

WATER DAMS FOR USE IN DRIP IRRIGATION IN THE CITY OF PENEDO / AL: PHYSICO-CHEMICAL AND BIOLOGICAL QUALITY

Orlando de Oliveira Silva¹; Elane C. L. dos Santos²; Ana M^a. Q. López^{2*}.

¹ Escola Agrotécnica Federal de Satuba EAFS, CSTL, Rua 17 agosto, s/n. Cep 571220-00, setor agroindústria zona rural- Satuba, Al. Fone: (82) 3266-1020, Fax: (82) 3266-1009. URL da Home Page: <http://www.eafs.gov.br>

² Universidade Federal de Alagoas UFAL, BR 104 Km 14N, Campus A.C. Simões, Tabuleiro dos Martins s/n. Cep 570729-70, Inst. de Química e Biotecnologia – Maceió, al. Fone: (82) 3214-1380, fax: (82) 3214-1380. E-mail: elane_agrimensura@yahoo.com.br; *amql@qui.ufal.br.

In areas where rainfall is irregular or not reaches the required the supply for cane cultivation, irrigation is essential. The introduction of drip irrigation (with surface or underground micro-sprinklers), has been one of the factors that contributed to the increase in sugar and alcohol productivity in the region of Alagoas. This study outlined a profile of physico-chemical and biological features of impounded water dam “Salvador Lyra”, in the city of Penedo-AL, used to irrigate crops in a sugarcane mill, with the purpose to know the causes of obstructions detected in the issuing of the drip irrigation system, and to propose consistent control measures. During the period of one year, samples from three points along the dam were subjected to microbiological analysis and pH, hardness, electrical conductivity, concentration of total dissolved solids, dissolved oxygen and Fe²⁺. With respect to microbiological analysis, it was isolated from the neutral waters an aerobic bacteria producing siderophore iron chelators, classified as the species *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter 1872) Migula (1900), and the results of physico-chemical analysis showed the prevalence of with a high risk of biological clogging (> 50,000 cells / mL).

Keywords: Water quality, fouling, Iron Bacteria.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) foi a primeira cultura introduzida no Brasil, especialmente na região Nordeste no século XVI ocupando, atualmente, 13,56 % milhões de hectares, com produção estimada 971,69 % milhões de toneladas, sendo que 52,8% da área plantada se encontra no estado de São Paulo, em Alagoas a área plantada apresenta 5,33% milhões de hectares do total, com produção estimada de 4,5% milhões de toneladas por hectares do total [1]. Em Alagoas, o setor sucroalcooleiro se transformou no mais importante economicamente, posicionando-o no mercado internacional e sendo responsável pela maior parte da receita pública capaz de gerar empregos e desenvolvimento [2].

A região canavieira de Alagoas tem sua produtividade restringida devido à sua limitada precipitação pluvial. Embora em termos totais anuais

(em 1500 2000 mm) esse suprimento hídrico se enquadre dentro das exigências da cana-de-açúcar [3], há um excedente no outono-inverno (a precipitação equivale a 70% do total anual) e uma deficiência na primavera-verão [4], coincidindo com a fase de desenvolvimento dessa planta, a qual apresenta maior exigência hídrica. Essa característica agroclimática contribui muito para as baixas produções alcançadas nessa região. Nos últimos anos um dos fatores que contribuiu para o aumento da produtividade na região sucroalcooleira do Estado de Alagoas foi a implantação do sistema de irrigação por gotejamento. Há relatos de pesquisas demonstrando que esse sistema aumentou a produção anual de 55 toneladas/hectare para 120 toneladas/hectares, visto permitir melhor distribuição de água em grandes áreas, além de controlar a umidade do solo, garantir menor infestação de plantas daninhas e melhor qualidade fitossanitária da cana [5].

O propósito deste trabalho foi identificar a origem (abiótica e/ou biótica) dos freqüentes entupimentos de emissores de irrigação por gotejamento

nos plantios de cana de uma usina sucroalcooleira de Alagoas, fornecendo dados que favorecessem a otimização do sistema de irrigação nos plantios com um acréscimo mínimo nos custos de sua implantação.

