspiration, which added to rainfall resulted in 188.10 mm (49.67 + 138.4), 220.20 mm (81.80 + 138.4), 252.40 mm (114 + 138.4) and 284.40 (146 + 138.4), in the 1st cycle; 41.60mm (40.30+1.3), 81.60mm (80.60+1.3), 122.20mm (120.90+1.3) and 162.50 (161.20+ 1.3), in the 2nd cycle; and the second factor was composed of four levels of organic matter (OM): 0, 15, 30, and 45 t / ha (tanned manure). The profile and indicators of water use efficiency analyzed (composition, stock, efficiency of nutrient use, crop water productivity and economic water productivity) of millet were affected by ETo%, and by the interaction between the water and organic matter ($P < 0.05$). In the isolated observation of organic matter, there was no significant effect ($P > 0.05$) for the variables. The application of saline water in the cultivation of millet contributed to the increment of salt accumulation and provided a variation in the production of green matter. The use of bovine manure as a source of organic matter did not contribute to minimize the negative effects of salinity for the culture of millet in both cycles. Thus, the negative effects of using saline water for millet irrigation was not very significant, which can be seen in the culture's tolerance to salt stress, both for the composition and mineral stock and for the water efficiency indicators. The use of biosalin systems for the mineral profile of millet had a deleterious effect, but the application of organic matter contributed to maintaining the production of green matter. The efficiency indicators for the use of water and nutrient were more effective with the lower volume of water, that is, with less saline water availability. For the economic productivity of water, the financial return for each m³ of water was greater in the combinations of water depths with a dose of 0t/ha in cycle 1 and with 45t/ha in cycle 2.

Keywords: irrigation blade; organic matter; economic return

1. INTRODUÇÃO

Os cultivares de milho vem se destacando entre as várias espécies forrageiras que podem ser utilizadas pelos produtores, o mesmo vem sendo explorado como alternativa para o período de escassez de alimento, por apresentar características agronômicas de maior resistência à seca, adaptação a solos de baixa fertilidade, crescimento rápido e boa produção de massa (AMARAL et al., 2008). Além do desenvolvimento satisfatórios, irrigado com água salina (OLIVEIRA, 2018). Segundo Costa et al. (2011) o milho aos 35 dias após a semeadura pode atingir rendimento médio entre 7 a 10 t/ha de matéria seca, dependendo da cultivar, situações climáticas e fertilidade do solo, consegue alcançar até 20 t/ha de matéria seca.

Segundo Silva et al. (2014) o uso de água salina quando respeitado alguns fatores, tais como: um manejo adequado do solo, rotação de culturas e a mistura de águas de diferentes concentrações de sais, contribui para redução dos impactos nas propriedades físicas e químicas do solo e evitar o estresse salino promovido pelo efeito tóxico aos vegetais. As relações iônicas que afetam a disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes, são complexas, mesmo na ausência de salinidade e de outros estresses (NEVES et al., 2009). No entanto, o entendimento do comportamento do milho frente as problemáticas, do uso da água de baixa qualidade e/ou déficit hídrico pode sinalizar uma alternativa para a produção de biomassa forrageira com maior eficiência no uso da água (ALMEIDA, 2017).

Como forma de minimizar os efeitos da salinidade, o uso de biofertilizantes se torna uma alternativa eficaz e de baixo custo. No entanto apesar do conhecimento sobre as alterações físico-químicas no solo (GONÇALVES et al., 2011) e da importância do uso de água de qualidade inferior entre os pequenos produtores (FEITOSA et al., 2015) ainda são escassos estudos que viabilizem a aplicação de adubos orgânicos, especialmente o esterco bovino sólido, como amenizadores do efeito da salinidade da água de irrigação sobre o milho, com ênfase na aplicação de uma dose ideal.

Portanto, o uso de água salina se torna uma alternativa que contribui para ao aumento da produtividade do milho, com isso o presente trabalho objetivou avaliar a composição e estoque e os indicadores de eficiência do uso da água e nutrientes do milho (ADR 300) cultivado em sistema bioassalino, com diferentes lâminas de irrigação e doses de matéria orgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Instalação e condução do experimento

O experimento foi realizado na Área de Prospecção e Estudos em Agricultura Biossalina do Campo Experimental Caatinga, pertencente à Embrapa Semiárido, em Petrolina - PE, na região do Submédio São Francisco (latitude 9° 8' 8,9" S, longitude 40° 18' 33,6" O, altitude 373m). O clima da região é classificado, segundo Köppen, como semiárido do tipo BShw'. As chuvas concentram-se entre os meses de novembro e abril, com precipitação média anual em torno de 400 mm, irregularmente distribuída. Durante o período do estudo (março a junho de 2018) a umidade relativa do ar média foi de 62,47 e a temperatura média de 25,62°C, com evapotranspiração na média de 4,10 mm (EMBRAPA, 2018).

Os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) foram determinados usando a equação original de Penman-Monteith. Os dados agrometeorológicos necessários para a determinação de ET_o foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

O estudo foi conduzido em um Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013) situado em um relevo plano, apresentando textura média (Tabela 1). A irrigação foi realizada três vezes por semana, de acordo com a necessidade da cultura, por gotejamento superficial por meio de tubo gotejador com emissores de vazão 1,6 L h⁻¹, diâmetro nominal (DN) de 16 mm, espaçados 0,20 m entre si.

Tabela 1. Composição química do solo da estação experimental da Caatinga

Determinação		Profundidade da camada				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
C.E	mScm ⁻¹	1,33	2,20	2,41	2,50	2,60
pH	-	4,6	5,7	5,0	4,5	4,5
C.Total	gKg ⁻¹	4,6	4,1	3,7	2,3	2,1
P	Mgdm ⁻³	6,14	1,22	0,55	1,69	0,21
K	Cmol dm ⁻³	0,23	0,16	0,15	0,11	0,08
Na	Cmol dm ⁻³	0,27	0,68	1,12	1,40	1,18
Ca	Cmol dm ⁻³	1,6	1,4	2,4	2,8	3,2
Mg	Cmol dm ⁻³	0,60	0,60	1,50	2,20	2,00
Al	Cmol dm ⁻³	0,05	0,00	0,20	0,15	0,05
H+Al	Cmol dm ⁻³	1,5	2,7	2,5	2,3	2,3
SB	Cmol dm ⁻³	2,7	2,8	5,2	6,5	6,5
CTC	Cmol dm ⁻³	4,2	5,6	7,7	8,8	8,7
V	%	64,0	50,9	67,4	74,3	74,2
Cu	Mgdm ⁻³	1,07	1,65	1,49	1,37	1,18
Fe	Mgdm ⁻³	21,4	23,0	8,5	6,0	9,5
Mn	Mgdm ⁻³	18,2	14,6	12,9	7,0	8,1

Zn	Mgdm ⁻³	4,54	3,13	2,07	2,05	2,82
----	--------------------	------	------	------	------	------

CE= condutividade elétrica do extrato de saturação; M,O,= matéria orgânica; P= fósforo disponível extraído por Mehlich-1; Ca= cálcio trocável; Mg= magnésio trocável; Na= sódio trocável; K= potássio trocável; Al: acidez trocável; CTC= capacidade de troca de cátions à pH 7,0; V=saturação por bases; pH determinado em água na proporção de 1:2,5

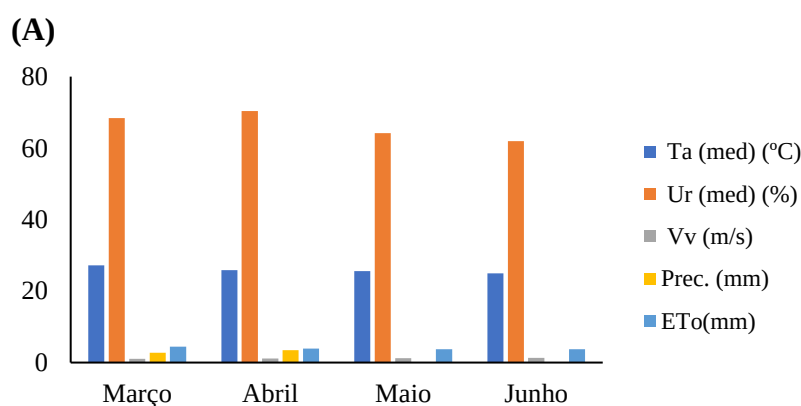
A água utilizada na irrigação foi identificada como C3S1, ou seja, com salinidade alta, teor de sódio baixo e dureza moderada (75 – 150 mg/L) baseado em carbonato de cálcio, de acordo com a classificação de Richards, (1954) (Tabela 2).

Tabela 2. Análise química da água do poço artesiano do campo experimental da caatinga

Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	pH	C.E.	Dureza	R.A.S
mmol.L ⁻¹						ds m ⁻¹	mg.L ⁻¹	
15,14	6,89	3,72	0,29	22,04	7,38	1,73	109,76	0,62

Ca=cálcio; Mg=magnésio; Na=sódio; K=potássio; Cl=cloreto; CE=condutividade elétrica; RAS=relação de adsorção de sódio.

As lâminas de irrigação foram equivalentes a 25%, 50%, 75% e 100% da ETo, o que resultou ao longo do ciclo 1 (63 DAP) os totais de lâminas de 49,67; 81,85; 114,02; 146,20 mm, respectivamente e ao longo do ciclo 2 (46 DAP) os totais de 40,29; 80,59; 120,89 e 161,18 mm (Figura 1-B).



