

IV – Miriam Cleide – Brasil – 1

ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DO AMBIENTE AQUÁTICO DE VIVEIROS DE PISCICULTURA UTILIZANDO EFLUENTES DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SALOBRA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO.

Miriam Cleide C de Amorim⁽¹⁾

M.Sc. Engenharia Química da Companhia Pernambucana de Saneamento – Tratamento de Água e Esgotos – Controle de Qualidade de Água e Esgotos; Pesquisadora conveniada da Embrapa Semi-Árido; Coordenadora do projeto Obtenção de Água Potável via Osmose Inversa com Condicionamento dos Rejeitos. Membro da Equipe do Projeto CNPq - CT-Hidro - Sustentabilidade Hídrica do Semi-Árido. Membro da equipe do Programa Água Doce – Reuso de Efluentes.

Everaldo Rocha Porto

Mestre em Irrigação e Drenagem. Doutor em Conservação de Solo e Água. University of Arizona, U. A., Estados Unidos. Pesquisador da Embrapa Semi-Árido Manejo de Solo e Água. Secretário de Agricultura Municipal de 1997 a 1998. Coordenador do Programa Água Doce – Reuso de Efluentes da Dessalinização de Água Salobra no Semi-Árido da Secretaria Nacional de Recursos Hídricos / Ministério do Meio Ambiente – Brasil.

Ana Nery Barbosa Matos

Bióloga e bolsista DTI - CNPq - Embrapa Semi-Árido pelo Projeto Sustentabilidade Hídrica do Semi-Árido - Projeto Sistema de Produção Integrado Usando Efluentes da Dessalinização de Água Salobra no Semi-Árido.

Endereço: Av Tancredo Neves, S?N, Centro Petrolina-PE-Brasil, CEP: 56300-000 Fone: 55 87 3861-1611 Ramal:222; Fax: 55 87 3861-1197; e-mail: miriamcleide@compesa.com.br

RESUMO

O processo de dessalinização por osmose inversa, bastante utilizado no Semi-árido brasileiro como complementação hídrica, gera rejeitos, sendo este fator de preocupação ambiental, pois, são águas com elevada salinidade, normalmente despejados no solo trazendo, sérios problemas ambientais. Estudos de utilizando efluentes da dessalinização através de três processos integrados (cultivo de tilápia rosa (*Oreochromis sp*), irrigação de plantas forrageiras, *Atriplex nummularia*, e engorda dos rebanhos) que se complementam em uma cadeia produtiva, chamada de Sistema de Produção Integrado Usando Efluentes da Dessalinização, têm comprovado alta tolerância às variações de salinidade com alta taxa de sobrevivência; excelente qualidade da carne; bom crescimento; ótima conversão alimentar; e fácil reprodução da tilápia rosa, cultivada em viveiros que utilizam o rejeito de dessalinizador. No entanto, ainda é escasso o conhecimento básico, em termos limnológicos, de sistemas artificiais de cultivo principalmente nesse caso específico, cujo meio de cultivo é o rejeito. O objetivo deste trabalho foi a avaliação de parâmetros limnológicos do ambiente aquático de um viveiro de cultivo da Tilápia rosa, constituído pelo rejeito de dessalinizador por osmose inversa como meio piscícola, visto que o mesmo, após sair do viveiro, devido a necessidade de renovação, é utilizado na irrigação de plantas forrageiras. Foram avaliados parâmetros físicos e químicos do rejeito em um ciclo de cultivo de sete meses, a fim de compará-los com ecossistemas tradicionais de cultivo e caracterizá-lo como ecossistema aquático, bem como a água oriunda do poço antes do processo de dessalinização para fins de comparação com o rejeito no viveiro em termos de cátions e ânions. Os resultados obtidos mostram que ambiente aquático do viveiro de peixe constituído pelo rejeito diferencia-se limnologicamente dos viveiros tradicionais, principalmente quanto aos valores de salinidade, cátions e ânions, dureza e alcalinidade e apresentaram altos valores nas concentrações de nutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: rejeitos, limnologia, água salobra, semi-árido.