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados na barragem Salvador Lyra, situada a 10° 18' S de latitude e 31° 45' W de longitude, no município de Penedo, Estado de Alagoas, inserida na sub-bacia do Rio Marituba, no baixo vale da bacia do Rio Piauí, com capacidade para aproximadamente 20.000.000 m³ de água. Além da barragem, o sistema pesquisado também se fez representar pelo tanque de sedimentação, aerador e canais de distribuição para irrigação (gotejamento, pivô linear e aspersão), em uma área de cerca de 3,700 ha, pertence à Usina Caeté /Filial Marituba, situado na fazenda Vilarinho, s/n, município de Igreja Nova / AL.

Coleta das Amostras

As amostras foram coletadas em três pontos da barragem Salvador Lyra (P1, P2 e P3), em Penedo-AL. O ponto P1 (10° 10' 19,9" S e 36° 27' 38,2" W), situado dentro do corpo d'água da barragem, entre as duas balsas de captação, P2 (10° 10' 19,9" S e 36° 26' 18,9" W) e P3 (10° 07' 26,1" S e 36° 28' 15,3" W), o qual está localizado a montante da barragem, no leito do Rio Marituba, conforme mostra a (Figura 1). De acordo com o "levantamento exploratório- Reconhecimento de solos do estado de Alagoas" realizado pela [6], o solo da área é classificado do tipo Latossolo Vermelho Amarelo e Podzólico vermelho Amarelo.



Figura 1. Pontos de amostragem de água ao longo da barragem Salvador Lyra-AL.

A água amostrada de acordo com sua finalidade

analítica foi dividida em garrafas de polietileno, sendo que estas continham agentes conservantes para as determinações de ferro (HCL concentrado para análise de ferro ferroso Fe⁺² e HNO₃ concentrado para as análises de ferro total Fe). Todas as amostras foram acondicionadas em caixa de isopor e transportadas imediatamente para análises no Laboratório Industrial da Usina em questão.

A qualidade da água foi avaliada em duas etapas: a primeira de agosto a dezembro de 2000, constando de 27 amostras, e a segunda no período de setembro a novembro de 2001, totalizando 21 amostras. Os fatores avaliados foram aqueles que contribuem para a obstrução dos emissores, isto é, pH, condutividade elétrica (C.E.), sólidos totais dissolvidos (S.T.S), dureza, concentrações de oxigênio dissolvido (O.D) e de ferro (ferro total e íon ferroso Fe⁺²). Com relação aos exames microbiológicos, foram realizados o isolamento e identificação dos microorganismos.

Para a determinação de pH utilizou-se um phmetro Mettler Toledo/Delta 320, o qual foi calibrado previamente com soluções tampões (pH 4,0 e 9,0). Já para a determinação da C.E. e de S.T.D., ao chegarem ao laboratório as amostras permaneceram em repouso na bancada até atingirem a temperatura ambiente. Os valores de C.E. foram obtidos através de condutivímetro previamente aferido com solução padrão de KCl 0,0100M por três vezes. Já os valores de S.T.D. foram calculados através de razões de proporcionalidade entre os valores obtidos de C.E.

A dureza das amostras foi determinada, através de método titulométrico-EDTA, conforme descrito em [7]. Para a determinação de O.D., as garrafas utilizadas na coleta das amostras foram de vidro específico (tipo Demanda Bioquímica de Oxigênio – D.B.O., 300 mL), e o oxigênio presente nas mesmas foi fixado conforme o método iodométrico modificado pela azida [7]. A metodologia utilizada para ferro total (Fe) e íon ferroso (Fe⁺²) foi a espectrofotométrica com fenantrolina, sendo que as amostras utilizadas para a determinação de ferro total foram utilizadas até cerca de 24 horas após a coleta e as utilizadas para determinação de íon ferroso (Fe⁺²), foram imediatamente processadas.