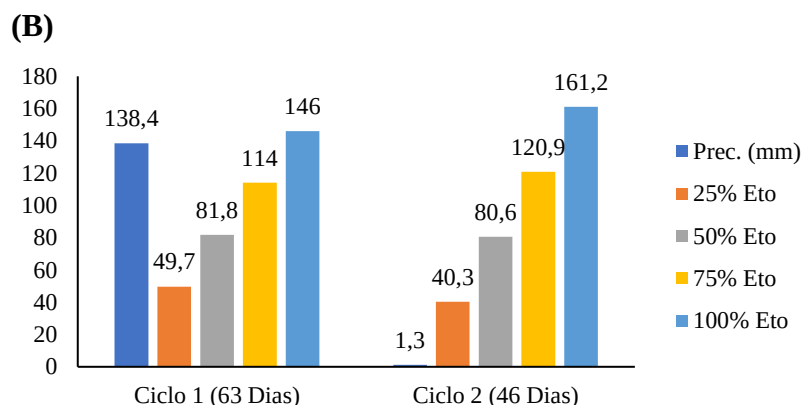


Figura 1. Dados agrometeorológicos mensais (A) e lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos em comparação à precipitação (B) durante o período experimental

O delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro tratamentos disposto em arranjo fatorial 4 x 4 e três repetições. O primeiro fator foi construído com quatro lâminas de irrigação com água salina 25%, 50%, 75% e 100% ETo, em que ETo é a evapotranspiração de referência, que adicionada a precipitação pluviométrica resultou no 1º ciclo em 188,1 mm (138,4+49,7 mm), 220,2 mm (138,4+81,8 mm), 252,4mm (138,4+114) e 284,4 mm (138,4+146 mm), para o 2º ciclo foi 41,6 mm (1,3+40,3 mm), 81,9 mm (1,3+80,6 mm), 122,2 mm (1,3+120,9 mm) e 161,2 mm (1,3+161,2 mm); e o segundo fator foi composto de quatro níveis de matéria orgânica 0 t/ha; 15 t/ha; 30 t/ha; 45 t/ha (esterco bovino curtido).

Cada subparcela experimental foi composta por 6 linhas, de 4 metros de comprimento por 3,6 metros de largura e 0,60 cm entre linhas, totalizando 48 subparcelas para cultura do milho (ADR 300). A semeadura da cultura utilizada foi realizada em fevereiro de 2018, em sulcos, com média de 50 sementes/m linear, a uma profundidade de aproximadamente 1,0 cm. Aos 15 dias de emergência (DAE) foi realizado o desbaste, visando obter 15 plantas/m linear. Os tratamentos culturais e as aplicações de defensivos agrícolas obedeceram às necessidades da cultura.

2.2 Variáveis avaliadas

Os dados de composição mineral, estoque dos minerais, eficiência do uso do nutriente, produtividade de água da cultura e produtividade econômica da água foram obtidos no ciclo 1 (63 dias) e no ciclo 2 (46 dias). Para os dados de composição e produtividade no 1º e 2º ciclo, foi avaliada quatro plantas de cada subparcela, no qual foram amostradas e pesadas em balança de precisão para obtenção do peso fresco. A produção de matéria verde (PMV) por hectare foi obtida pelo produto entre a produção por metro linear cultivado e o total de metros lineares cultivados por hectare. De acordo com a equação ($PMV \times (\%MS)$), obteve-se a produtividade

de matéria seca (PMS, t/ha). Para a quantificação da composição mineral foi usada a equação $(MS \times Nu/MS)$, onde MS é matéria seca, Nu é a quantidade do nutriente da amostra (P, K, Ca, Mg e Na), no entanto, para a obtenção da composição do N, foi obtido a partir da proteína bruta, onde a mesma foi multiplicada pelo fator 6,25 (a proteína verdadeira contém 16% de nitrogênio). A equação $(RMS \times [Nu]/100)$ foi utilizada para a obtenção da produtividade dos minerais com base na MS, onde RMS é o rendimento da matéria seca, [Nu] é a concentração do nutriente na amostra analisada (N, P, K, Ca, Mg e Na). A eficiência do uso da água foi avaliada por meio da eficiência do uso de nutrientes ($EUN_{(w)}$, mg/ha/mm), produtividade da água da cultura (PAC, kg/ha/mm) e produtividade econômica da água (PEA, R\$/m³). Os cálculos foram realizados assumindo-se os dados de biomassa, concentração de nutrientes, precipitação + irrigação (P+I) para todo o ciclo produtivo.

A eficiência do uso de nutriente ($EUN_{(w)}$), foi adaptada da literatura, que assume a habilidade da planta absorver os nutrientes da solução do solo (AMARAL et al., 2011). É calculada com base na lâmina de água recebida (P+I mm) pela cultura. Esse indicador foi obtido para todos os minerais, considerando sua concentração na planta ([Nu]) e a biomassa acumulada (Y), de modo a se estabelecer a capacidade de absorção de um determinado nutriente da solução do solo em relação à quantidade de água utilizada pela cultura ou recebida pelo sistema de produção. Assim, tem-se que:

$$EUN_{(w)} = \frac{Y ([Nu])}{\sum(P + I)}$$

Onde:

$EUN_{(w)}$ é expressa em g/ha/mm ou mg/ha/mm;

W se refere ao nutriente em análise (N, P, K, Ca, Mg e Na);

Y é o rendimento da cultura, em kg/ha;

[Nu] concentração do nutriente na amostra analisada, dada em g/ha;

P é a precipitação pluviométrica (mm);

I é a lâmina de água através da irrigação (mm).

A PAC, que se refere à capacidade de água utilizada ou recebida pela cultura em converter fotossimilados em biomassa total acumulada, foi determinada para o milho em condição de sequeiro. Para isso, foi considerada a relação entre o rendimento e a lâmina de água recebida

(precipitação + irrigação) pela cultura ao longo do tempo (GEERTS & RAES, 2009). Utilizando o seguinte modelo matemático:

$$PAc = \frac{Y}{\Sigma(P + I)}$$

Onde:

PAc é expressa em kg/ha/mm;

Y é o rendimento da cultura na base verde e seca (kg/ha);

P é a precipitação pluviométrica (mm);

I é a lâmina de água através da irrigação (mm).

A produtividade econômica da água (PEA) foi calculada com base no ganho econômico (GE) por unidade de área, o que permite conhecer qual foi o retorno econômico de cada unidade de água utilizada pela cultura ou recebida pelo sistema de plantio. Assim, utilizou-se (ARAYA et al., 2011).

$$PEA = \frac{GE}{\Sigma(P + I)}$$

Onde:

GE é o ganho econômico por unidade de área, em R\$/ha, que considerou o valor pago por tonelada do milheto;

P é a precipitação pluviométrica (mm);

I é a lâmina de água através da irrigação (mm).

As amostras após pesagem inicial foram submetidas ao processo de secagem em estufa a 65°C durante 72 horas, e posteriormente pesadas para obtenção dos valores referentes a matéria seca. Em seguida, os valores obtidos de biomassa fresca e de biomassa seca foram expressos em megagramas por hectare (t/ha).

As amostras após a secagem foram moídas e acondicionadas em potes plásticos com tampa; essas foram usadas para a obtenção da composição bromatológica e para determinação dos minerais, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica com o método Kjeldahl para obtenção do N; digestão úmida com ácido nítrico-perclórico (AOAC 1990; Método 935.13) para estimar P, K, Ca, Mg e Na. O Ca e o Mg foram determinados após a adição de lantânio, e as leituras foram realizadas por espectrometria de absorção atômica (AOAC 1990) usando um

espectrofotômetro GBC Savant AA (Scientific Equipment, Braeside, Victoria, Austrália), lâmpadas catódicas ocas (442,7 nm para Ca e 285,2 nm para Mg) e chama de acetileno-ar. P foi determinado colorimetricamente (Harris e Popat, 1954) usando reagente vanadato-molibdato (AOAC 1990).

2.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados por data de amostragem (ciclo 1 e ciclo 2), submetidos à análise de variância e quando houve efeito isolado dos fatores lâminas de água e doses de matéria orgânica foi realizado análise de regressão, utilizando-se como aproximação do grau de ajustamento aos modelos linear e quadrático, utilizando-se o pacote estatístico SAS 9.0 (2002).

Para o delineamento em bloco ao acaso foi utilizado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = observação de cada variável relativa ao j-ésimo nível de matéria orgânica, do i-ésimo lâmina de água;

μ = média da população;

t_i = efeito do i-ésimo tratamento; i = quatro níveis de lâmina (188,10; 220,20; 252,40; 284,40 mm no ciclo 1, e 41,60; 81,60; 122,20 e 162,50 mm no ciclo 2);

b_j = efeito do j-ésimo bloco; j = quatro níveis de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t ha⁻¹);

e_{ij} = efeito aleatório relativo ao j-ésimo bloco, do i-ésimo tratamento.

Para as equações de regressão (linear e quadrática) foram utilizados os seguintes modelos matemáticos:

Modelo linear:

$$Y = a + bx$$

Onde:

a = constante de regressão;

b = coeficiente angular;

x = variável independente.

Modelo polinomial do 2º grau:

$$Y=a+bx+cx^2$$

Onde:

a = constante de regressão;

b = parâmetro a ser estimado;

c = parâmetro a ser estimado;

x = variável independente.

Os dados foram transformados, com intuito de torná-los mais homogêneos para aplicação do teste. Comparações entre as médias foram realizadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. A escolha das equações de regressão teve como base o coeficiente de determinação e a significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, adotando-se $\alpha = 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1 Perfil mineral do milho (ADR 300)

Para o efeito isolado da lâmina de água (ETo%), matéria orgânica (MO) e a interação LA*MO no ciclo 1, houve efeito estatístico ($P<0,05$) para o fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na). Os demais nutrientes, nitrogênio (N) e potássio (K) não apresentaram significância ($P>0,05$) para nenhuma das fontes de variação (Tabela 3).

Para o 2º ciclo houve efeito significativo ($P<0,05$) em função da lâmina de água observado isoladamente para o nitrogênio (N), fósforo (P), magnésio (Mg) e sódio (Na), já para a matéria orgânica e a interação LA*MO houve efeito significativo ($P<0,05$) para os minerais potássio (K), magnésio (Mg) e sódio (Na) (Tabela 3).

