



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-138 – IRRIGAÇÃO DE FORRAGEIRAS USANDO EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE INDÚSTRIA TÊXTIL

José Wilmar da Silveira Neto

Engenheiro Agrônomo. Doutor em Engenharia Civil, área de concentração em Recursos Hídricos, pela Universidade Federal do Ceará.

Suetônio Mota⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

André Jalles Monteiro

Doutor em Agronomia. Professor Adjunto do Departamento de Matemática Aplicada da Universidade Federal do Ceará.

Marisete Dantas de Aquino

Doutora em Meio Ambiente / Recursos Hídricos. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Av. Beira Mar, 4.000 – ap.600 - Fortaleza - CE - CEP: 60165.121 - Brasil - Tel: (851) 263.12.13



suetonio@ufc.br

RESUMO

O trabalho teve como objetivo estudar o aproveitamento do efluente de uma estação de tratamento de esgoto de uma indústria têxtil na irrigação da erva sal (*Atriplex nummularia*) e da sabiá (*Mimosa cupercunifolia*), comparando o desenvolvimento dessas culturas quando irrigadas com esgoto tratado e com água doce. O crescimento das forrageiras foi comparado em dois tratamentos: com água bruta, classificada como C2S1, e com efluente final da E.T.E., classificada como C4S4, acompanhados a cada 5 dias. A planta sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia Benth.*) desenvolveu-se melhor irrigada com o efluente final do que com a água bruta. A erva sal (*Atriplex nummularia*) desenvolveu-se bem quando irrigada com o efluente final e apresentou alta mortalidade (cerca de 75 %) quando irrigada com a água bruta.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de águas, Forrageiras, Erva sal, Sabiá, Indústria Têxtil.

INTRODUÇÃO

A erva sal (*Atriplex nummularia*) é uma espécie forrageira, originária da Austrália, que tem se adaptado muito bem nas regiões áridas e semi-áridas da América do Sul, em particular da Argentina, Chile e Brasil. As características que lhe dão importância são: alta resistência a condições de aridez; fácil propagação; alto poder calorífico; baixa susceptibilidade a pragas e doenças; suporta altos níveis de salinidade do complexo solo-água e, também, acumula significativa quantidade de sais em seus tecidos (FURTADO, 2002).

É uma planta perene, de porte arbustivo de até 3 m de altura, da família das quenopodiáceas. O gênero *Atriplex* conta com mais de 400 espécies distribuídas nas diversas regiões áridas e semi-áridas do mundo, especialmente na Austrália, onde apresenta uma elevada diversidade de espécies e subespécies, sendo que, destas, cerca de cinquenta apresentam

interesse forrageiro reconhecido. As espécies do gênero *Atriplex* caracterizam-se, em geral, por suportar satisfatoriamente a aridez e a salinidade.

O gênero *Atriplex* pertence ao grupo de plantas que fixa o CO₂, mediante a via fotossintética C4. Segundo vários pesquisadores, esse tipo de planta se caracteriza pela sua alta produtividade, resistência a déficits hídricos, maior eficiência ao uso de energia luminosa e requer o sódio como elemento essencial ao seu metabolismo (WEST, OSMOND, SLATYER, BADILHA citados por FAO, 1996; MITSCH & GOSSELINK, 1993). Possui uma zona de raízes muito finas ao nível do solo, uma zona de maior concentração entre 0,5 e 1,0 m, chegando até 3,5 m, característica importante em zonas áridas (FAO, 1996).

A sabiá (*Mimosa cupercunifolia*), segundo Braga (1976), é uma leguminosa mimosoidae, atingindo porte de até 7 metros de altura, apresentando o caule pouco espinhoso, revestido de casca grossa e pardacenta, fendida longitudinalmente. É uma planta bastante aproveitada no nordeste brasileiro, para produção de estacas, lenha, carvão, e para outros fins. Suas folhas, maduras ou secas, são forraginosas. É árvore perene de até 7 metros de altura, da família das leguminosas mimosoideaes. Apresenta o caule pouco espinhoso, revestido de casca grossa e pardacenta, fendida longitudinalmente. As folhas são bipinadas, com folíolos elípticos e ovais, um tanto curvos. As flores são brancas, pequenas, em capítulos. Vagens pequenas com sementes miúdas e leves, sendo necessárias mais de 12.000 para pesar um quilo. Comum em todo o estado do Ceará, cresce preferencialmente em terrenos profundos. Pelo seu rápido desenvolvimento, recomenda-se como essência florestal indispensável a qualquer trabalho de reflorestamento do Nordeste seco. Multiplica-se por sementes e estacas.

É nativa dos estados do Maranhão, Piauí e Ceará (BRAGA, 1976). É planta pioneira, xerófila, apresentando também as seguintes utilidades: produção de forragem, de lenha, carvão, madeira para cercas (estacas, mourões), cercas vivas, flora apícola, fitômetro (indicadora de metais pesados) e fitorremediadora de solos contaminados com metais pesados (RESENDE & KONDO, 2001, SIMÃO & SIQUEIRA, 2001).

A erva sal e a sabiá foram irrigadas com efluente de uma estação de tratamento de esgoto de uma indústria têxtil, com o objetivo de verificar a resistência das mesmas, especialmente, aos elevados teores de salinidade, comparando-se o desenvolvimento das plantas com as irrigadas com água doce proveniente de um açude.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida junto à estação de tratamento de esgoto de uma indústria têxtil, localizada em Pacajus, Ceará, a qual se compõe das seguintes unidades: pré-tratamento usando gradeamento, caixa de areia e peneiramento fino; tratamento biológico em uma lagoa facultativa aerada; adição de nutrientes (nitrogênio e fósforo); adição de coagulante, floculação e decantação; desinfecção.

O efluente da estação de tratamento tem elevada condutividade elétrica – em média, igual a 5495,0 µS/cm, significando alto risco de salinidade para uso em irrigação. Assim, na sua utilização em irrigação, devem ser cultivadas culturas com alta tolerância aos sais, o que se buscou verificar na pesquisa. A água utilizada apresentou teor médio de condutividade elétrica igual a 690,0 µS/cm.

A erva sal (*Atriplex nummularia*) foi plantada num espaçamento de 1,5 m x 1,5 m, em 6 parcelas, contendo cada uma 4 plantas, sendo, ao todo, 24 plantas, as quais foram divididas em dois tratamentos: metade foi irrigada diariamente com água bruta do açude Gavião e metade foi irrigada com o efluente final da ETE Pacajus.

O crescimento dessas plantas forrageiras foi acompanhado a cada 5 dias, durante 90 medições, no período de 06/09/2000 a 26/11/2001. Com base nas sugestões de Benincasa (1988), utilizaram-se os parâmetros de crescimento em altura e projeção média da copa.

A Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia Benth.*) foi plantada num espaçamento de 2,0 m x 2,0 m, em 6 parcelas, contendo, cada uma, 4 plantas, sendo, ao todo, 24 plantas, as quais foram irrigadas diariamente de forma similar à erva sal (*Atriplex nummularia*).