Para as análises microbiológicas, a metodologia utilizada no isolamento, identificação e quantificação dos microorganismos da água bruta foi a descrita em [7-12]. Além dos métodos morfobioquímicos diferenciais descritos, também foi empregado o sistema de galerias API-20E (Biomerieux®, França). As amostras foram

coletadas nos mesmos pontos descritos para as análises físico-químicas, transportadas para o laboratório de Microbiologia Industrial da empresa acima mencionada, e imediatamente diluídas em solução salina 0,9% estéril (1:100) para inoculação em diferentes meios de cultura através da técnica de pour plate, em placas de Petri incubadas por 120 horas 27 ± 2 °C. No caso de culturas líquidas, a inoculação foi realizada em meios isentos de agar em frascos Erlenmeyer, e a incubação ocorreu nas mesmas condições de temperatura e pelo mesmo intervalo de tempo das anteriores, porém utilizou-se mesa agitadora com controlador de temperatura.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas realizadas na barragem Salvador Lyra durante os períodos 2000 e 2001, foram comparados com os resultados cedidos pelo laboratório da Usina Caeté/Filial Marituba das análises físico-químicas realizadas no ano 1999.

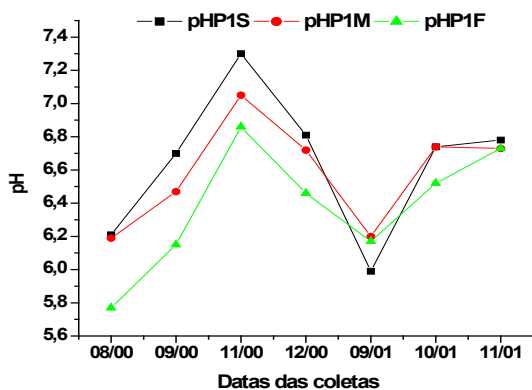


Figura 2. Variação de pH ao longo da coluna d' água da barragem Salvador Lyra-AL (P1S, P1M e P1F respectivamente superfície, meio e fundo), nas diferentes datas de coletas.

Em relação ao pH das amostras, apesar de variações ocorridas nas diferentes coletas, devido a presença de alguns bancos de macrófitas, as quais contribuíram para uma oscilação do pH em torno de 6,5 (Figura 2), este parâmetro apresentou-se dentro da normalidade indicada pela legislação vigente para águas superficiais, visto que a resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA),

fixa na faixa entre 6 e 9 os valores de pH para proteção à vida aquática. O pH é um importante indicador de qualidade da água e da extensão da poluição em cursos de água, influenciando muitos processos biológicos e químicos nos corpos d'água [13]. Corpos hídricos não poluídos geralmente apresentam uma variação nos valores de pH próximo da neutralidade. O pH altera a solubilidade e, por isso, a disponibilidade de muitas substâncias, mas também afeta a toxicidade de substâncias como os metais e formas disponíveis de nitrogênio. As águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, neste intervalo de pH é o ideal à manutenção da vida aquática [14]. Conforme [15], águas com pH menor que 7,0 são de baixo risco de entupimentos, enquanto aquelas com pH compreendido entre 7,0 e 8,0 apresentam risco moderado, e pH maior do que 8,0 apresentam alto risco.

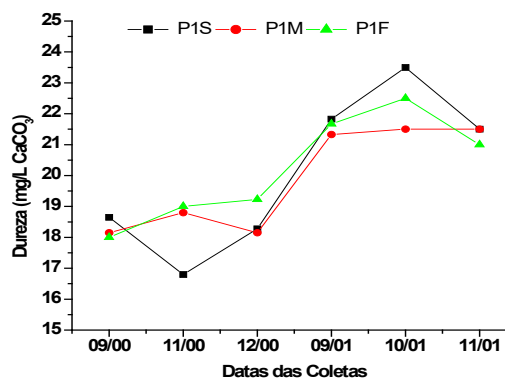


Figura 3. Variação de dureza ao longo da coluna d'água da barragem Salvador Lyra-AL (P1S, P1M e P1F, respectivamente superfície, meio e fundo), nas diferentes datas de coleta.