Tabela 3. Teores médios da composição mineral do milho, expressa em g/kg em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas biossalinos

Variáveis	CICLO 1												
	Lâminas de água (%ETo)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	25	50	75	100		0	15	30	45		LA	MO	LAXMO
N	1,75	1,82	1,65	1,64	0,04	1,66	1,83	1,71	1,66	0,04	0,15	0,18	0,96
P	4,67	3,72	3,67	2,83	0,10	4,08	3,65	3,36	3,81	0,13	0,00	0,00	0,00
K	38,14	38,27	35,95	39,52	0,15	36,91	37,12	36,59	41,27	0,15	0,34	0,07	0,05
Ca	8,37	8,96	8,10	7,21	0,14	7,94	8,46	8,25	8,00	0,15	0,00	0,66	0,00
Mg	3,43	3,67	3,41	3,52	0,07	3,32	3,29	3,64	3,78	0,08	0,20	0,09	0,00
Na	0,22	0,21	0,20	0,20	0,04	0,22	0,18	0,22	0,21	0,03	0,53	0,00	0,00
CICLO 2													
N	2,63	2,62	2,51	2,41	0,05	2,49	2,61	2,51	2,61	0,06	0,00	0,65	0,15
P	4,02	4,28	4,53	4,76	0,04	4,35	4,37	4,49	4,39	0,05	0,00	0,81	0,50
K	16,51	18,26	17,64	25,27	0,15	17,86	15,15	23,33	21,33	0,20	0,18	0,00	0,00
Ca	4,81	4,58	4,15	4,64	0,08	4,74	3,96	4,68	4,79	0,09	0,15	0,26	0,05
Mg	3,56	3,16	3,19	3,00	0,07	3,66	2,78	3,19	3,27	0,07	0,01	0,00	0,00
Na	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey 5%

No 2º ciclo foram observados um ajuste linear decrescente para o N e linear crescente para o P em função da lâmina de água recebida, já para os demais nutrientes não houve ajuste aos modelos de regressão (Figura 2).

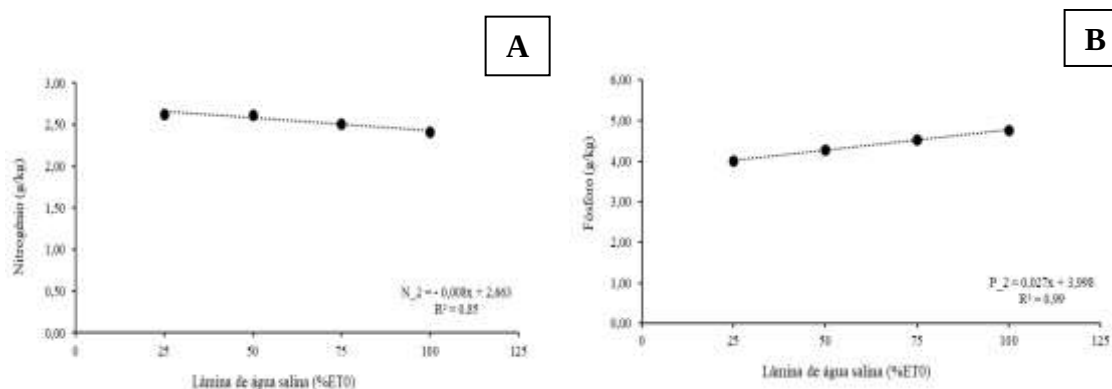


Figura 2. Concentração do nitrogênio (A) e fósforo (B) do milho submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 2º ciclo

Para os minerais que tiveram influência dos tratamentos isoladamente e sua interação, foram priorizados os resultados da interação. A interação entre a lâmina de água e matéria orgânica apresentou efeito na deposição do P, Ca, Mg e Na ($P < 0,05$) no 1º ciclo (Figura 3). O P mostrou comportamento crescente para os tratamentos ETo%25 e ETo50%, uma vez que as concentrações do P aumentam na proporção que se eleva os níveis de matéria orgânica, já para os tratamentos ETo75% e ETo100% ocorreu o inverso, ou seja, os teores de P diminuiu com o incremento da matéria orgânica. Para os teores Ca no tratamento ETo25% combinado com 15t/ha de matéria orgânica mostrou uma maior concentração, já para os tratamentos ETo50% e ETo75% com o incremento dos diferentes níveis de matéria orgânica, apresentou pouca variação, no entanto para ETo100% o Ca apresentou maior concentração com o nível de matéria orgânica 45t/ha.

Na associação de ETo25%M15 a concentração do Mg foi maior, diminuindo à medida que aumentava os níveis de matéria orgânica, no tratamento ETo50% a maior concentração foi observada com o nível de 0t/ha de matéria orgânica, já os tratamentos ETo75% e ETo100% os teores de Mg mostraram uma tendência crescente à medida que aumentava as doses de matéria orgânica. Para os teores de Na, o tratamento ETo25% associada a MO com 30t/ha, mostrou maior teor de Na, nos tratamentos ETo50% e ETo75% a concentração de Na aumentou na proporção que foram elevados os níveis de MO e para ETo100% quando associada a MO 45t/ha, o Na mostrou maior concentração (Figura 3).

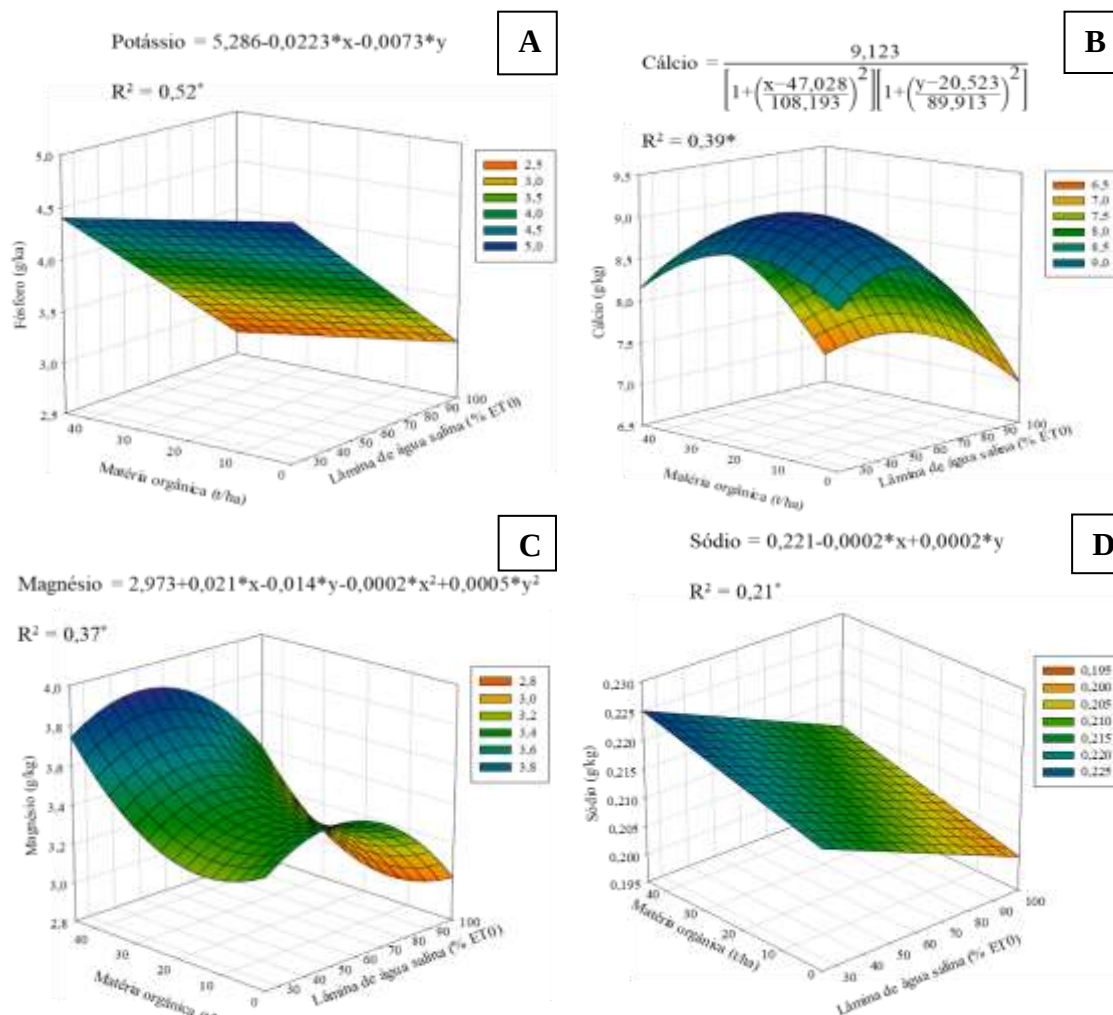


Figura 3. Teores médios do fósforo (A), cálcio (B), magnésio (C) e sódio (D) em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% – 188,10mm, ETo50% – 220,20mm, ETo75% – 252mm e ETo%100 – 284,40mm e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) do milho no 1º ciclo sob sistema de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE.

No 2º ciclo o K, Mg e Na mostraram efeito em função da interação entre lâmina de água e matéria orgânica (Figura 4). Os teores de K no tratamento ETo25% associado aos níveis de MO, apresentou pouca variação, já para o tratamento ETo50% quando associados aos níveis de 15 e 30 t/ha de matéria orgânica apresentaram maiores concentrações e no tratamento ETo100% as concentrações foram maiores quando associadas as doses de 30 e 45 t/ha de MO. Com relação as concentrações do Mg foram observadas concentrações elevadas com os níveis de matéria orgânica 0t/ha para os tratamentos ETo25%, ETo50% e ETo75%, já para o tratamento ETo100% com o incremento dos níveis de 30 e 45 t/ha os teores de Mg foram maiores. Para o Na, o tratamento ETo25% mostrou pouca variação, para o tratamento ETo50% a concentração de Na foi maior associada a dose de 15t/ha de MO, no tratamento ETo75% associado a 45t/ha

apresentou menor concentração do Na, já para a lâmina de água ETo100% com o incremento de 15t/ha os teores de Na foram menores.