O crescimento dessas plantas foi acompanhado a cada 5 dias, em 90 medições, de 06/12/2000 a 24/02/2002, utilizando-se os parâmetros de crescimento em altura e projeção média da copa sugeridos por Benincasa (1988). Foi acompanhada, visualmente, a presença ou ausência de sintomas fitotóxicos por metais pesados e sódio.

Foram também determinados os diâmetros dos caules da sabiá nos dois tratamentos, durante o desenvolvimento da pesquisa.

Nos resultados mostrados adiante, os dados são apresentados de forma compilada, mensais.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA E DO FLUENTE DA ETE

A Tabela 1 contém dados médios das características da água bruta e do efluente final da ETE, usados na pesquisa.

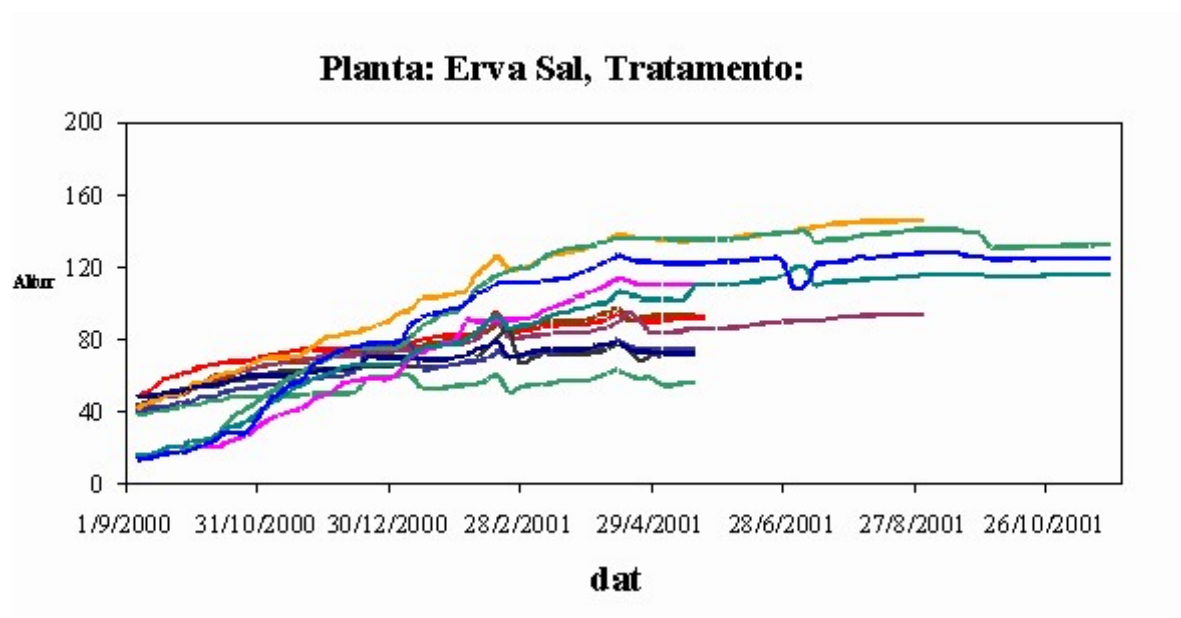
Tabela 1: Resultados dos parâmetros de qualidade da água bruta e do efluente final da ETE em amostras semanais (total de 50 amostras), no período de abril/2000 à junho/2001. Pacajus, Ceará.

PARÂMETROS	VALOR MÉDIO		DESVIO PADRÃO		NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
	ÁGUA BRUTA	EFLUENTE FINAL	ÁGUA BRUTA	EFLUENTE FINAL	
PH	7,7	8,2	0,2	0,2	0,000
Bicarbonatos	74,9 mg/L	931,7 mg/L	4,9	351,9	0,000
Dureza	164,7 mg/L	407,7 mg/L	16,6	313,1	0,000
Cálcio	28,9 mg/L	71,8 mg/L	4,8	86,4	0,000
Magnésio	23,4 mg/L	55,4 mg/L	4,8	44,2	0,000
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	14,1	148,4	2,2	55,3	0,000
Condutividade elétrica (CE)	721,6 uS/cm	5782,3 uS/cm	54,4	1102,5	0,000
Cloretos	156,8 mg/L	503,4 mg/L	15,9	105,1	0,000
Sulfatos	15,1 mg/L	506,2 mg/L	9,1	225,8	0,000
Ferro	0,2 mg/L	2,6 mg/L	0,1	2,0	0,000
Sódio	72,3 mg/L	1047,8 mg/L	14,5	329,5	0,000
Potássio	17,9 mg/L	365,3 mg/L	3,6	131,8	0,000
Nitritos	0,1 mg/L	0,9 mg/L	0,1	0,8	0,000
Nitratos	1,4 mg/L	5,7 mg/L	1,5	1,9	0,017
Amônia livre	0,6 mg/L	7,3 mg/L	1,8	3,9	0,000
Sólidos totais	350,7 mg/L	3931,7 mg/L	163,0	891,6	0,000
Sólidos suspensos	11,4 mg/L	246,1 mg/L	7,9	614,3	0,016
Sólidos dissolvidos	343,8 mg/L	3692,3 mg/L	156,5	986,1	0,000
DBO ₅	11,8 mg/L	203,0 mg/L	14,2	124,2	0,000
DQO	25,2 mg/L	310,6 mg/L	26,3	133,9	0,000
DQO/ DBO ₅	2,4 mg/L	3,1 mg/L	1,3	5,6	0,007
Coliformes fecais	27 /100ml	7,7 x 10 ⁴ /100ml	148	32 x 10 ⁵	0,000
Coliformes totais	2,8 x 10 ⁶ /100 ml	8,4 x 10 ⁶ /100ml	14 x 10 ⁶	20 x 10 ⁶	0,000

DESENVOLVIMENTO DA ERVA-SAL

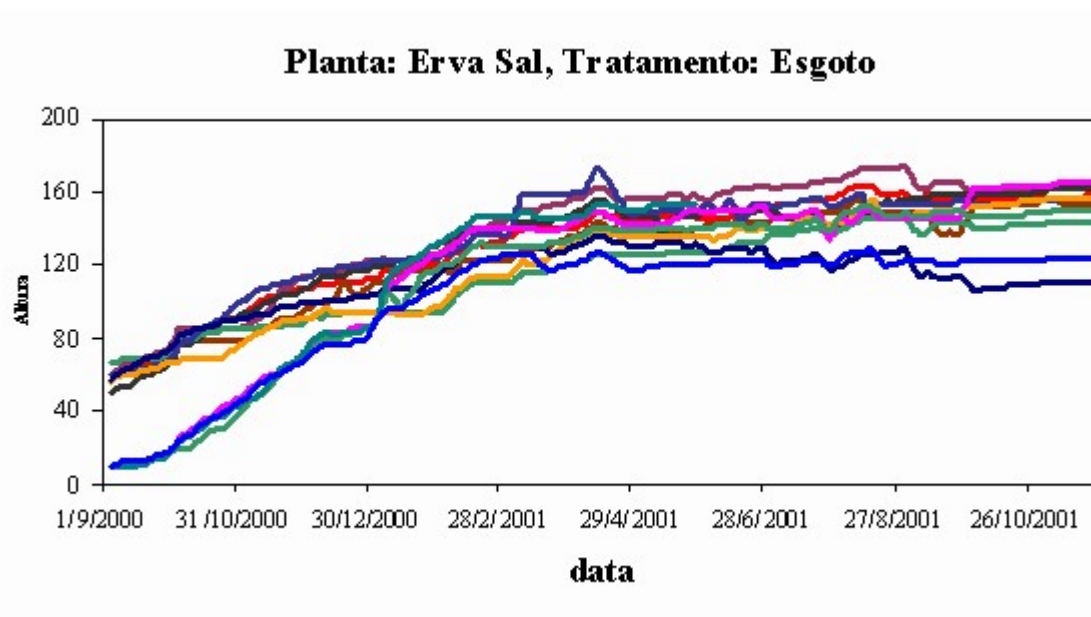
A Figura 1 mostra dados de crescimento, em altura, das plantas erva sal (*Atriplex nummularia*), irrigadas com água bruta (SILVEIRA NETO, 2003).