Com relação à dureza total das amostras nas diferentes datas, expressa em mg/L de equivalente de carbonato de cálcio (CaCO_3), observou-se uma variação em torno de 20 mg/L CaCO_3 (Figura 3). A dureza tem sua origem natural através da dissolução de rochas calcárias, e como o carbonato é sensível ao calor, o aumento da temperatura leva à precipitação do mesmo, podendo provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores [14]. Segundo [16], a

dureza é uma variável importante para a determinação da qualidade da água de irrigação, visto que a precipitação dos carbonatos de cálcio e magnésio pode ocorrer se a dureza for elevada em valores de pH acima de 7,5. Para [17] os valores ideais de cálcio e magnésio na água de irrigação devem ser no máximo respectivamente de 400 mg/L de Ca^{+2} e 60 mg/L de Mg^{+2} . Os resultados obtidos neste trabalho, portanto, conferiram à água estudada uma boa qualidade para o uso da irrigação, sem trazer problemas de obstrução ao sistema de distribuição.

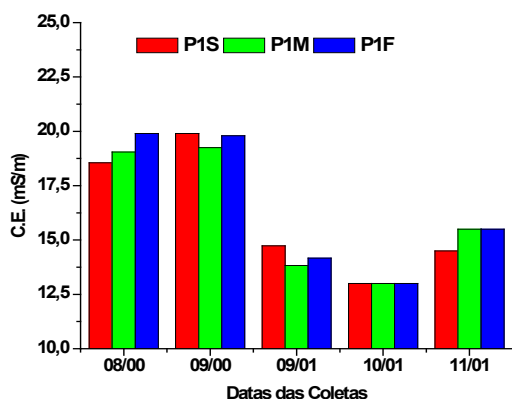


Figura 4. Variação de condutividade elétrica ao longo da coluna d'água da barragem Salvador Lyra-AL (P1S, P1M e P1F, respectivamente superfície, meio e fundo), nas diferentes datas de coleta.

Com relação a condutividade elétrica (C.E.) (Figura 4), foi observado uma redução de seus valores no mês 10/2001, devido ao alto índice pluviométrico do período, diluindo os íons presentes na água. No entanto o que se esperava era um aumento desse parâmetro proveniente do aporte de compostos inorgânicos e orgânicos das encostas da barragem Salvador Lyra (Penedo-AL). Nessa mesma ocasião foi detectada a presença de ferro solúvel (Fe^{+2}). Já nos meses de baixo índice pluviométrico, como 09 e 11/2001, a C.E. apresentou-se mais alta, possivelmente devido a evaporação e captação de água para os sistemas de irrigação. Portanto, já eram esperadas possíveis interferências para os dados de C.E. das amostras, visto que compostos orgânicos de origem vegetal estariam presentes na barragem.

A condutividade elétrica determina a capacidade de a água conduzir a corrente elétrica devido a sua concentração iônica [13]. [18] consideram a C.E. como um fator de risco na obstrução dos emissores d'água, sendo valores menores que 100 mS/m risco de entupimento baixo, entre 100 a 450 mS/m o risco é classificado como moderado e maior do que 450 mS/m, é considerado como severo. A condutividade média da barragem encontra-se na faixa de 16 mS/m, apresentando pequena variação ao longo da coluna d'água da barragem nas condições climáticas das amostras coletadas na época.

Quanto aos valores de sólidos totais dissolvidos (S.T.D.), observou-se concentração média de aproximadamente 120 mg/L, durante as datas de coleta nos pontos de captação das bombas do sistema de irrigação (P1S) e na altura média da coluna d'água (P1M), enquanto no ponto (P1F) da extremidade inferior dessa coluna foi de cerca de 122 mg/L (Figura 5). Segundo [19], citados por [20], o termo "sólidos" é amplamente usado para a maioria dos compostos presentes em água e que permanecem em estado sólido após evaporação. Os sólidos suspensos e dissolvidos correspondem aos resíduos filtráveis e não filtráveis, respectivamente. Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação da amostra durante um tempo fixado [21].