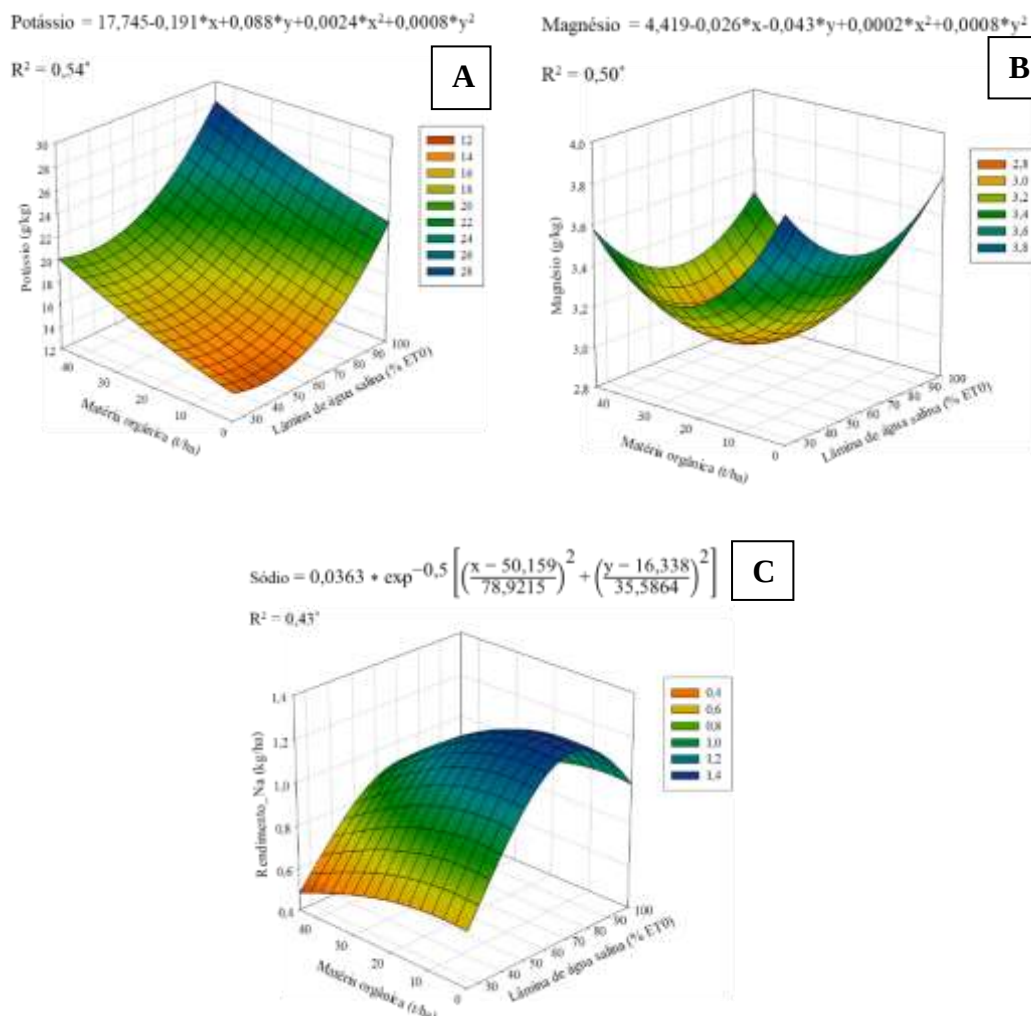


Figura 4. Teores médios do potássio (A), magnésio (B) e sódio (D) em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% – 41,60mm, ETo50% – 81,60mm, ETo75% – 122,20mm e ETo%100 – 162,50mm e doses de matéria orgânica (0 t /ha, 15 t/ha, 30 t/ha e 45 t/ha) do milho no 2º ciclo sob sistema de agricultura bioassalina, no município de Petrolina, PE

Observando o estoque dos minerais em função da lâmina de água (ETo%) no ciclo 1, não houve efeito estatístico ($P > 0,05$) para os nutrientes, o mesmo comportamento foi observado para o efeito isolado da matéria orgânica (MO) e a interação (Tabela 4).

Para o 2º ciclo houve efeito significativo ($P < 0,05$) da lâmina de água em todos os nutrientes, no entanto, para o efeito isolado da MO não teve efeito significativo ($P > 0,05$) para nenhum dos minerais, já para interação lâmina de água e matéria orgânica, houve efeito significativo ($P < 0,05$) apenas para o Na (Tabela 4).

Tabela 4. Teores médios do estoque do milheto, expressa em kg/ha em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas biossalinos

Variáveis	CICLO 1												
	Lâminas de água (%ETo)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	25	50	75	100		0	15	30	45		LA	MO	LAXMO
N	106,15	134,98	100,91	117,49	0,51	120,60	119,40	112,21	106,91	0,50	0,21	0,83	0,97
P	286,25	285,85	230,26	204,11	0,83	313,15	235,55	215,61	242,05	0,85	0,15	0,37	0,55
K	2.334,93	2.887,53	2.220,61	2.845,30	1,66	2.799,38	2.420,61	2.398,80	2.669,58	1,67	0,28	0,91	0,87
Ca	516,81	697,74	496,26	526,76	1,18	627,80	550,11	540,40	519,25	1,19	0,28	0,94	0,09
Mg	210,26	281,25	207,49	258,50	0,82	254,88	214,78	240,79	247,05	0,82	0,28	0,84	0,30
Na	13,56	15,77	12,65	14,74	0,30	16,71	11,66	14,28	14,07	0,30	0,61	0,32	0,73
	CICLO 2												
	Lâminas de água (%ETo)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	25	50	75	100		0	15	30	45		LA	MO	LAXMO
N	51,94	80,82	93,02	106,34	0,58	76,83	100,56	74,34	80,38	0,68	0,00	0,59	0,87
P	79,27	126,86	174,87	232,60	0,64	136,78	192,74	141,40	142,69	0,91	0,00	0,97	0,75
K	328,11	547,44	670,12	1.150,24	1,27	557,82	597,07	802,01	739,02	1,59	0,00	0,21	0,11
Ca	97,43	137,06	162,25	215,36	0,80	145,66	159,84	150,48	156,11	0,94	0,00	0,98	0,46
Mg	72,43	93,80	124,57	135,29	0,72	112,64	106,34	102,41	104,70	0,80	0,01	0,82	0,18
Na	0,58	1,00	1,09	0,91	0,16	1,03	0,93	0,89	0,73	0,18	0,01	0,38	0,00

N – nitrogênio; P – fósforo; K - potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey 5%

No 2º ciclo os nutrientes, a exceção do Na, apresentaram um ajuste linear crescente, ou seja, o estoque dos nutrientes foram aumentando à medida que se elevava os níveis da lâmina de água salina (Figura 5).

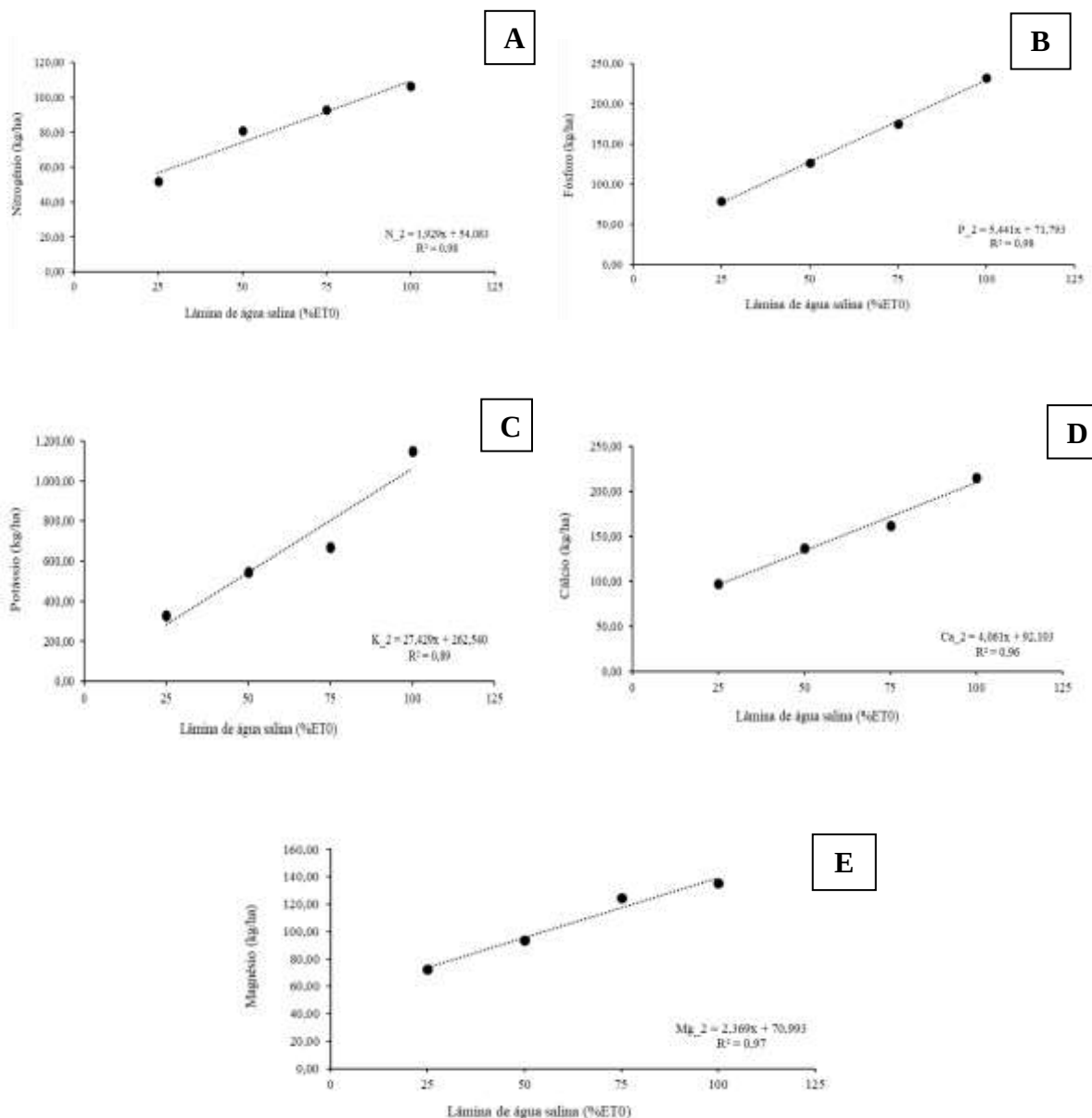


Figura 5. Estoque do nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e magnésio (E) do milho submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 2º ciclo

Para o 2º ciclo o Na mostrou efeito em função da interação lâmina de água e matéria orgânica. O estoque do Na no tratamento ETo25% associados aos níveis de MO, apresentaram semelhança, já nos tratamentos ETo50% e ETo75% quando associados aos níveis de 15 t/ha de

matéria orgânica apresentaram maiores extrações. No entanto, para ETo100% com o incremento da matéria orgânica ao nível de 15 t/ha mostrou menor estoque (Figura 6).