Figura 1 – Crescimento, em altura (cm), de plantas erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigadas com água bruta, observado no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará.



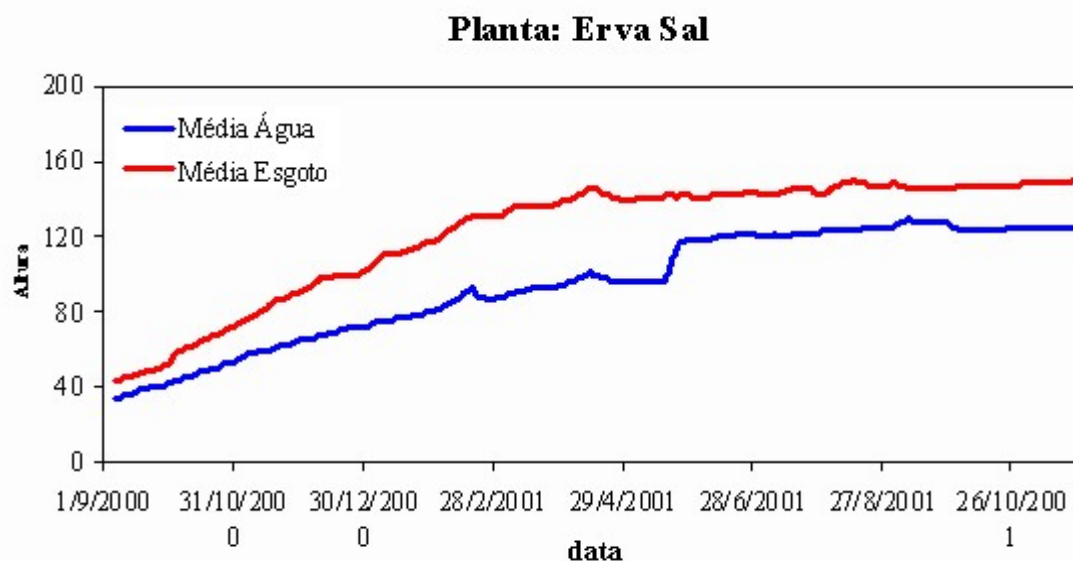
Na Figura 2, são mostrados dados de crescimento das plantas erva sal, em altura, quando irrigadas com efluente da indústria têxtil.

Figura 2 – Crescimento, em altura (cm), das plantas erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigadas com efluente final, observado no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará.



Na Figura 3, é feita uma análise comparativa do crescimento da erva-sal irrigada com água bruta e com efluente da estação de tratamento de esgoto da indústria têxtil.

Figura 3 – Análise comparativa do crescimento, em altura (cm), da erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com água bruta e efluente final, no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará.



Observa-se que o crescimento da planta erva sal apresenta diferença significativa em relação aos dois tipos de tratamento, água e esgoto tratado, sendo maior na segunda situação. Verifica-se, também, pela Figura 1, que a erva sal irrigada com água doce apresentou alta mortalidade (cerca de 75 %) após algum tempo depois do início da irrigação.

Os dados relativos à projeção Leste Oeste da copa da erva sal, nas duas situações, constam das Figuras 4 a 6.

Figura 4 – Análise da projeção leste oeste (LO) das copas (cm) das plantas erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigadas com água bruta, no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará.

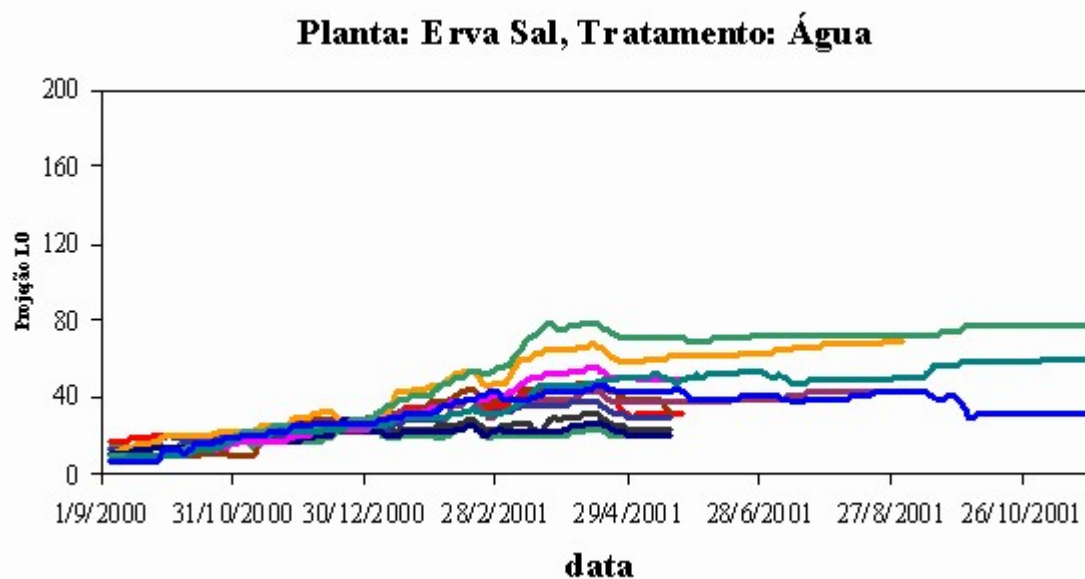


Figura 5 – Análise da projeção leste oeste (LO) das copas (cm) das plantas erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigadas com efluente final, no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará.