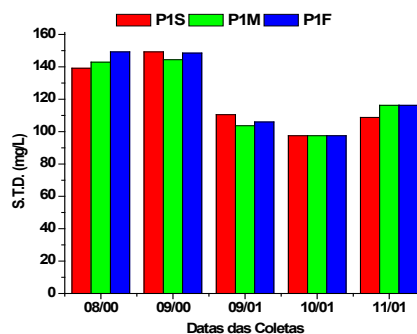


Figura 5. Variação de sólidos totais dissolvidos (S.T.D.) ao longo da coluna d'água da barragem Salvador Lyra-AL (P1S, P1M e P1F, respectivamente superfície, meio e fundo), nas diferentes datas de coleta.

De acordo com [16] quando a água de irrigação

apresenta valores acima de 50 mg/L de sólidos suspensos e 500 mg/L de sólidos dissolvidos, pode ocorrer danos moderado ao sistema de irrigação localizada, como o entupimento de emissores. Outro problema são os sólidos dissolvidos que apresentam sais minerais, sendo que seu excesso na água de irrigação pode provocar a salinização do solo, dificultando e/ou impedindo a planta de absorver a água pelas raízes [17].

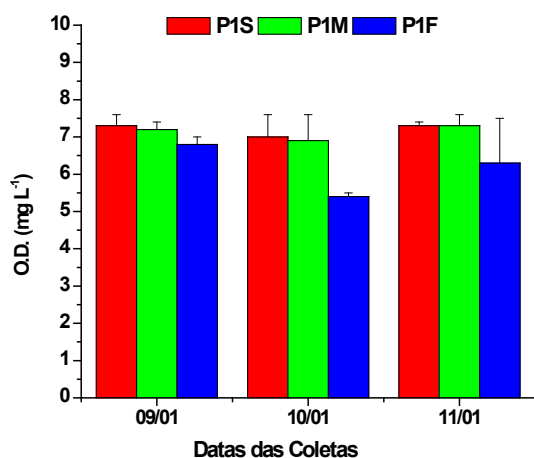


Figura 6. Variação de oxigênio dissolvido ao longo da coluna d'água da barragem Salvador Lyra-AL (P1S, P1M e P1F, respectivamente superfície, meio e fundo), durante as diferentes datas de coleta.

Com relação ao oxigênio dissolvido, as amostras analisadas no ponto P1 apresentaram pequena variação no mês 09/ 2001. Amostras do ponto P1F apresentaram concentração de 6,8 mg/L, um pouco abaixo dos índices observados nas águas dos pontos P1S e P1M (respectivamente 7,3 e 7,2 mg/L de O₂) (Figura 6). Nesse mesmo mês, o índice pluviométrico foi baixo, ocorrendo possivelmente uma pequena lixiviação de materiais orgânicos e inorgânicos das encostas para dentro da barragem e nos outros dois pontos P2 e P3 a concentração de O.D apresentou-se baixa devido à oxidação e decomposição dos materiais recentemente carregados ou de atividade metabólica dos microorganismos. A concentração de oxigênio dissolvido é um parâmetro importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático e sua redução pode ocorrer por 14 razões naturais, principalmente pela respiração dos organismos presentes no ambiente

aquático, mas também por perdas para a atmosfera, mineralização da matéria orgânica e oxidação de íons [14]. Embora não seja um parâmetro utilizado na caracterização da qualidade da água para irrigação, é uma variável química importante, pois permite detectar os efeitos dos resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos durante a oxidação bioquímica. A Resolução n° 357/2005 do CONAMA [22] determina que em qualquer amostra coletada, os valores de oxigênio dissolvido para as águas de Classes 1-3, não sejam inferiores a 6, 5 e 4 mg/L, respectivamente.

Os teores de ferro total das amostras coletadas na captação durante o ano de 2001 mostraram-se dentro da faixa moderada de risco. Com relação aos valores obtidos das análises de ferro total, no mês 11/2001 no ponto de coleta P3 (Rio) esse parâmetro foi mais alto que na água da barragem (P1 e P2), provavelmente devido ao permanente carregamento de compostos ferrosos de seu leito. Observou-se que no período de estiagem os teores de ferro das águas represadas permaneceram constantes, devido à sedimentação dos compostos de ferro oxidado, tanto pela turbulência resultante dos ventos na coluna de água como pelo próprio oxigênio molecular gerado pela atividade fotossintética do fitoplâncton e de microorganismos. Nesse mesmo período, foi observado que os teores de ferro total ao longo de todo o sistema de irrigação, desde a captação de água da barragem no ponto (P1), até a distribuição da mesma através dos emissores de gotejamento, apresentaram-se de alto risco de entupimento, isto é, acima de 1,5 mg/L, mesmo depois de todo o sistema ter sofrido tratamento físico-químico (aeração, sedimentação, filtração em areia e tela).