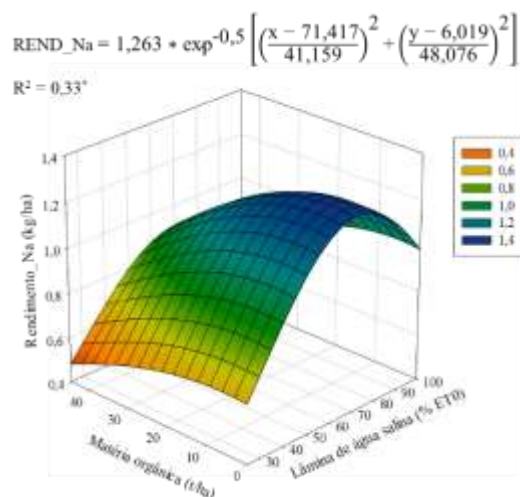


Figura 6. Teores médios de estoque do sódio em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% – 188,10mm, ETo25% – 41,60mm, ETo50% – 81,60mm, ETo75% – 122,20mm e ETo%100 – 162,50mm e doses de matéria orgânica (0 t /ha, 15 t/ha, 30 t / ha e 45 t / ha) do milho no 2º ciclo sob sistema de agricultura bioassalino, no município de Petrolina, PE.

3.2 Indicadores de eficiência do uso da água e do nutriente do milho sob sistema bioassalino

Observando a eficiência do uso do nutriente (EUN) torna possível analisar quanto de nutrientes foi extraído do solo em relação ao volume de água recebida pela cultura. No 1º ciclo, teve efeito significativo ($P < 0,05$) para N, P, Ca e Mg quando observado a influência da lâmina de água isoladamente, já na observação do efeito da matéria orgânica e da interação entre os mesmos, não houve efeito estatístico ($P > 0,05$) para nenhum dos nutrientes (Tabela 5).

Para a lâmina de água isoladamente no ciclo 2, mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) para N, Ca e Mg, com relação ao resultado isolado da matéria orgânica, não teve efeito significativo ($P > 0,05$) para nenhum dos minerais, no entanto a interação entre lâmina de água e matéria orgânica foi significativa para o Na (Tabela 5).

Tabela 5. Teores médios da eficiência do uso do nutriente (EUN, g/ha/ mm) do milho em função das lâminas de água recebidas no 1º e 2º ciclo em sistemas biossalinos

Variáveis	CICLO 1												
	Lâminas de água (%ETo)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	25	50	75	100		0	15	30	45		LA	MO	LAXMO
EUN _(N)	56,43	54,65	39,98	38,46	0,13	52,54	51,89	48,42	45,98	0,14	0,00	0,81	0,97
EUN _(P)	152,18	129,81	91,18	71,76	0,16	136,87	104,54	95,94	107,59	0,20	0,00	0,48	0,55
EUN _(K)	1.241,33	1.311,32	879,79	1.000,46	0,15	1.206,42	1.049,76	1.034,02	1.142,71	0,16	0,06	0,94	0,87
EUN _(Ca)	274,76	253,34	196,60	185,22	0,18	273,25	249,15	231,13	219,91	0,19	0,01	0,94	0,09
EUN _(Mg)	111,78	106,93	82,20	82,04	0,17	112,08	94,89	101,86	106,73	0,17	0,04	0,82	0,34
EUN _(Na)	7,21	7,16	5,01	5,18	0,14	7,25	5,09	6,28	5,94	0,15	0,05	0,33	0,72
CICLO 2													
EUN _(N)	124,85	99,04	76,12	65,43	0,16	88,48	100,73	83,31	92,93	0,20	0,00	0,65	0,88
EUN _(P)	190,57	155,46	143,10	143,14	0,17	155,00	181,55	143,99	151,73	0,18	0,13	0,75	0,81
EUN _(K)	788,74	670,89	548,38	707,84	0,20	652,68	618,81	742,27	702,09	0,21	0,12	0,61	0,11
EUN _(Ca)	234,20	167,96	132,78	132,53	0,19	185,63	162,64	153,66	165,55	0,22	0,00	0,97	0,43
EUN _(Mg)	174,11	114,95	101,94	83,26	0,19	140,67	115,25	102,88	115,46	0,23	0,00	0,67	0,15
EUN _(Na)	1,41	1,23	0,89	0,56	0,10	1,21	1,08	0,93	0,86	0,12	0,00	0,35	0,03

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Na – sódio; EPM – erro padrão da média. Tukey 5%

Analisando eficiência do uso do nutriente com base na lâmina de água do ciclo 1 e ciclo 2 houve um comportamento linear decrescente para todos os nutrientes, à medida que aumentava o volume de água salina, a quantidade do nutriente extraído do solo diminuía (Figura 7) se mostrando menos eficiente com a lâmina de água de maior volume, ou seja, houve uma maior absorção dos nutrientes com lâmina de água de menor volume para ambos os ciclos do milho. Quando contrastado os ciclos, é notória a superioridade da $EUN_{(N)}$ e $EUN_{(Mg)}$ no ciclo 2 quando comparado ao ciclo 1, apresentando serem mais eficientes na absorção do nutriente em relação ao volume de água utilizada pela cultura.

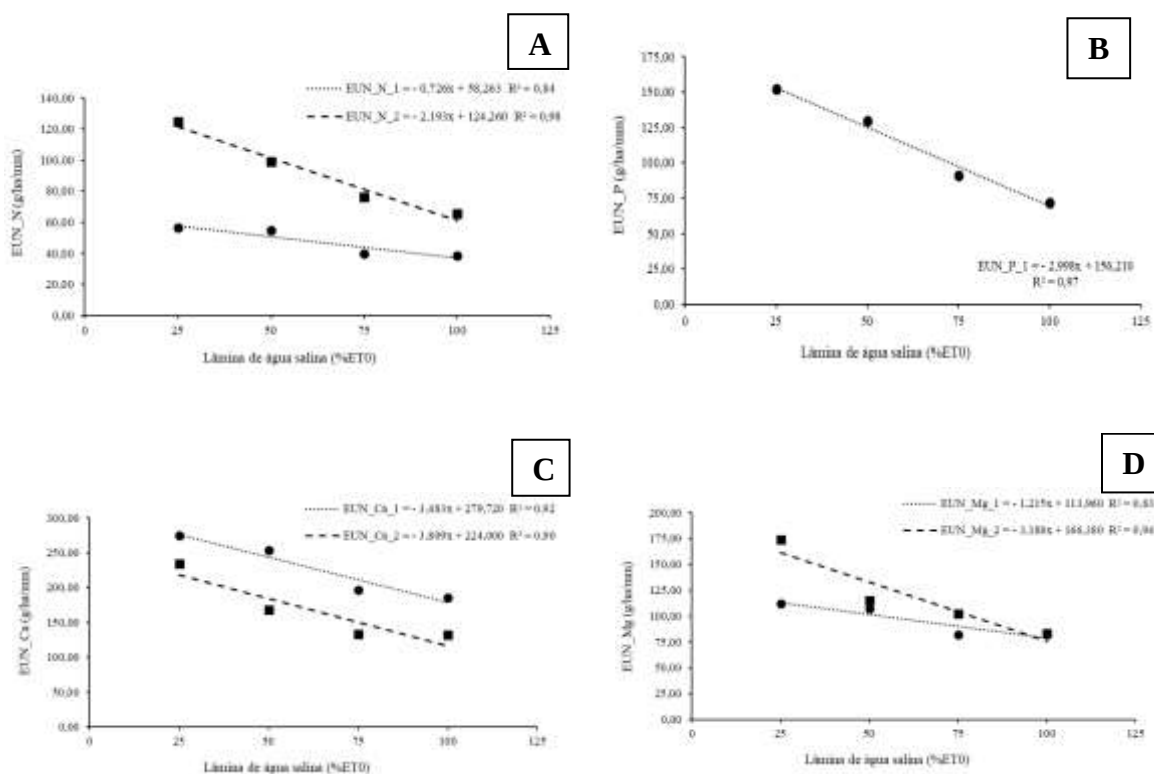


Figura 7. Eficiência do uso do nutriente do nitrogênio (A), fósforo (B), cálcio (C) e magnésio (D) do milho submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água salina no 1º e 2º ciclo.

A $EUN_{(Na)}$ teve efeito para interação entre as lâminas de água e matéria orgânica no ciclo 2, onde nas ET025%, ET050% e ET075% mostrou comportamento linear decrescente, ou seja, os tratamentos associados a maior quantidade de matéria orgânica tiveram uma menor eficiência de uso do nutriente (Figura 8), já na ET0100% ocorreu o inverso, a lâmina de água combinada com as dosagens de 30 e 45 t/ha de matéria orgânica apresentaram um melhor resultado, mostrando uma maior eficiência.

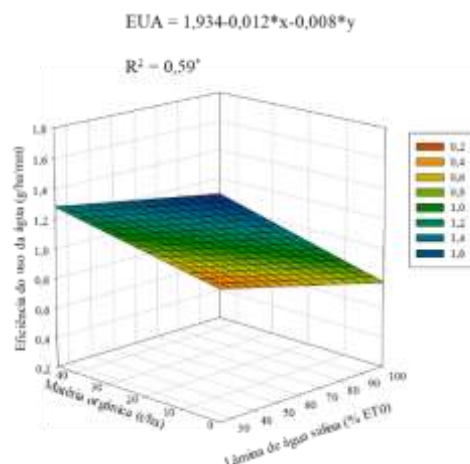


Figura 8. Teores médios da eficiência de uso do nutriente do sódio em função da interação entre as lâminas de água: ETo25% – 41,60mm, ETo50% – 81,60mm, ETo75% – 122,20mm e ETo%100 – 162,50mm e doses de matéria orgânica (0 t/ha, 15 t/ha, 30 t/h e 45 t/ha) do milho no 2º ciclo sob sistema de agricultura biossalina, no município de Petrolina, PE.

Na observação da produtividade de água da cultura (PAc) no ciclo 1 tanto com base na matéria verde como na matéria seca, teve efeito significativo ($P < 0,05$) para lâmina de água analisada de forma isolada, mas quando avaliado o efeito isolado da matéria orgânica e da interação entre ambos, não apresentou significância ($P > 0,05$) para PAc em base na matéria verde e seca (Tabela 6).