INTRODUÇÃO

O processo de dessalinização por osmose inversa, bastante utilizado no Semi-árido brasileiro como complementação hídrica, gera rejeitos, sendo este fator de preocupação ambiental, pois, são águas com elevada salinidade, normalmente despejados no solo trazendo, sérios problemas ambientais (AMORIM et al., 1997).

Os experimentos da Embrapa Semi-Árido (AMORIM et al., 2001; PORTO et al., 2002), utilizando efluentes da dessalinização através de três processos integrados (cultivo de tilápia rosa (*Oreochromis sp*), irrigação de plantas forrageiras, *Atriplex nummularia*, e engorda dos rebanhos) que se complementam em uma cadeia produtiva, chamada de Sistema de Produção Integrado Usando Efluentes da Dessalinização, têm comprovado alta tolerância às variações de salinidade com alta taxa de sobrevivência; excelente qualidade da carne; bom crescimento; ótima conversão alimentar; e fácil reprodução da tilápia rosa, cultivada em viveiros que utilizam o rejeito de dessalinizador. No entanto, ainda é escasso o conhecimento básico, em termos limnológicos, de sistemas artificiais de cultivo, principalmente nesse caso específico, cujo meio de cultivo é o rejeito. Assim, os parâmetros de qualidade deste ecossistema, necessitam de monitoração, a fim de poder-se avaliar o grau de alterações ocorridas no processo de cultivo em relação aos ambientes aquáticos tradicionais, de forma a quantificar e qualificar limnologicamente o ambiente aquático do viveiro, constituído pelo rejeito, visto que o mesmo, após sair do viveiro devido à necessidade de renovação, é utilizado na irrigação de plantas forrageiras.

Utilizando-se metodologias do Standard Methods for Examination Water and Wastewater (1998), foram avaliados dados de físicos e químicos da água do poço utilizada para dessalinização por osmose inversa bem como do rejeito da dessalinização utilizado como meio de cultivo em um ciclo semi-intensivo de sete meses. Os resultados obtidos mostram que o ambiente aquático do viveiro de peixe constituído pelo rejeito dos dessalinizadores diferencia-se limnologicamente dos viveiros tradicionais, principalmente quanto aos valores de salinidade e nutrientes.

OBJETIVOS

Em busca de resultados práticos, percebe-se que o aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos para o consumo humano, associado ao reuso de efluentes sob a forma de cadeia produtiva, representa importante alternativa de gestão integrada destes recursos, capazes de promover a melhoria da qualidade de vida em harmonia com o ambiente semi-árido. Dando continuidade aos estudos de otimização do sistema de produção integrado de utilização dos efluentes da dessalinização de água salobra no Semi-árido, o presente trabalho objetiva apresentar aspectos limnológicos do ambiente aquático dos viveiros de piscicultura com rejeito de dessalinizadores, através de análises físico-químicas e de nutrientes dissolvidos no efluente a fim de compará-los com ecossistemas tradicionais de cultivo.

METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa vem sendo desenvolvido na Embrapa Semi-árido, Petrolina, PE, onde se encontra implantado o Sistema de Produção Integrada Usando Efluentes da Dessalinização por Osmose Inversa, no Campo Experimental da Caatinga. Neste sistema um dessalinizador produz água potável e rejeitos salinos como subproduto do processo de dessalinização. Os rejeitos são direcionados para um tanque de piscicultura e posteriormente o volume excedente é utilizado para cultivo de plantas halófitas e estas transformadas em forragem para produção de dietas ministradas a ovinos e caprinos.

Em um viveiro revestido com manta de PVC especial, com capacidade de 330 m³ foi monitorado a qualidade do rejeito usado como meio piscícola em um ciclo de cultivo semi-intensivo de sete meses, com densidade de estocagem de 4 peixes/m³, utilizando-se a Tilápia rosa (*Oreochromis sp*), recebendo ração, com teores de proteína bruta de 32%, em duas refeições diárias. Embora a taxa

de renovação em sistemas de cultivo tradicional esteja entre 5% a 10% ao dia, o experimento adotou uma taxa de 0,72% em função do manejo da irrigação das plantas forrageiras.