Em relação ao teor de ferro ferroso Fe²⁺, somente nos períodos de alto índice pluviométrico o mesmo passou a ser detectado, justamente quando outros compostos ferrosos como, por exemplo, derivados de vegetais e do solo, estavam presentes. No ponto de amostragem P2, o teor de Fe²⁺ das amostras apresentou-se semelhante aos do ponto P1, porém a água que foi captada para amostragem no ponto P2 não sofria aeração e alimentava o sistema de irrigação por pivô linear. Foi observada uma constante deposição de hidróxido férrico nas estruturas metálicas do pivô, desde a implantação deste sistema, tal fato pode ter ocorrido em função ou da oxidação do Fe²⁺ da água aspergida pelo pivô, fazendo

com que ocorra a formação de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e sua deposição nas estruturas metálicas, ou a corrosão do material de revestimento das tubulações de aço, as quais liberam Fe^{+3} . Já com os pivôs que operam com a água captada no ponto P1, a qual passa pelo tubo aerador ou percorre canais abertos que também possibilitam a aeração e precipitação do Fe^{+3} , não foi observada esta deposição.

O ferro é um macronutriente e tem a sua origem na dissolução de compostos de rochas e solos, sendo um elemento abundante e encontrado nas águas naturais, superficiais e subterrâneas [13], apresentando-se nas formas insolúvel (Fe^{+3}) e dissolvida (Fe^{+2}). A forma dissolvida ocorre onde existe baixa concentração de OD [14]. A concentração de ferro no meio aquático depende de vários fatores ambientais, sendo o pH, a temperatura e o potencial redox os mais importantes [13]. Atualmente, o ferro é um dos principais problemas na água de irrigação devido à capacidade de obstruir fisicamente as tubulações e emissores dos sistemas de irrigação localizada. Para [23] com a oxidação, de Fe^{+2} para Fe^{+3} , o ferro fica retido nas paredes do tubo, dessa forma ocasiona o aumento nas perdas de cargas e comprometendo do sistema de irrigação.

[15] estabeleceram que a concentração máxima de ferro nas águas de irrigação, para que não ocorra à obstrução dos emissores de gotejamento, deve ser equivalente ou menor do que 0,2 mg/L. Segundo esses autores, águas com teores de ferro total entre 0,2 e 1,5 mg/L apresentam risco moderado para a obstrução dos microaspersores, enquanto teores de ferro total maiores do que 1,5 mg/L representam um alto risco. [18], também classificaram as águas de irrigação em função dos teores de ferro que apresentam risco de entupimento dos emissores, sendo seus critérios sensivelmente diferentes, ou seja, águas com teores de ferro total menor do que 0,5 mg/L apresentam baixo risco de obstrução, enquanto águas com teores de ferro total compreendidos entre 0,5 a 1,2 mg/L apresentam risco moderado, e aquelas com teores maiores do que 1,2 mg/L apresentam alto risco.

Foram notórias as incrustações de hidróxido férrico, em equipamentos ao longo do sistema de irrigação por gotejamento, ocorrendo estas devido à precipitação de Fe^{+3} (ferro oxidado) ou devido à formação de compostos férricos quando da passagem pelo tubo aerador e no percurso ao longo dos canais de irrigação.