Para o 2º ciclo não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) para PAc quando observado os efeitos isolados da lâmina de água, matéria orgânica e a interação com base na matéria verde e matéria seca (Tabela 6).

Tabela 6. Teores médios da produtividade da água da cultura (PAC, kg MV/ha/mm e PAC, kg MS/ha/mm) do milho com base na matéria verde e seca em função da evapotranspiração de referência (%ET_o) em sistemas bioassalinos

Variáveis	CICLO 1												
	Lâminas de água (%ETo)				EPM	Matéria orgânica (t/ha)				EPM	Valor-P		
	25	50	75	100		0	15	30	45		LA	MO	LAxMO
PAC _(MV)	117,68	117,58	92,97	91,02	0,10	112,35	108,05	106,31	102,92	0,11	0,03	0,87	0,92
PAC _(MS)	32,17	30,29	24,12	25,05	0,11	31,31	28,24	28,09	27,12	0,12	0,02	0,98	0,88
CICLO 2													
PAC _(MV)	171,60	137,78	117,86	110,60	0,17	130,53	149,02	124,56	133,73	0,19	0,10	0,80	0,77
PAC _(MS)	47,45	36,76	31,53	29,59	0,16	35,93	41,25	32,84	35,31	0,18	0,05	0,66	0,69

EPM – erro padrão da média. Tukey 5%

A produtividade de água da cultura (PAC) em base de matéria verde e seca do milho no ciclo 1, mostrou um comportamento linear decrescente, no qual a lâmina de água de menor volume apresentou os melhores resultados, com a produtividade de biomassa em 117,68 kg MV e 32 kg MS para cada 1 m³ em um hectare do sistema de produção. No entanto, para o 2º ciclo não houve diferença para a PAC em função da lâmina de água tanto com base na matéria verde como na matéria seca (Figura 9).

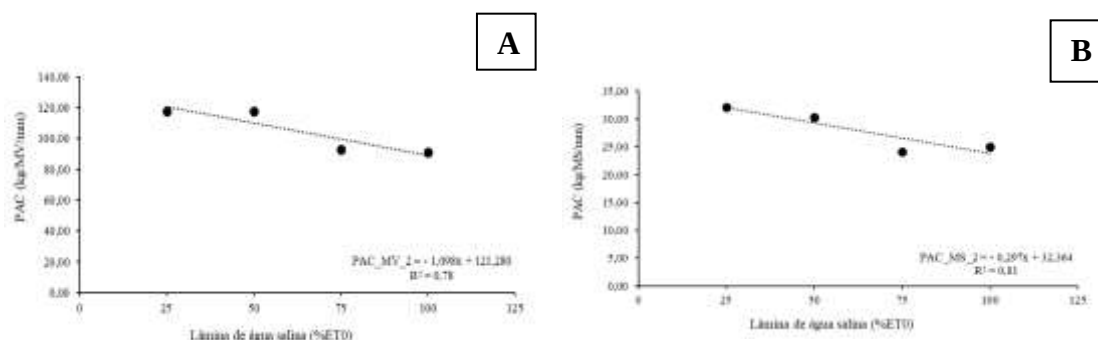


Figura 9. Produtividade da água da cultura: produtividade da água da cultura com base na matéria verde (A) e produtividade da água da cultura com base na matéria seca (B) do milho submetido a diferentes lâminas de água salina no 1º ciclo.

A produtividade econômica da água (PEA) do milho no ciclo 1 para as lâminas de água (ETo25% e ETo50%) foi diminuindo à medida que aumentava os níveis de matéria orgânica (MO), já para as ETo75% e Eto100% ocorreu o inverso, o retorno econômico foi maior à medida que aumentava a MO. O tratamento que apresentou o melhor retorno foi ETo50%M0 no valor de 12,92 R\$/ha/mm (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (188,10mm; 220,20mm; 252,42mm e 284,40mm) no 1º ciclo e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) do milho em sistemas bioassalinos

ETo%	MO	PMV t/ha	Preço R\$/t	Ganho bruto R\$/ ha	PEA R\$/ha/ mm
1º CICLO					
ETo25%	M0	24,05	100,00	2.405	12,79
	M15	23,94	100,00	2.394	12,73
	M30	19,61	100,00	1.961	10,42
	M45	18,00	100,00	1.800	9,57
ETo50%	M0	28,44	100,00	2,844	12,92
	M15	28,11	100,00	2.811	12,76
	M30	26,00	100,00	2.600	11,81
	M45	22,94	100,00	2.294	10,42
ETo75%	M0	21,16	100,00	2.116	8,38
	M15	21,39	100,00	2.139	8,47
	M30	23,72	100,00	2.372	9,40
	M45	24,05	100,00	2.405	9,53
ETo100%	M0	26,86	100,00	2.686	9,44
	M15	27,67	100,00	2.767	9,73
	M30	31,00	100,00	3,100	10,90
	M45	31,04	100,00	3.104	10,91

MO – matéria orgânica; PMV – produção de matéria verde. ETo25%=188,10; ETo50%=220,20; ETo75%=252,42 e ETo100%=284,40 mm.

Para o 2º ciclo a PEA foi aumentando com os níveis crescente de MO em todos os tratamentos, apresentando um maior retorno com ETo25%M45, ou seja, a cultura retorna ao produtor R\$ 18,56 a cada 1m³ de água que entra via lâmina de água em um hectare do sistema de produção, e o menor retorno foi no tratamento ETo75%M0 de 8,73 R\$/ha/mm (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios da produtividade econômica da água (PEA) em função das lâminas de água (42,60mm; 81,60mm; 122,20mm e 162,50mm) no 2º ciclo e doses de matéria orgânica (0, 15, 30 e 45 t/ha) do milho em sistemas bioassalinos

ETo%	MO	PMV t/ha	Preço R\$/t	Ganho bruto R\$/ha	PEA R\$/ha/mm
2º CICLO					
ETo25%	M0	6,42	100,00	642	15,42
	M15	6,58	100,00	658	15,83
	M30	7,17	100,00	717	17,23
	M45	7,72	100,00	772	18,56
ETo50%	M0	10,00	100,00	1.000	12,25
	M15	10,94	100,00	1.094	13,41
	M30	12,17	100,00	1.217	14,91
	M45	13,83	100,00	1.383	16,95
ETo75%	M0	10,67	100,00	1.067	8,73
	M15	10,75	100,00	1.075	8,80
	M30	13,83	100,00	1.383	11,32
	M45	16,25	100,00	1.625	13,30
ETo100%	M0	15,11	100,00	1.511	9,30
	M15	16,33	100,00	1.633	10,05
	M30	17,00	100,00	1.700	10,46
	M45	17,33	100,00	1.733	10,67

MO – matéria orgânica; PMV – produção de matéria verde. ETo25%=42,60; ETo50%=81,60; ETo75%=122,20 e ETo100%=162,50 mm.

A irrigação utilizando água de baixa qualidade, proporcionou condições viáveis para produção do milho, se mostrando uma opção promissora para o cultivo da forrageira, e quando combinada com fontes de adubo orgânico, seu potencial foi intensificado.

4. DISCUSSÃO

A utilização de água salina para o cultivo do milho proporcionou resultados positivo no perfil mineral e eficiência do uso do nutriente e da água. A diferença na quantidade de água salina utilizada na irrigação foi devido a irregularidade da água via precipitação, no qual no 1º ciclo teve uma maior precipitação, com menor aplicação de água via irrigação e um período mais extenso (63 dias) e no 2º ciclo teve uma menor precipitação e um período de 46 dias,

favorecendo a concentração de sais no solo, justificando a diferença nas concentrações dos minerais nos ciclos avaliados.

Os teores de N foram diminuindo à medida que aumentava o volume de água salina (Figura 2 - A), no 2º ciclo, no qual o volume de água via precipitação foi menor. O N tem grande importância como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (GROSS et al., 2006). Os teores de N observados neste estudo (Tabela 3) foram inferiores aos valores apresentados por Moreira et al. (2015), avaliando os teores de nutrientes do milho irrigado com biofertilizante suíno, obteve média de 17,2 g/kg de N com a cultura do milho colhida aos 112 dias. O N é responsável pela constituição do conteúdo de proteína bruta da planta, digestibilidade no trato animal, características morfológicas das plantas, tais como, porte da planta, tamanho e quantidade de folhas, tamanho do colmo, emissão de perfilhos e pelo seu adequado desenvolvimento (OLIVEIRA et al., 2009).

A concentração do P foi em média de 3,72 g/kg no ciclo 1 e 4,39 g/kg no ciclo 2 em função da lâmina de água (Tabela 3), esses valores foram inferiores aos observados por Fonteles (2018), que estudando a composição mineral do milho, observou valores superior aos mostrados neste estudo, com média de 5,47 g/kg. Schossler et al. (2012) afirmaram que o aumento nos teores de P em plantas que estejam sofrendo algum tipo de estresse ocorre devido a absorção de nutrientes pelas raízes, no entanto, há possibilidades de redução no crescimento foliar e nos teores de P após aplicação de NaCl, em resposta a baixa atuação do P_2O_5 presente na solução. Os valores mostrados por Prado (2008) foram próximos aos teores de P encontrados no presente trabalho, onde relatou que os valores ideais de P para o total desenvolvimento de determinada cultura é de 3-5 g/kg, sofrendo poucas variações de acordo com a cultura e fenótipos, concordando com os comportamentos obtidos neste estudo, onde houve pouca variação na quantidade P entre os tratamentos (Figura 2 – B).

Para os valores do K, apesar de não apresentar diferença entre os tratamentos em função da lâmina de água tanto no 1º como no 2º ciclo, mas foi observado uma redução na concentração do K no ciclo 2 em relação ao ciclo 1 (Tabela 3). Oliveira (2018) ao avaliar a composição bromatológica de genótipos de milho forrageiro, irrigados com água salina em dois ciclos, observou valores inferiores aos apresentados neste estudo, obtendo médias de 8,31 e 17,61 g/kg para 1º e 2º ciclo, respectivamente. Willadino et al. (2010) analisaram a tolerância das plantas sob efeito salino, constataram que a diminuição na concentração de K sob influência da salinidade é realizada por mecanismos de tolerância presentes em determinadas plantas, através da capacidade de absorção de forma seletiva dos cátions de K^+ que se encontram em associação

à extrusão de Na^+ . Verifica-se, portanto, um efeito adaptativo realizado pela planta na intenção de amenizar os efeitos do estresse salino.