A qualidade da água inclui todos os fatores físicos, químicos e biológicos que influenciam o seu uso benéfico. Inúmeras são as variáveis dessa qualidade em viveiros de aquicultura, porém apenas algumas delas são de maior significado. Considerando que se avalia o uso de água salobra oriunda da dessalinização de água de poço para cultivo aquícola, a semelhança de águas estuarinas, durante um ciclo de sete meses foram coletadas amostras diárias às 08:00 horas e às 16:00 horas para determinação *in situ* de temperatura, pH e condutividade elétrica do viveiro, utilizando-se medidores de campo. Semanalmente foram coletadas amostras para determinação de alcalinidade, dureza, sulfato, cloreto, carbonato, bicarbonato, sódio, magnésio, potássio, demanda química de oxigênio (DQO), ortofosfato, fósforo total e nitrogênio amoniacal, do rejeito no viveiro antes de sua retirada para irrigação das plantas forrageiras. Também foi coletada semanalmente a água do poço para determinação dos teores de íons, alcalinidade e dureza para fins de comparação com a água do viveiro. A variável oxigênio dissolvido também foi acompanhada neste cultivo, no entanto durante o experimento o equipamento apresentou problemas de calibração, sendo suspensa sua medição. A metodologia de análise utilizada foi a do Standard Methods (APHA, 1998).

RESULTADOS OBTIDOS

O estudo dos fatores físicos e químicos em ambientes aquáticos é de grande importância devido a sua influência sobre os processos metabólicos. De acordo com BOYD (1997) a temperatura e o pH são principais fatores que afetam o metabolismo e os processos fisiológicos dos peixes. A temperatura apresentada durante o período do cultivo apresentou pouca variação durante o dia, e esteve dentro dos valores ideais para cultivo, segundo Boyd (1990) de 25 a 32°C, apresentando valor mínimo de 19,6°C, valor máximo de 26,2°C e, valor médio de 23,7°C no período da manhã. No período da tarde estes valores foram de 24,7°C, 28,8°C e 26,0°C, verificando-se uma diferença de 2,3°C entre os valores médios da manhã e tarde. Observa-se que a temperatura mínima ocorreu entre os meses de junho a agosto, considerados como frios na região.

O pH da maioria dos viveiros de água estuarina apresentam valores que variam de 8 a 9 (BOYD, 1997). De acordo com ESTEVES (1998) ecossistemas localizados em regiões com balanço hídrico negativo, onde a precipitação é menor do que a evaporação, os valores de pH normalmente são elevados. Durante todo o ciclo de cultivo não foi observada variação significativa para o pH do ambiente aquático, pois os valores encontrados no período da manhã e tarde estiveram na faixa de 7,92 a 8,00, conforme Gráfico 1. Durante o período do cultivo a média do valor do pH foi de 7,33 na água do poço e de 7,86 na água do viveiro não se observando influência do cultivo no valor de pH do rejeito que se manteve próximo a neutralidade durante todo o cultivo. Os valores encontrados caracterizam o ambiente como de regiões semi-áridas segundo ESTEVES (1998) e encontraram-se na faixa para a produção de peixe em cultivos tradicionais, segundo ARANA (1997).