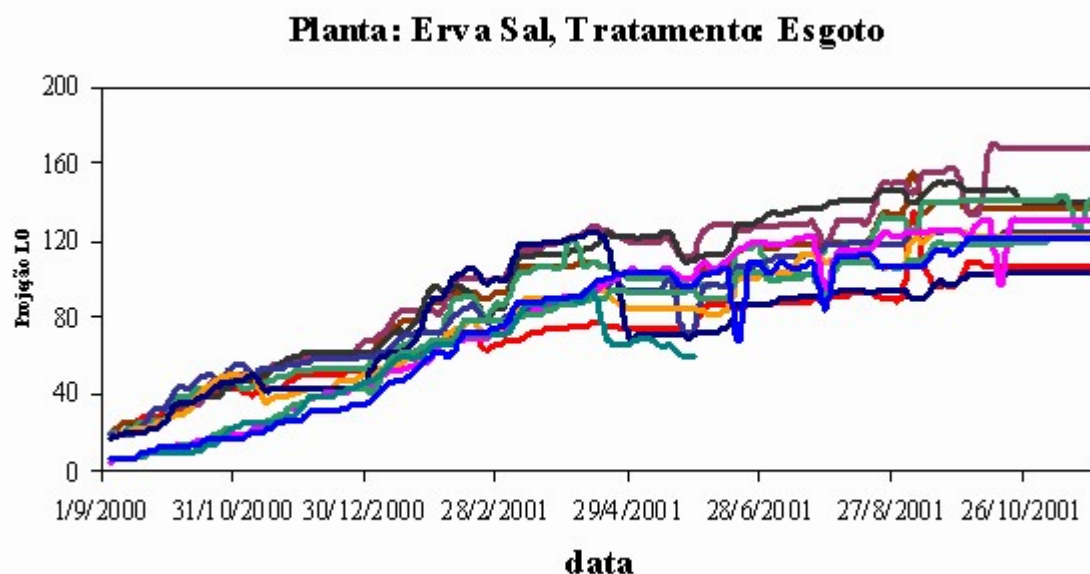
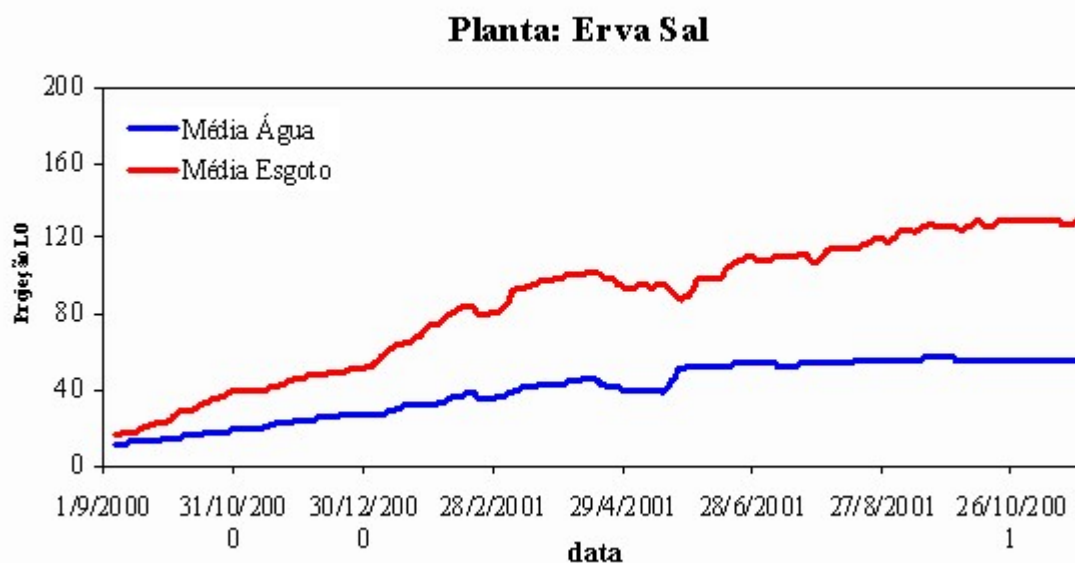


Figura 6 – Análise comparativa da projeção leste oeste (LO) das copas (cm) das plantas erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigadas com água bruta e efluente final, no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará



Constata-se que a projeção LO da planta Erva Sal apresenta diferença significativa em relação aos dois tipos de irrigação: com água e com esgoto tratado, sendo maior no segundo caso, observando-se que essa diferença é ampliada com o passar do tempo.

As Figuras 7 a 9 referem-se à projeção Norte-Sul da copa da erva sal, nos dois experimentos da pesquisa.

Figura 7 – Análise da projeção norte sul (NS) das copas (cm) das plantas erva sal (*Atriplex nummularia*)

irrigadas com água bruta, no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará.

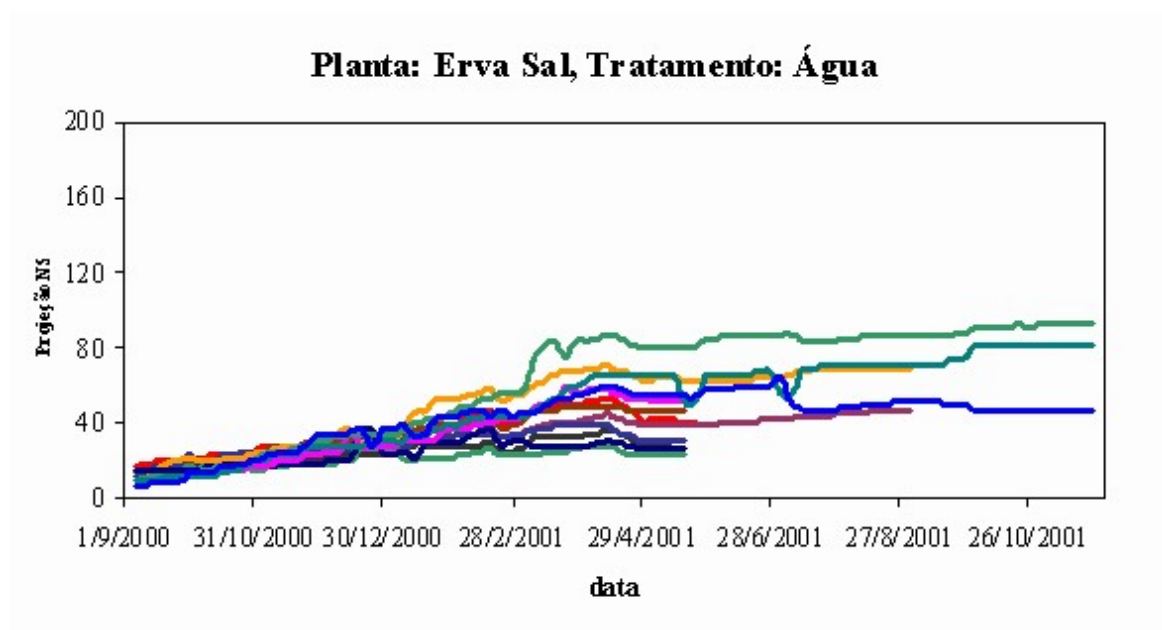


Figura 8 – Análise da projeção norte sul (NS) da copas (cm) das plantas erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigadas com efluente final, no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará.