A deposição do Ca não apresentou diferença entre os tratamentos tanto para o efeito isolado de lâmina de água como de matéria orgânica em ambos os ciclos (Tabela 3). Oliveira (2018) observou no 1º ciclo teores de Ca semelhante aos valores deste estudo, com média de 8,37 g/kg, já para o 2º ciclo os valores foram inferiores ao do presente trabalho, com média de 2,37 g/kg. Marcante et al. (2011) obteve o valor de 4,6 g/kg, onde os teores de cálcio no milho se mostraram constantes em quase todos os estágios. Lacerda et al. (2004), relatam que cultivares tolerantes apresentam maiores taxas de transferência de K e leves reduções na transferência de Ca para as partes aéreas das plantas, de forma a manter uma relação positiva entre os respectivos íons Na^+ e Cl^- .

Os valores de Mg em ambos os ciclos, não sofreu alteração em função aos efeitos isolados da lâmina de água e matéria orgânica (Tabela 3). O que corrobora com Dantas et al. (2006) avaliando o efeito da salinidade em clones de milho, constataram que os valores de magnésio permaneceram inalterados com o aumento da salinidade. O magnésio assim como o N, fazem parte da estrutura da molécula de clorofila. O teor de Mg na planta tende a reduzir com o aumento da idade, onde o efeito da diluição também pode promover redução nesses teores (RIBEIRO & PEREIRA, 2011). Fonteles (2018) apresentou médias de Mg inferiores aos observados neste trabalho, com médias de 0,78 a 2,26 g/kg.

Os valores de Na observados no 1º ciclo neste estudo foram semelhantes aos valores apresentados por Oliveira (2018) com média de 0,29 g/kg, no entanto, no 2º ciclo os valores foram superiores com média de 0,26 g/kg contra 0,02g/kg do presente estudo (Tabela 3). Silva (2017) avaliando o efeito de diferentes níveis de salinidade e lâminas de irrigação na composição química e mineral da gramínea forrageira, constatou-se que a elevação do sódio ao longo das concentrações salinas e do aumento das lâminas de irrigação, entre ciclos, evidenciou efeito antagônico ao potássio. Esse antagonismo, também pode ser observado neste estudo. Fernandes et al. (2002), afirmaram que o antagonismo entre Na e K gera uma competição desses íons por um aumento do efluxo de K das raízes no meio de desenvolvimento, ou pelos sítios de absorção no plasmalema, em função de distúrbios na integridade das membranas.

Essas variações na interação de entre as lâminas de água e matéria orgânica (Figuras 3 e 4), mostra que a utilização do esterco bovino não minimiza os efeitos da salinidade, mas contribui para a manutenção da composição mineral do milho. A salinidade causa desequilíbrio nutricional, com alterações nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes nas plantas, a inibição da absorção de nutrientes, como o K e Ca, pelo

excesso de Na é um dos exemplos (MUNNS & TERMAAT, 1986; VIANA et al., 2004; FARIAS et al., 2009; SILVA et al., 2009).

A compreensão de como a salinidade afeta as plantas, nos permite conhecer o potencial xerófilo do milheto e a capacidade de produzir em condições desvantajosa de clima, solo e água, como forma de explorar o potencial forrageiro da cultura. As plantas respondem de forma diferente à salinidade, apresentando-se desde muito sensíveis em níveis de salinidade relativamente baixos ou exibindo produção satisfatória em condições altamente salinas (SANTANA et al., 2007).

O aumento da concentração salina da água de irrigação influenciou nos conteúdos de nutrientes minerais (Tabela 3). Em condições de baixa salinidade da água de irrigação (ETo25%) e até o nível salino de ETo100%, verificou-se que os nutrientes analisados foram extraídos na seguinte ordem decrescente: $K > Ca > P > Mg > N > Na$. Sousa et al. (2010) encontrou uma sequência diferente na cultura do milho (C4) irrigada com água salina: $K > Mg > Ca > P > Na$.

O N não mostrou diferença estatística em função da lâmina de água no 1º ciclo (Tabela 4), porém no 2º ciclo, se ajustou ao modelo de regressão linear crescente (Figura 5 – A). De acordo com Campos et al. (2010), o nitrogênio pode interagir com a salinidade, atenuando efeitos nocivos do excesso de sais. Porém, é de suma importância evidenciar que a absorção e assimilação de nitrogênio pelas plantas são influenciadas pela fonte do fertilizante aplicado.

O estoque do P não apresentou diferença estatística para o efeito isolado da lâmina de água no ciclo 1, no entanto para o ciclo 2 o mineral teve um ajuste linear crescente (Figura 5 – B), o estoque desse mineral foi aumentado de acordo com o incremento de água salina recebida pela cultura. Em estudos realizados por Sousa et al. (2010) e Silva et al. (2011), avaliando o efeito da salinidade na cultura do milho e feijão de corda, respectivamente, mostrou que a extração do P foi diminuindo, ao contrário do que ocorreu neste estudo no 2º ciclo. É possível que essas divergências estejam associadas às diferenças no grau de inibição do crescimento e na capacidade da planta de extrair esse elemento na zona radicular (LACERDA, 2005).

Os valores apresentados para o estoque do K no 1º ciclo não tiveram diferença em função da lâmina de água (Tabela 4), já no 2º ciclo apresentou um aumento com o incremento de água salina via irrigação (Figura 5 – C). O antagonismo entre K e Na, promove aumento no efluxo citossólico de potássio nas raízes das plantas, esta perda pode ser o resultado direto de trocas osmoticamente induzidas na permeabilidade do plasmalema, como também da substituição de cálcio por sódio na membrana, abrindo canais para o potássio (AZEVEDO NETO & TABOSA, 2000). No entanto, neste estudo a extração do K não diminuiu com a

aplicação crescente de água salina, o que pode ser explicado pela concentração dos sais em detrimento a variação da precipitação nos ciclos, no qual o volume de chuva foi menor no 2º ciclo.

O estoque do Ca não mostrou diferença entre os tratamentos com o incremento da lâmina de água no 1º ciclo (Tabela 4), mas no 2º ciclo apresentou um aumento em detrimento os tratamentos (Figura 5 – D). O comportamento do Ca diverge dos resultados observados por Cramer et al (1994); Azevedo Neto e Tabosa (2000), uma vez que têm demonstrado que a salinidade diminui os teores de cálcio na parte aérea das plantas de milho. Segundo estes autores, o sódio desloca o cálcio do plasmalema das células radiculares, o que resulta em uma perda da integridade da membrana e efluxo citossólico de solutos orgânicos e inorgânicos.

O rendimento do Mg não diferiu no 1º ciclo em função da lâmina de água, no entanto, no 2º ciclo houve um aumento entre os tratamentos (Figura 5 – E). Para o incremento de matéria orgânica, em ambos os ciclos o Mg não apresentou diferença (Tabela 4). Os valores obtidos por Sousa et al. (2010) na cultura do milho foi inferior aos observados neste estudo, com média de 36,2 kg/ha. Dantas et al., (2006), avaliando a composição mineral de seis clones de *Pennisetum* sob dois níveis de salinidade, na qual não foi verificado variação nos teores de Mg, divergindo dos resultados observados neste estudo, onde o incremento de água salina contribuiu para o aumento do Mg no 2º ciclo.

Apesar de não ter efeito significativo em função da lâmina de água no 1º ciclo, a extração Na, mostrou uma redução média de 90% no 2º ciclo quando observado a médias de estoque ao 1º ciclo (Tabela 4), essa redução pode ser relacionada com a diferença pluviométrica entre os ciclos, bem como com os teores de K. O decréscimo da extração do Na pode ser explicado com a elevação da absorção do K, provocando uma competição direta que se estabelece entre o K e o Na pelos sítios de absorção na membrana plasmática das raízes. A maioria das espécies que utiliza as rotas C4 de fixação do carbono requer íons Na^+ . Nestas plantas, o sódio parece ser vital para a regeneração do fosfoenolpiruvato, substrato da primeira carboxilação nas rotas C4, além de estimular o crescimento por meio de uma maior expansão celular e, ainda, substituir parcialmente o potássio como um soluto osmoticamente ativo (MARSCHNER, 1995). No entanto, sob condições salinas o Na pode se tornar um elemento potencialmente tóxico, afetando o metabolismo e o desenvolvimento das plantas.

Para o efeito da interação entre as diferentes lâminas de água salina e níveis de matéria orgânica apenas o Na apresentou diferença no 2º ciclo (Figura 6). No tratamento ETo25%, o incremento de matéria orgânica mostrou pouca variação. Para os tratamentos ETo50% e ETo75% teve um maior rendimento quando associado ao nível de 15 t/ha de matéria orgânica,

já para ETo100% o maior estoque do Na foi com a dose de matéria orgânica de 30 t/ha. Os níveis de esterco bovino utilizados neste estudo, não apresentou efeito sobre a salinidade, no entanto influenciou na manutenção da produção do milho. A ação mitigadora do biofertilizante à salinidade está relacionada à melhoria física do solo para dinâmica de ar e água (MELLEK et al., 2010), ao aumento na população, diversidade e atividade microbiana (VESSEY, 2003) e à melhoria da fertilidade do solo. Esses aspectos, conforme Asik et al. (2009), contribuem para maior absorção de água pelas plantas em meios salinos.

Os resultados que apresentaram ausência de efeito negativo da salinidade sobre o milho, podem ser explicados pela tolerância da cultura ao estresse salino, por ser uma espécie halófila, possui a capacidade de se adaptar a ambiente com níveis elevados de sais.

A utilização de água salina é indicada, desde que alguns fatores sejam respeitados, tais como: um manejo adequado do solo, rotação de culturas e a mistura de águas de diferentes concentrações de sais (SILVA et al., 2014). Esses cuidados tornam-se necessários, para reduzir os impactos nas propriedades físicas e químicas do solo e evitar o estresse salino promovido pelo efeito tóxico aos vegetais. Dentre as alternativas ao uso da água salina, as culturas halófitas ou forrageiras que possuam uma tolerância à salinidade são as mais indicadas (OLIVEIRA, 2018).