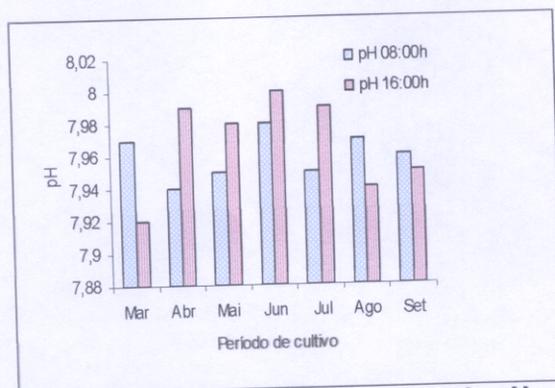


Gráfico 1: Valores médios mensais de pH

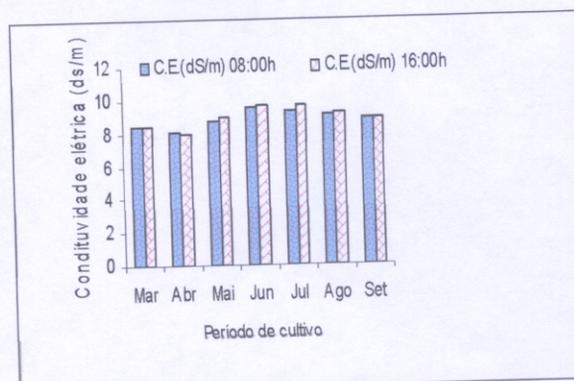


Gráfico 2: Valores médios mensais de CE

A Condutividade Elétrica não apresentou grandes flutuações nos valores da manhã e tarde, bem como durante o ciclo de cultivo. No período da manhã o valor mínimo foi de 8,07 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, o valor

máximo foi de $9,52 \text{ dS.m}^{-1}$ e a média foi de $8,8 \text{ dS.m}^{-1}$. No período da tarde o valor mínimo foi de $7,94 \text{ dS.m}^{-1}$, o valor máximo foi de $9,65 \text{ dS.m}^{-1}$ e a média foi de $8,9 \text{ dS.m}^{-1}$. A média durante o cultivo foi de $8,85 \text{ dS.m}^{-1}$.

Segundo BOYD (1997) a alcalinidade total e a dureza na água do viveiro é derivada principalmente da dissolução do calcário nos solos. Em ambientes aquáticos de viveiros tradicionais os valores de alcalinidade encontram-se na faixa de 5 a 500 mg.L^{-1} , na faixa de 5 a 700 mg.L^{-1} , e na faixa de 1000 a 6000 mg.L^{-1} , variando em função das regiões e das características do solo do viveiro. Considerando que o viveiro avaliado é todo revestido com manta de PVC para evitar o contato do rejeito com o solo, estes valores elevados são atribuídos a origem da água do viveiro que se trata de água salobra oriunda da dessalinização de água de poço. Os dados da Tabela 1 mostram que o valor mínimo foi de 645 mg.L^{-1} , para a alcalinidade e de 2387 mg.L^{-1} para a dureza. O valor máximo foi de 965 mg.L^{-1} para a alcalinidade e de 2992 mg.L^{-1} para a dureza. A Tabela 2 mostra os valores de alcalinidade e dureza da água do poço obtidos durante o período de cultivo, cujos valores médios foram de 576 mg.L^{-1} e de 2415 mg.L^{-1} respectivamente, estando bem próximos dos valores médios para a água do rejeito no viveiro que foi de 762 mg.L^{-1} e 2612 mg.L^{-1} para a alcalinidade e a dureza respectivamente. Estes valores foram bem acima dos valores ideais para criação de peixe que é de 20 mg.L^{-1} e 120 mg.L^{-1} (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Tabela 1 – Valores médios de alcalinidade e dureza em mg.L^{-1} durante o cultivo.

	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Alcalinidade (mg.L^{-1})	645	660	665	630	865	940	965
Dureza (mg.L^{-1})	2465	2387	2719	2553	2515	2657	2992

Tabela 2 – Valores médios de alcalinidade e dureza da água do poço em mg.L^{-1} .

	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Alcalinidade (mg.L^{-1})	-	314	376	746	508	720	790
Dureza (mg.L^{-1})	2093	2220	2791	2507	1754	2582	2062

Os íons sódio, magnésio, cálcio e cloreto têm importante papel nos ecossistemas aquáticos, pois fazem parte de importantes processos fisiológicos de suas comunidades e sua presença no ambiente aquático deve-se principalmente a origem da água tendo influência sobre os valores de condutividade elétrica. Observa-se através dos Gráficos 3 e 4 contendo os valores médios dos cátions e ânions da água do rejeito no viveiro, que os elementos que apresentaram maior predominância são o cloreto (Cl^{-1}), o sódio (Na^{+}), o magnésio (Mg^{+2}) e o cálcio (Ca^{+2}) nessa ordem, e que estão acima dos valores característicos de ambientes aquáticos tradicionais que utilizam água doce, justificando assim os elevados valores de condutividade elétrica. Os íons carbonatos e sulfatos aparecem em quantidades bem pequenas, indicando que a alcalinidade total encontrada está principalmente na forma de bicarbonato (HCO_3^{-1}).