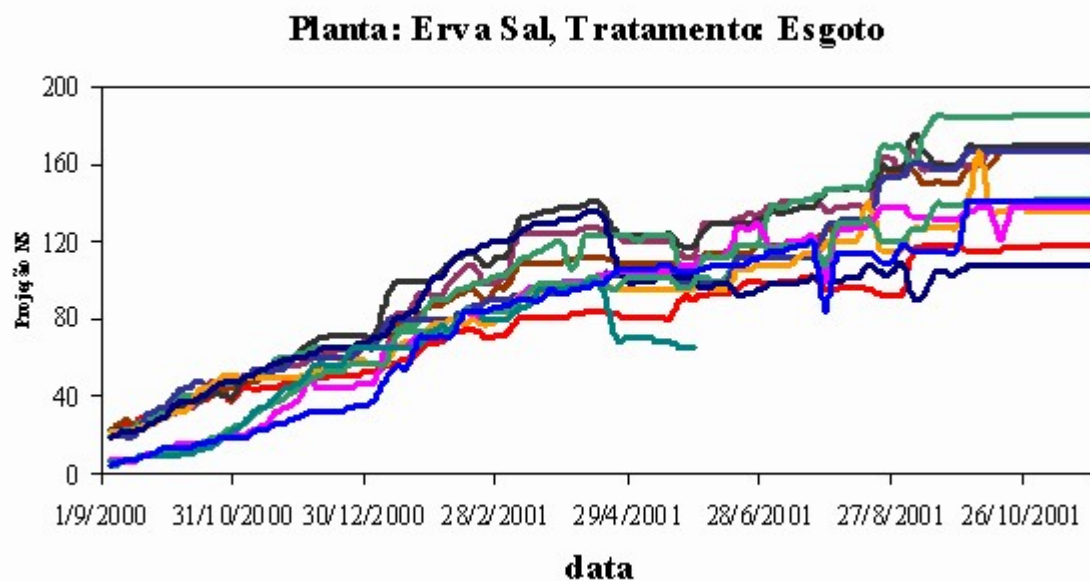
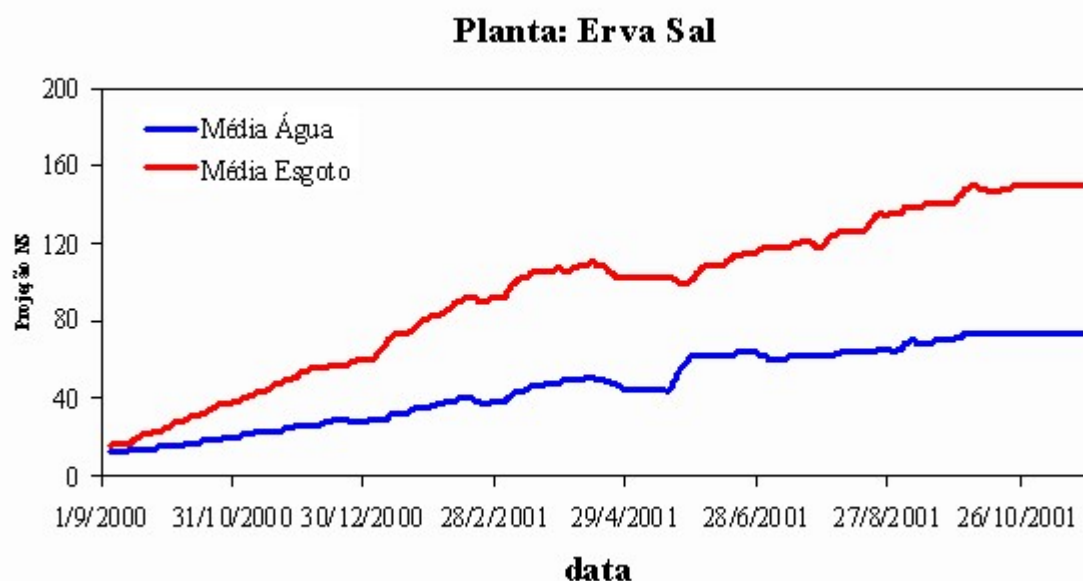


Figura 9 – Análise comparativa da projeção norte sul (NS) das copas (cm) da erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com água bruta e efluente final, no período de 01/09/2000 a 26/10/2001. Pacajus. Ceará.

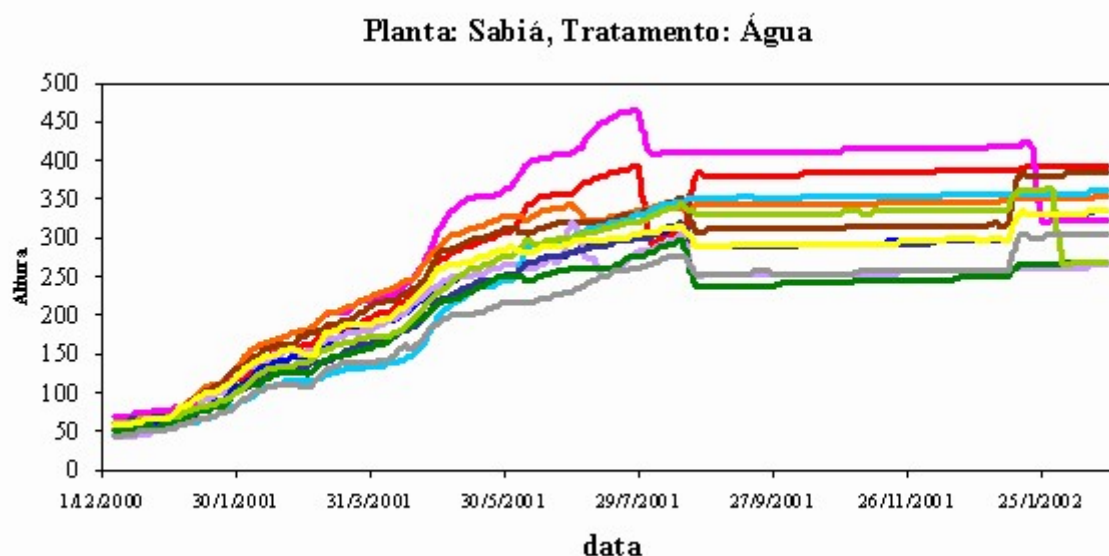


Os resultados apresentados conduzem à conclusão que a projeção NS da planta Erva Sal apresenta diferença significativa em relação aos dois tipos de tratamento: irrigação com água e com esgoto, sendo maior no segundo caso, observando-se que essa diferença é ampliada com o passar do tempo.

DESNVOLVIMENTO DA SABIÁ

Na Figura 10, mostra-se o crescimento, em altura, das plantas sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia Benth.*) irrigadas com água doce, durante a pesquisa.

Figura 10 – Crescimento, em altura (cm), das plantas sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia Benth.*) irrigadas com água bruta, no período de 06/12/2000 a 24/02/2002. Pacajus. Ceará.



A Figura 11 indica o crescimento das plantas sabiá, quando irrigadas com efluente da ETE, enquanto na Figura 12 é feita uma comparação dos crescimentos, nas duas situações.

Figura 11 – Crescimento, em altura (cm), das plantas sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia Benth.*) irrigada com

efluente final, no período de 06/12/2000 a 24/02/2002. Pacajus. Ceará.