Os indicadores de eficiência de uso de água são parâmetros importantes na resposta das culturas à desidratação e desequilíbrios osmóticos. Esta condição está relacionada com a taxa fotossintética, crescimento e produtividade das plantas (RUGGIERO et al., 2017). A maior vantagem em produzir essa cultura em regiões semiáridas no nordeste brasileiro se deve à sua baixa exigência hídrica, pois segundo Lira (1982), citado por Scaléa (1998), para cada 1g de matéria seca produzida pelo milho são necessários 282 a 302g de H₂O.

Para a eficiência do uso do nutriente (EUN) em função da lâmina de água (Tabela 5), no 1º ciclo o EUN_(K) e EUN_(Na) foram eficientes, e no 2º ciclo o EUN_(N), EUN_(Ca), EUN_(Mg) e EUN_(Na), foram mais eficientes com o incremento de água salina (Figura 7). Para a interação entre lâmina de água e matéria orgânica, teve efeito apenas para a EUN_(Na), no qual pode ser observado uma maior eficiência nos tratamentos associados a 0 t/ha de matéria orgânica, e à medida que se elevava os níveis da mesma a EUN diminuía (Figura 8). A escassez de dados na literatura quanto a esse indicador de eficiência. Seus valores permitem conhecer quanto do nutriente foi extraído do solo em relação ao volume de água precipitado ou efetivamente utilizado pela cultura no processo de evapotranspiração (SILVA et al., 2014). Dentre os nutrientes que apresentaram diferença entre os tratamentos, o Ca foi o mineral com maior eficiência. O Ca melhora a estrutura, a permeabilidade e a infiltração de água no solo e ajuda a

planta a suportar o estresse por salinidade. Por isso, é sempre importante manter o equilíbrio do Ca com os outros cátions do solo para evitar o antagonismo (BLANKENAU, 2007).

Para a produtividade da água da cultura (PAC) no 1º ciclo, tanto com base na matéria verde como na matéria o milheto diminuiu sua capacidade de conversão de fotoassimilados em biomassa (Figura 9). Para o efeito da matéria orgânica em ambos os ciclos, a PAC não diferiu entre os níveis testados (Tabela 6). Os resultados citados por Zegada-Lizarazu et al. (2005), ao estudarem a cultura do milheto sob diferentes regimes hídricos, mostram que a produtividade de água na cultura sem restrições hídricas e em déficit hídrico foram de 3,91 kg/m³ e 4,19 kg/m³, respectivamente, esses valores foram inferiores ao observados neste estudo, testando o uso de sistema biossalino.

Na avaliação da produtividade econômica da água (PEA), no ciclo 1, os tratamentos ETo25% e ETo50% combinado com as doses de matéria orgânica apresentaram melhores retorno econômico por unidade de água utilizada pela cultura (Tabela 7). No ciclo 1 a ETo25%M0 mostrou um retorno de 12,79 R\$/ha/mm e ETo50%M0 um retorno de 12,92 R\$/ha/mm, para o ciclo 2 o tratamento ETo25%M45 mostrou um retorno de 18,56 R\$/ha/mm (Tabela 8). Apesar do retorno econômico diminuir à medida que aumenta a utilização de água salina, o inverso ocorre com a produção de matéria verde (PMV) possibilitando o uso do milheto cultivado em sistema biossalino. A exemplo da produção obtida pelo tratamento ETo100%M45 no 1º ciclo produzindo 31,04 t/ha, o qual torna possível alimentar 22,99 UA bovinos (considerando 1 UA=450kg) por 30 dias.

5. CONCLUSÕES

- 1 – A aplicação da lâmina de água ETo25% aumentou a concentração do P e Ca no ciclo 1, já no ciclo 2 os teores de N, Mg e Na diminuíram e o P aumentou. Com a aplicação da matéria orgânica o P apresentou maior teor no nível de 45t/ha e o Na e K com aplicação de 30t/ha no 1º e 2º ciclo, respectivamente, e o Mg com 0t/ha.
- 2 - O estoque do N, P, K, Ca e Mg no 2º ciclo, aumentaram com aplicação da água salina no tecido vegetal do milheto.
- 3 – As maiores lâminas de irrigação diminuíram a eficiência do uso da água e do nutriente e o maior retorno financeiro a cada m³ de água foi nas interações de ETo25% (188,10mm) e ETo50% (220,20mm) com a dose de 0t/ha da matéria orgânica no 1º ciclo e nas associações das lâminas de água com 45t/ha da matéria orgânica no 2º ciclo do milheto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.M. Eficiência no uso da água e produtividade de biomassa do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.) sob diferentes níveis de reposição hídrica. Dissertação Mestrado em Ciências – Universidade de São Paulo/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Campus Piracicaba, 2017.
- AMARAL, J.F.T. et al. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.41, p.621-629, 2011.
- AMARAL, P. N. C.; EVANGELISTA, A. R.; SALVADOR, F. M.; PINTO, J. C. Qualidade e Valor Nutritivo da Silagem de Três Cultivares de Milheto. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 611-617, mar./abr., 2008.
- AOAC (Association of official analytical chemists). **Official methods of analysis**. 15ed.Washington. AOAC. 1990.
- ARAYA, A. et al. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.). **Agricultural Water Management**, n.98, p.775-783, 2011.
- ASIK, B.B. et al. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. **Asian Journal of Crop Science**, v.1, p.87-95, 2009.
- AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II. Distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v.4, n.2, p.165-171, 2000.
- BLANKENAU, K. **Cálcio nos solos e nas plantas**. Informações Agronômicas Nº 117 – março/2007.
- CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F.S.; OLIVEIRA, F.R.A.; SILVA, R.C.P.; CÂNDIDO, W.S. Efeito da salinidade e fontes de nitrogênio na matéria seca do girassol. **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 165-171, 2010.
- COSTA, V.G.; ROCHA, M.G.; POTTER, L.; ROSO, D.; ROSA, A.T.N.; REIS, J. Comportamento de pastejo e ingestão de forragem por novilhas de corte em pastagens de milheto e papua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.2, p.251-259, 2011.
- CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Leaf expansion limits dry matter accumulation of salt-stressed maize. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, 663-674, 1994.
- DANTAS, J. A.; BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P.; SANTOS, M. V. F. Efeito da salinidade sobre o crescimento e composição mineral de seis clones de *Pennisetum*. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p. 97-101, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, p353, 2013.
- FARIAS, S. G. G.; SANTOS, R. S.; FREIRE, A. L. O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 1499-1505, 2009.
- FEITOSA, S. O. et al. Crescimento do feijão caupi irrigado com efluente tratado e água salina sob diferentes concentrações. **Agropecuária Técnica**, v.36, n.1, p.146-155, 2015.

FERNANDES, A. R. et al. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.11, p.1613-1619, 2002.

FONTELES, J.L.V. **Doses de adubação nitrogenada no cultivo do milho em ambiente semiárido**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal do Rural do Semiárido, Campus Mossoró, 2018.

GEERTS, S.; RAES, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1275-1284, 2009.

GONÇALVES, I. V. C. et al. Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.3, p.589-596. 2011.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados agrometeorológicos**.2017.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: Nogueira, R. J. C.; Araújo, E. L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. (ed.). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, 2005. p.127-137.

LACERDA, C. F. et al. Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, viçosa, v.28, n.2, p.289-295, 2004.

LIRA, M. A. Cultura do milho. **In:** Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Cultura do milho: curso para extensionista agrícola. Fortaleza: BNB/ETENE/FUNDECI, 1982. p. 9-22.

MARCANTE, N. C.; SILVA, M. A. C.; PAREDE JÚNIOR, F. P. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 196-204, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995, 889p.

MELLEK, J.E. et al. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil Tillage Research**, v.110, n.1, p.69-76, 2010.

MOREIRA, E.D.S. et al. Características agronômicas e produtividade de milho e milho para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.72, n.3, p.185-192, 2015.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p.143-160, 1986.

NEVES, A. L. R. et al. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ciência Rural**, v.39, p.758-765, 2009.

OLIVEIRA, G.A. **Genótipo de milho irrigados com água salina sob diferentes níveis de gesso agrícola**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F. DE.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, C. J. G. S.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; AMÂNCIO, M. G. Desenvolvimento inicial do milho-pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.149-155, 2009.

PRADO, R. de M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Unesp, 2008. 407p.

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G.; Produtividade de matéria seca e composição mineral do capim-tifton 85 sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 811-816, 2011.

RICHARDS, L. A. (ed.). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory., 1954. 160p. USDA. Agriculture Handbook, 60

RUGGIERO, A., PUNZO, P., LANDI, S., COSTA, A., VAN OOSTEN, M., AND GRILLO, S. (2017). Improving plant water use efficiency through molecular genetics. **Horticulturae**, v.31. n.3. p. 1-22, 2017.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; SOUZA, K.J.; SOUSA, A.M.G.; VASCONCELOS, C.L.; ANDRADE, L.A.B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência Agrotécnica**, v.31, p.1470-1476, 2007.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**. Procedure guide for personal computers.Cary, 2002.

SCALÉA, M. J. **Perguntas & Respostas sobre o plantio direto**. Informações Agrônômicas, Piracicaba, n. 83, p. 1-8. 1998.

SCHOSSLER, T. R. et al. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p.1563-1578. 2012.

SILVA, E.B. **Composição mineral e química em *Panicum maximum* cv. BRS Zuri submetida a diferentes níveis de salinidade e lâminas de irrigação**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Campus Fortaleza, 2017.

SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JUNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18: 66-72. 2014.

SILVA, T.G.F.; MOURA, M.S.B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J.M.; VIEIRA, V.J.S.; FARIAS JÚNIOR, W.G. Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.1257- 1265, 2011.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.240-246, 2009.

SOUSA, G.G.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, L. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; BEZERRA, M.E. J.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1143–1151, 2010.

VESSEY, J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v.255, p.571-586, 2003.

VIANA, S. B. A; FERNANDES, P. D; GHEYI, H. R; SOARES, F. A. L.; CARNEIRO, P. T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.8, p. 23-30, 2004.

ZEGADA-LIZARAZU, W.; LIJIMA, M. Deep root water uptake ability and water use efficiency of pearl millet in comparison the other miller specie. **Plant Production Science**, v.8, n.4, p. 454-460, 2005.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11; 2010. 23 p.