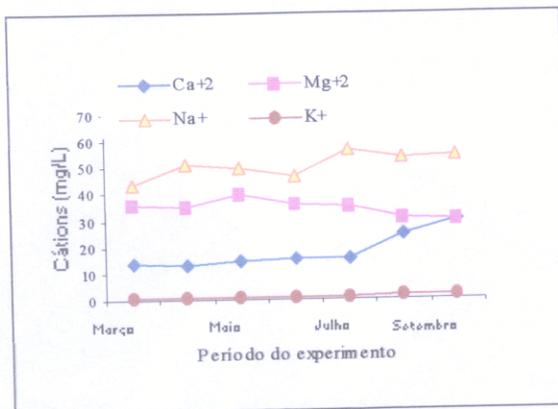


Gráfico 3: Valores médios de cátions

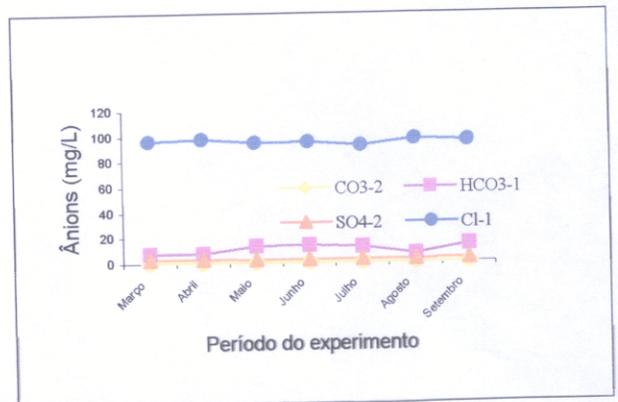


Gráfico 4: Valores médios de ânions

Observando os Gráficos 5 e 6 que mostram os valores médios dos cátions e ânions da água do poço percebe-se que não houve variação significativa nos teores desses elementos em relação ao rejeito utilizado como meio piscícola, justificando assim sua origem.