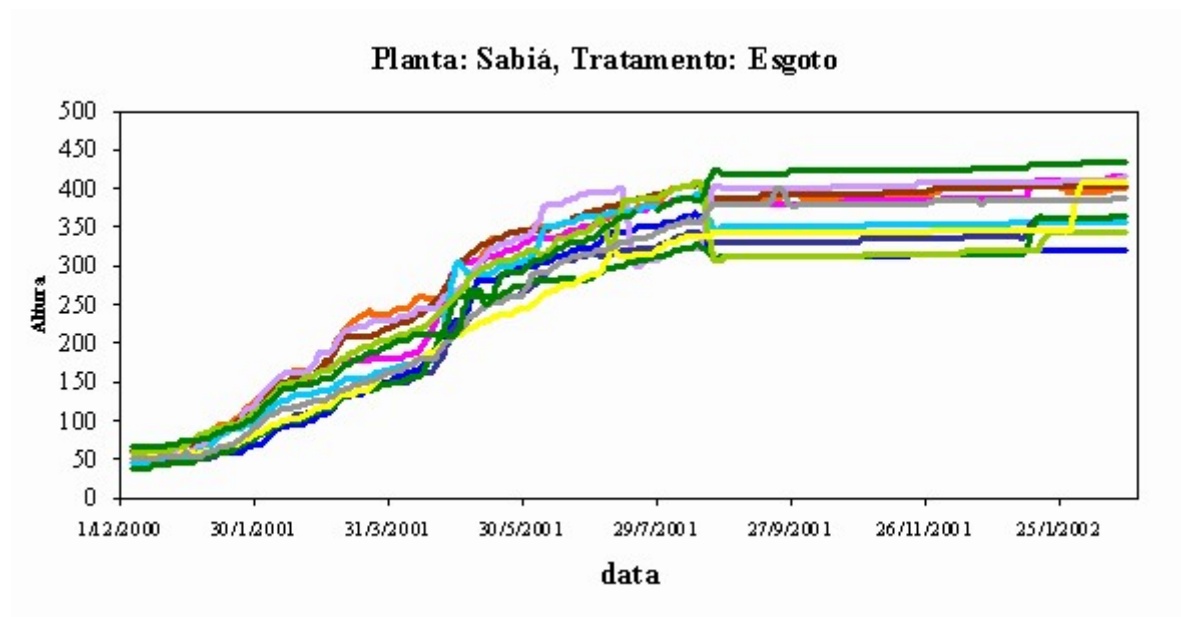
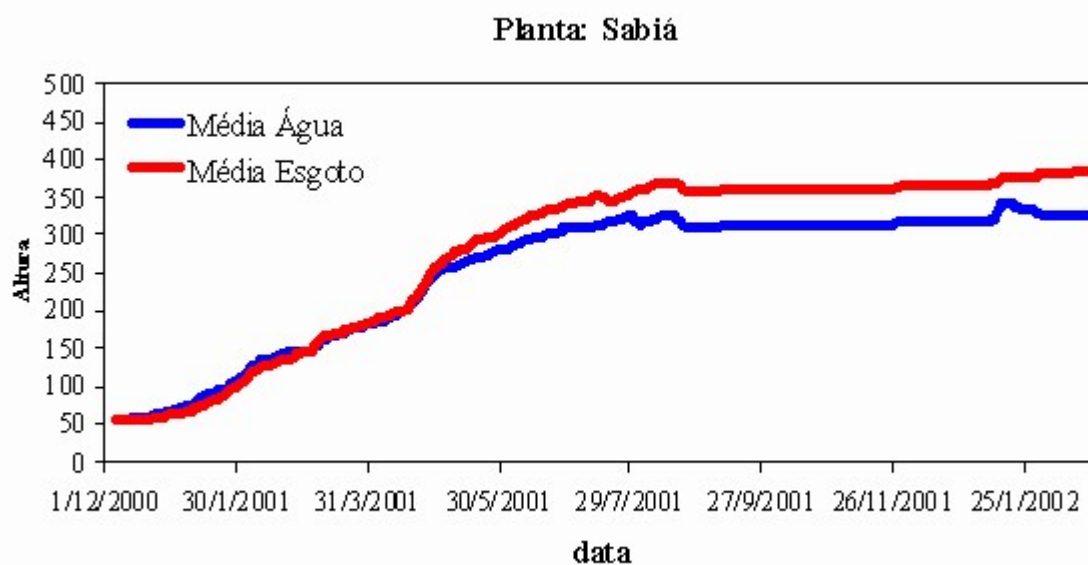


Figura 12 – Comparação do crescimento, em altura (cm), da sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia Benth.*) irrigada com água bruta e efluente final, observado no período de 06/12/2000 à 24/02/2002. Pacajus. Ceará.



Com base nos resultados apresentados, pode-se dizer que o crescimento da planta sabiá apresenta diferença significativa em relação aos dois tipos de irrigação: com água e com esgoto tratado, sendo maior no segundo caso. Essa diferença, porém, é verificada somente com o passar do tempo (cerca de cinco meses após o plantio).

As Figuras 13 a 15 tratam da projeção média da copa da Sabiá, durante a pesquisa.

Figura 13 – Projeção média das copas (cm) das plantas sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia Benth.*) irrigadas com água bruta, no período de 30/01/2001 a 24/02/2002. Pacajus. Ceará.

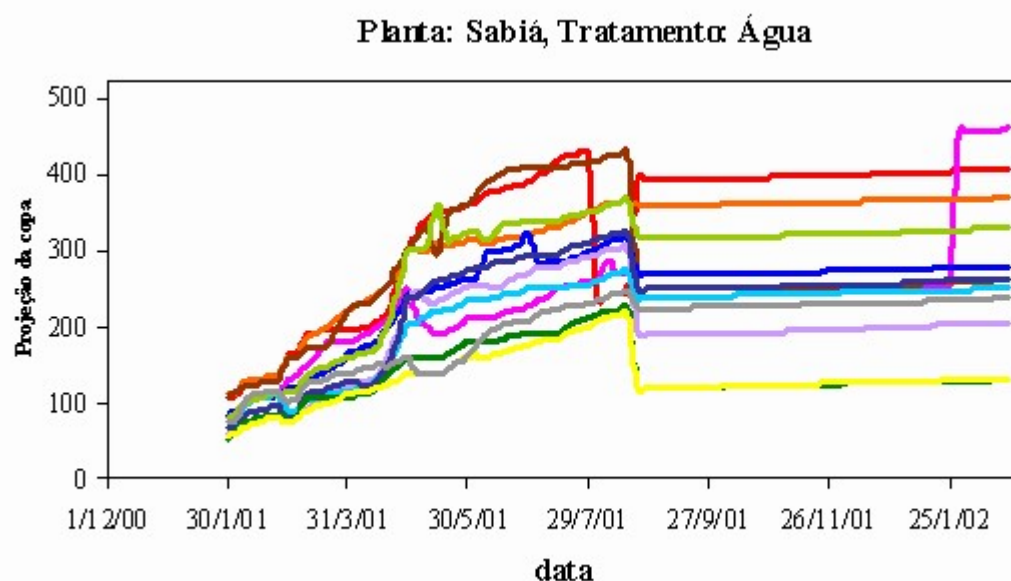


Figura 14 – Projeção média da copa (cm) da Sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia Benth.*) irrigada com efluente final, no período de 30/01/2001 a 24/02/2002. Pacajus. Ceará.