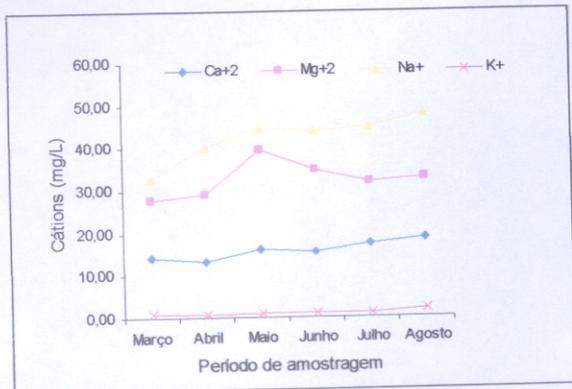


Gráfico 5: Cátions da água do poço

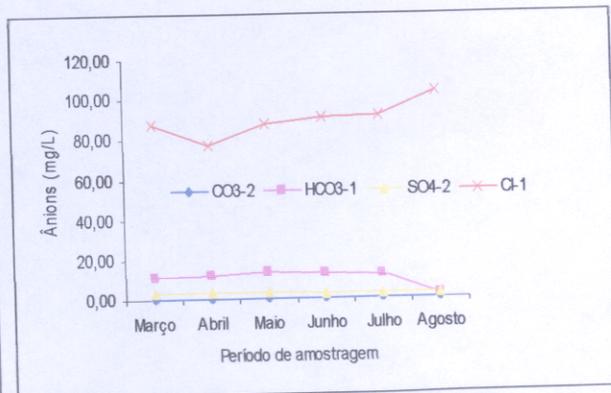


Gráfico 6: Ânions da água do poço

A DQO é um indicador do enriquecimento orgânico da água do viveiro, o qual pode variar de menos de 10 a mais de 200 mg/L. A variação usual fica entre 40 a 80 mg.L⁻¹ (BOYD, 1997). A DQO não é muito usada no manejo dos viveiros de aquicultura, sendo de grande importância no controle de poluição de corpos hídricos. Como pode ser observado no Gráfico 7, a DQO do viveiro foi em média de 294,24 mg.L⁻¹, estando acima dos valores usuais de cultivo aquícola, indicando alta carga orgânica provavelmente oriunda da ração e concentrada pela baixa taxa de renovação de água do viveiro. Palhares et al. (1995) estudando a qualidade da água para aquicultura, encontrou valores de DQO entre 206 e 426 mg.L⁻¹.

Os dados do Gráfico 8 mostram que os valores de ortofosfato foram baixos quando comparados com os valores ideais para cultivo, que está na faixa entre 0,15 e 0,30 mg.L⁻¹ (BOYD, 1997). Os valores encontrados no meio piscícola estiveram abaixo da faixa ideal até o sexto mês de cultivo, ultrapassando em 60% o valor ideal no sétimo mês. O valor mínimo foi de 0,065 mg.L⁻¹ e o máximo de 0,48 mg.L⁻¹. Segundo ESTEVES (1998) o íon fosfato, pode estar sob diferentes espécies iônicas em função do pH do meio e também é função da densidade e da atividade de organismos fitoplanctônicos no meio, indicando que os baixos teores encontrados podem ser devido ao consumo dessa variável pelos fitoplânctons.

O fósforo e o nitrogênio são os dois elementos que, provavelmente, mais condicionam o crescimento do fitoplâncton. O valor máximo de fósforo foi de 0,67 mg.L⁻¹ e o mínimo de 0,29 mg.L⁻¹; já o do nitrogênio (amônia - NH₃) foi de 0,31 mg.L⁻¹ e o mínimo de 0,10 mg.L⁻¹. O fósforo apresentou valores acima dos valores encontrados nos viveiros tradicionais os quais estão entre 0,005 a 0,2 mg.L⁻¹. Elevados níveis de fosfato total podem estar associados à alimentação, a liberação para o meio pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias, e a destruição das células fitoplanctônicas pelo zooplâncton, resultando num aumento da concentração de fosfato no meio.

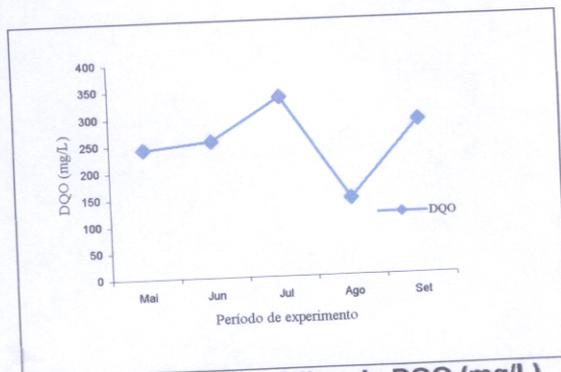


Gráfico 7: Valores médios de DQO (mg/L)

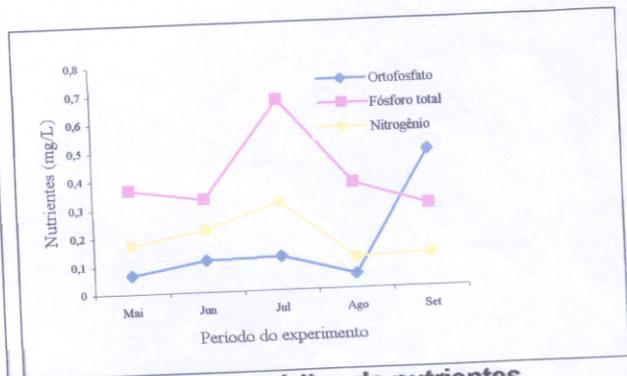


Gráfico 8: Valores médios de nutrientes

Os níveis de nitrogênio (amônia – NH₃) praticamente mantiveram-se dentro da concentração desejada, segundo BOYD (1997), < 0,1 mg. L⁻¹, durante o quinto e sexto mês de cultivo, pois apresentaram valores de 0,1 e 0,12 mg. L⁻¹, respectivamente. No segundo, terceiro e quarto mês os valores praticamente ficaram acima da concentração desejada. No primeiro e último mês não foi possível a obtenção deste dado.

Segundo ESTEVES (1998), dados sobre a concentração de fósforo em lagos podem ser usados como um indicador do seu estado de trofia, e os limites para cada estado trófico variam de autor para autor. Segundo a EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) valores de fósforo total > 20 µg.L⁻¹ classificam os lagos como eutróficos. Em uma comparação do ambiente aquático artificial estudado e as classificações quanto ao grau de trofia dos lagos, o ecossistema aquático de cultivo da tilápia pode ser classificado como eutrófico, indicando ambientes excessivamente enriquecidos em compostos químicos ricos em fósforo ou nitrogênio.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos mostraram que o ambiente aquático do viveiro de peixe constituído pelo rejeito dos dessalinizadores diferencia-se limnologicamente dos viveiros tradicionais, quanto aos valores de salinidade, cátions e ânions, dureza e alcalinidade e nutrientes.

Os valores altos obtidos neste experimento para as concentrações de nutrientes, podem estar relacionados com a densidade de estocagem, a quantidade de ração e a taxa de renovação do rejeito no viveiro, sendo estes, parâmetros de estudos posteriores.

Os resultados indicaram a necessidade de ampliar os estudos para a avaliação fitoplanctônica, e de matéria orgânica através da determinação do oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio correlacionando-os com a avaliação de nutrientes a fim de subsidiar a caracterização deste meio artificial de cultivo, e complementar o conhecimento dos parâmetros que definem o sistema de produção integrado usando efluentes da dessalinização sob a forma de cadeia produtiva, subsidiando os estudos do solo irrigado com o rejeito e contribuindo cada vez mais para a sua sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMORIM, M. C. C., SILVA JÚNIOR, L. G. A., PORTO, E. R., LIBERAL, G. S. Efeitos de Sais no Solo provenientes de Rejeitos da Dessalinização por Osmose Inversa no Semi-Árido Pernambucano In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1997, Campina Grande. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande, 1997. v.CD ROM.
2. AMORIM, M. C. C., PORTO, E. R., ARAÚJO, O. J., SILVA JÚNIOR, L. G. A. Alternativa de Reuso dos Efluentes da Dessalinização por Osmose Inversa: Evaporação Solar e Meio Líquido para Cultivo de Tilápia koina (*Oreochromis sp.*) In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. Saneamento Ambiental: Desafio para o Século 21. João Pessoa, 2001.v.CDROM.
3. APHA. American Public Health Association Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20 th. Ed. American Public Health Ass. Washington, 1998.
4. ARANA, L.V. Princípios Químicos de Qualidade da Água em Aqüicultura. Florianópolis: Ed. UFSC, 1997.
5. BOYD, C. Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aqüicultura. Associação Americana de Soja (ASA), Campinas. Tradução: (Eduardo Ono), 1997. 55 p.
6. ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
7. PALHARES, J.C.P., LUCAS Jr, J., SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Efeito da Aplicação de Estrumes animais, "in natura" e fermentado em biodigestores, na Qualidade da Água para Aqüicultura.

Jaboticabal, 1995. 70p. (Tratado para Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista),

8. PORTO, E. R., SILVA JÚNIOR, L. G. A., ARAÚJO, O. J., AMORIM, M. C. C. Usos Alternativos para água subterrânea no semi-árido brasileiro In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, Florianópolis. **Aqüíferos Transfronteiriços**. , 2002. v. CD ROM.
9. SIPAÚBA-TAVARES, L.H., DURIGAN, J.G. Variação dos fatores abióticos e pigmentos totais em dois viveiros de criação de peixes em regime semi-intensivo. Acta Limnológica Brasiliensia. V.7, p. 10-22, 1995.