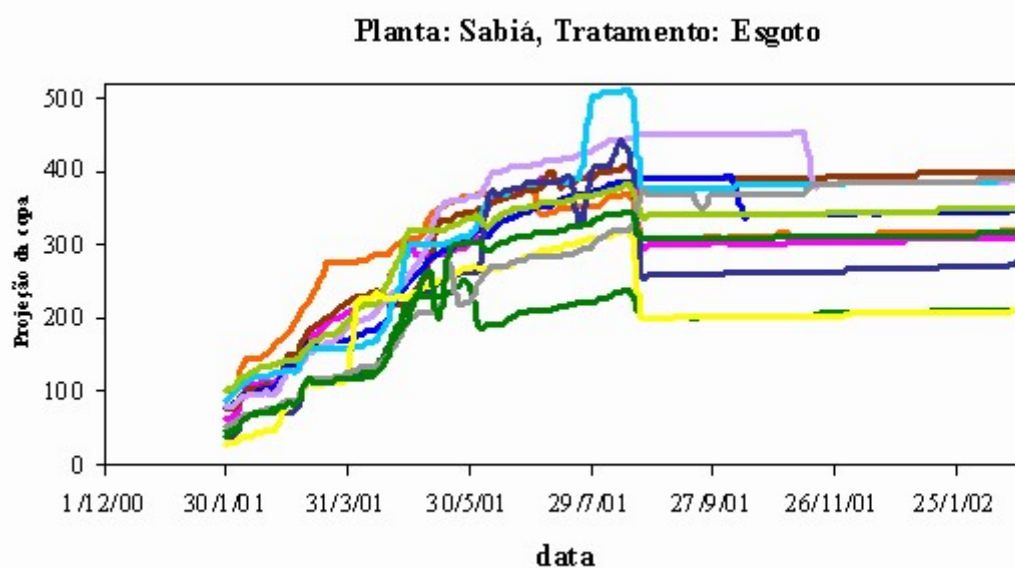
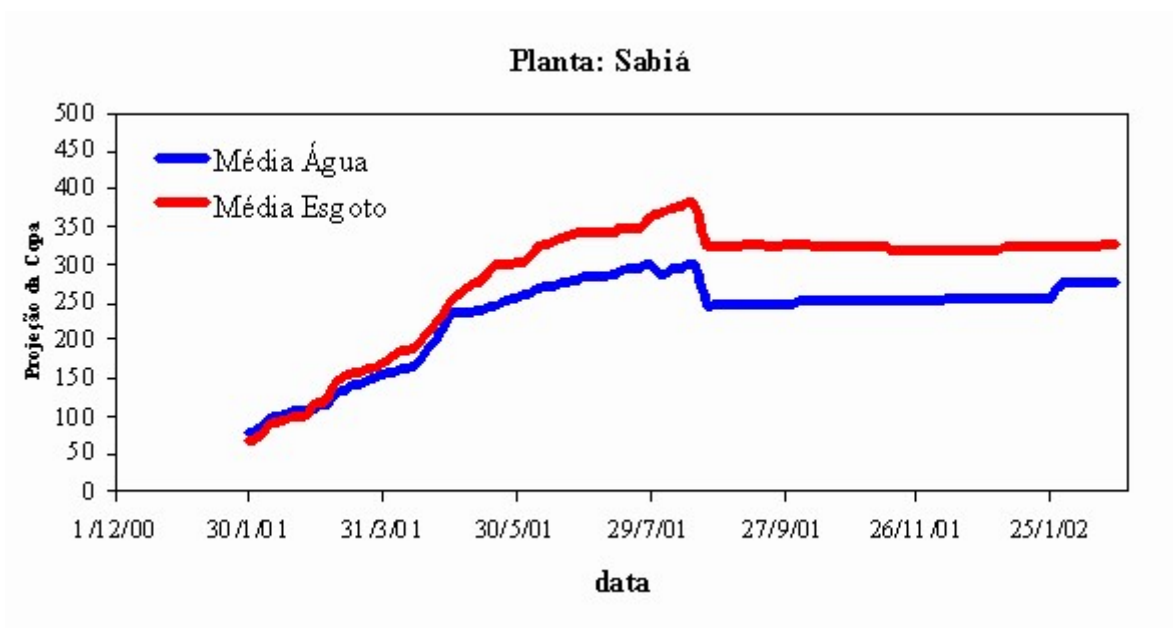


Figura 15 – Gráfico comparativo da projeção média da copa (cm) da sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia Benth.*) irrigada com água bruta e efluente final, no período de 30/01/2001 a 24/02/2002. Pacajus. Ceará.



Os dados apresentados indicam que a projeção da copa da planta Sabiá tem diferença significativa em relação aos dois tipos de tratamento: irrigação com água e irrigação com esgoto, sendo maior no segundo caso. Essa diferença, porém, verifica-se somente com o passar do tempo.

Nas Figuras 16 a 18, são mostrados dados relativos ao diâmetro médio do caule da sabiá, para os dois tipos de irrigação.

Figura 16 – Diâmetro médio do caule (cm) das plantas sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) irrigadas com água bruta, no período de 05/05/2001 a 24/02/2002. Pacajus. Ceará.

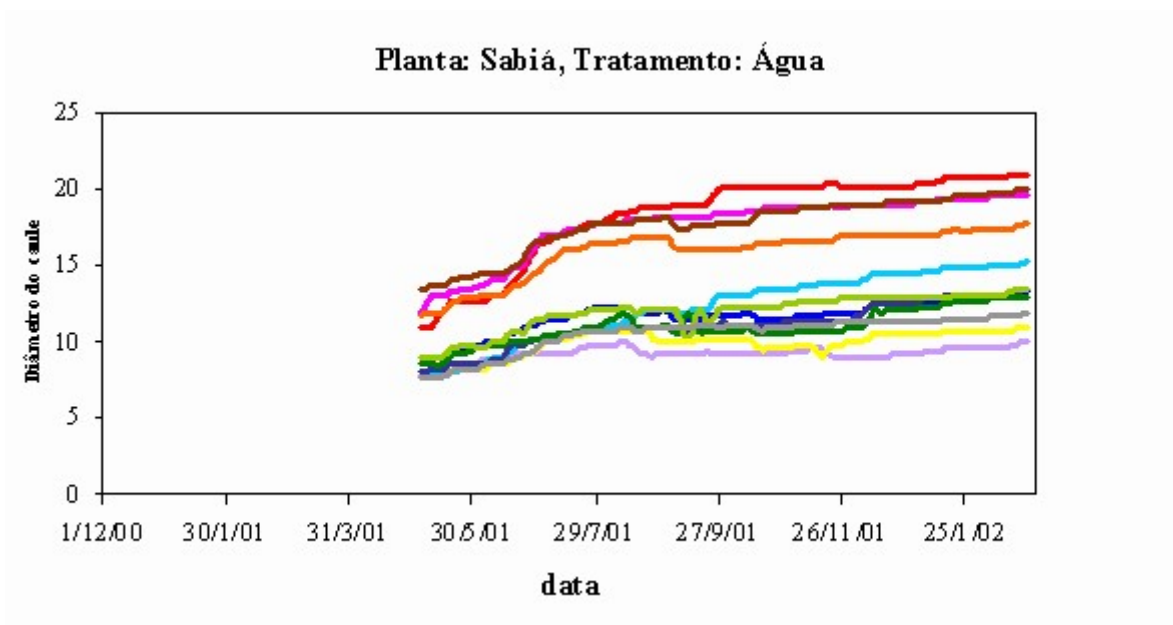


Figura 17 – Diâmetro médio do caule (cm) das plantas sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) irrigadas com efluente final, no período de 05/05/2001 a 24/02/2002. Pacajus. Ceará.

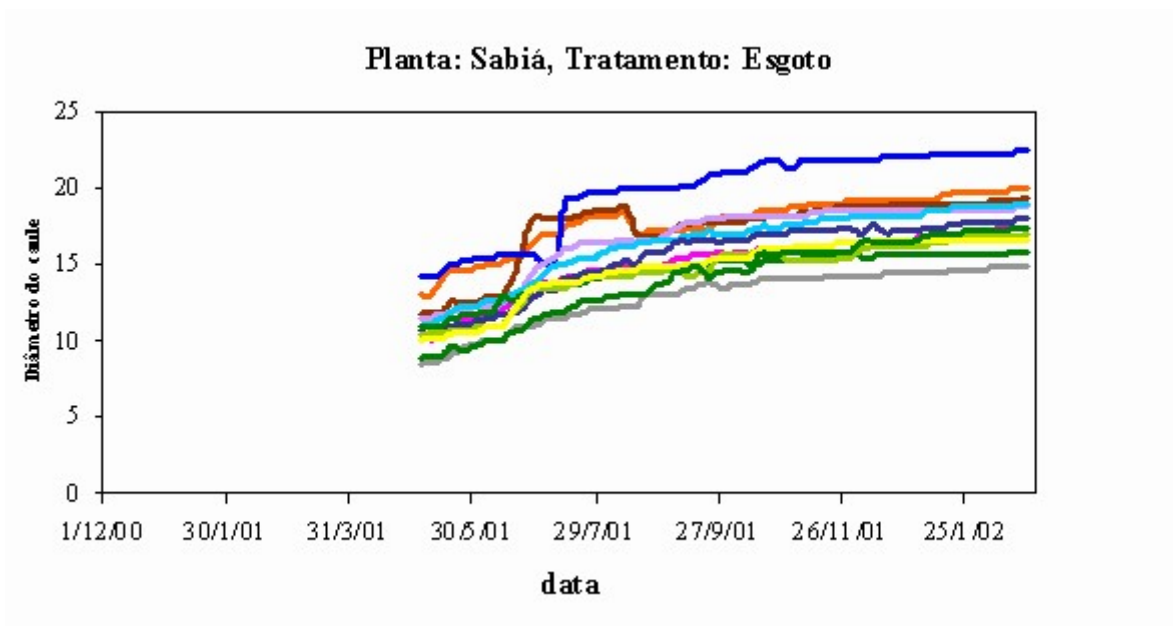
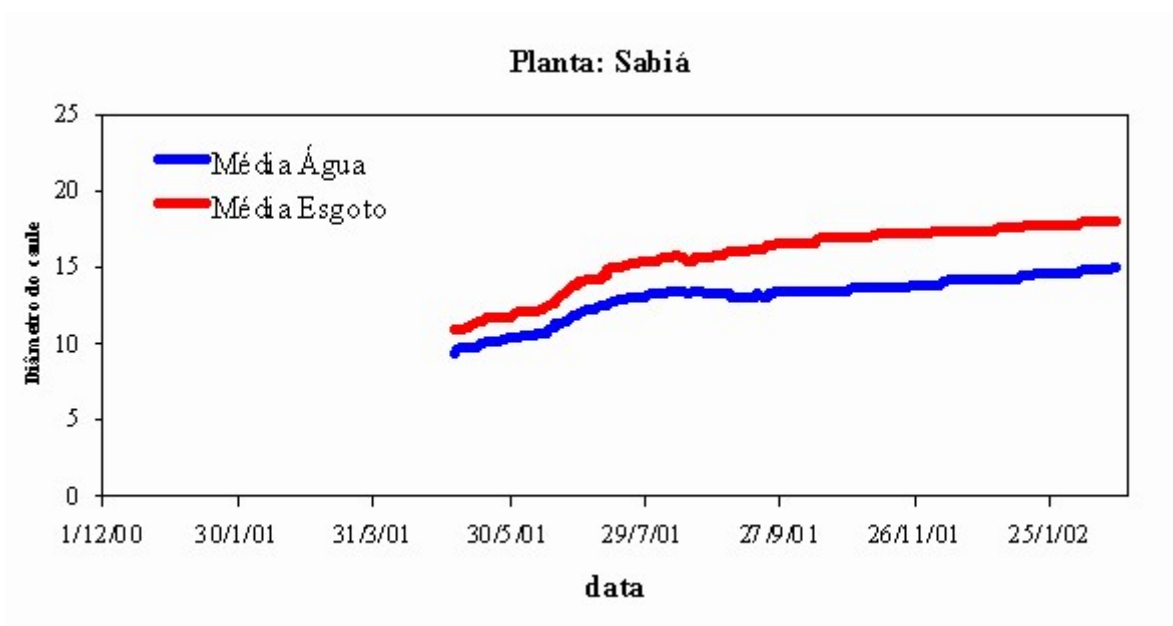


Figura 18 – Análise comparativa do diâmetro médio do caule (cm) da Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia Benth.*) irrigada com água bruta e efluente final, no período de 05/05/2001 a 24/02/2002. Pacajus. Ceará.



Com os resultados apresentados, pode-se afirmar que o diâmetro do caule da planta sabiá apresenta diferença significativa em relação aos dois tipos de irrigação: com água bruta e com esgoto tratado, sendo maior no segundo caso. Observe-se que essa diferença se amplia com o passar do tempo.

CONCLUSÕES

Tanto a erva sal quanto à sabiá tiveram ótimos desempenhos quando irrigadas com efluente de uma estação de tratamento de esgoto de uma indústria têxtil, com alto teor de salinidade. A erva sal apresentou problemas de crescimento quando irrigada com "água doce", indicando que, por ser uma planta halófila, necessita de sódio para o seu metabolismo.

A irrigação dessas culturas constitui uma forma de aproveitamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos de indústrias têxteis, contribuindo para evitar os problemas do seu lançamento em corpos d'água ou no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENICASA, M.M.P. Análise de Crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP, 1988.
2. BRAGA, R. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. 3ª ed. Mossoró: Escola de Agronomia, 1976.
3. FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudios de caso de especies vegetales para las zonas áridas y semi-áridas de Chile y México. Santiago, Chile, 1996.
4. FURTADO, F.N. Aproveitamento de rejeitos de dessalinizadores de água na irrigação da *Atriplex nummularia* Lindl. (Erva sal). Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2002.
5. MITSCH, W. J. & GOSSELINK, J. G. Wetlands, New York : Van Nostrand Reinhold, 1993.
6. RESENDE, A. V. & KONDO, M. K. Leguminosas e recuperação de áreas degradadas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, nº 210, p. 46-56, maio/junho 2001.
7. SILVEIRA NETO, J. W. Aproveitamento de efluentes de estações de tratamento de esgoto de indústrias têxteis. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2003.
8. SIMÃO, J. B. P. & SIQUEIRA, J. O. Solos contaminados por metais pesados : características, implicações e remediação. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, nº 210, p. 18-26, maio/junho 2001.