Algumas bactérias filamentosas, como *Gallionella* e *Leptothrix*, oxidam o Fe^{+2} transformando-o em Fe^{+3} , para obterem energia, e este pode precipitar-se

e provocar entupimento [24]. [25] relatam que águas utilizadas em sistemas de irrigação localizada com concentração de ferro maior que 0,4 mg/L contribuem para o crescimento de bactérias férricas filamentosas que causam problemas de obstrução nos emissores. Além disso, o ferro é essencial para o crescimento e desenvolvimento dos sistemas biológicos porque atua como um catalisador em alguns dos processos enzimáticos fundamentais, incluindo o metabolismo de oxigênio, a transferência de elétrons, e a síntese de DNA e RNA. No entanto, em ambientes aeróbios, o ferro é encontrado como íon férrico altamente insolúvel ou como complexo de hidróxido, e estas formas limitam severamente a biodisponibilidade do ferro. Para adquirir o ferro, a maioria dos microrganismos produzem agentes quelantes eficientes, de baixo peso molecular, chamado sideróforos, e que podem carrear ferro para o interior das células via transporte ativo.

As análises microbiológicas foram realizadas através de vários procedimentos culturais, para isolamento e manutenção de “ferrobactérias” *in vitro*. Assim, dentre os cultivos utilizados, o meio Agar-citrato férrico amoniacal foi o que melhor favoreceu o crescimento e resolução das colônias, sendo utilizado posteriormente na forma sólida ou líquida, para avaliação da utilização ou não de oxigênio, constatou-se que as bactérias isoladas são aeróbias. Nos ensaios de verificação da utilização de ferro pelas bactérias aeróbias detectadas nas amostras, empregou-se, entre outros, o caldo nutritivo EC contendo um prego de aço-carbono (5 cm comprimento). As culturas apresentam excelente crescimento de bactérias que precipitam o ferro resultante da oxidação dos pregos. Contudo, quando colônias dessas bactérias, cultivadas por 5 dias (27°C) em meio Agar-citrato férrico amoniacal, foram inoculadas em água de poço artesiano com alto teor de ferro e de matéria orgânica, não observou-se qualquer crescimento das mesmas após 12 dias de incubação (27°C , 100 rpm). Além disso, as culturas isoladas em Agar citrato férrico amoniacal e posteriormente inoculadas nos meio Agar nutriente-amido solúvel, Agar nutriente-celulose e Agar nutriente-gelatina, nos quais o ferro não está presente, cresceram vigorosamente. Ao isolar-se tais bactérias e realizar-se a série de testes morfológico-químicos clássicos para sua identificação, além do sistema de galerias API (Biomerieux®, França), concluiu-se tratar da bactéria aeróbia *Pseudomonas aeruginosa*, a qual é uma bactéria gram-negativa encontrada comumente no solo e na água, mas também pode tornar-se um patógeno oportunista frequentemente encontrada em hospitais,

causando morbidade e mortalidade em pacientes com fibrose cística e imunocomprometidos. *Pseudomonas aeruginosa* sintetiza dois principais tipos de sideróforos, isto é, pioverdina e pioquelina [26,27].

CONCLUSÃO

De acordo com a descrição do sistema de irrigação por gotejamento e dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas levantados nesse trabalho, no período de (2000-2001) concluiu-se que o teor de ferro nas águas represadas da barragem Salvador Lyra está ligado às altas concentrações de compostos ferrosos existentes nos solos. Já os altos índices pluviométricos carregaram um elevado teor de matéria orgânica da mata ciliar e do solo para o corpo de água, ocorrendo à formação de ferro livre. Com relação ao teor de oxigênio dissolvido pode-se dizer que é suficiente para oxidação completa dos materiais orgânicos e inorgânicos existentes, por outro lado, a concentração de ferro é crescente ao longo da coluna d' água da barragem evidenciando uma captação com teores de ferro mais baixos.

O desenvolvimento de algas macrófitas ao longo da superfície do corpo de água favorece a oxidação do ferro solúvel e auxilia na sua retenção a nível superficial, nas análises microbiológicas das águas neutras da barragem foi permitido o isolamento de uma bactéria capaz de precipitar e adsorver ferro, correspondendo à espécie *Pseudomonas aeruginosa*, a qual produz sideróforos. A população de bactérias isoladas nas amostras de diferentes profundidades dessa barragem classifica tais águas na categoria de alto risco de entupimento biológico (> 50.000 células/mL).

AGRADECIMENTOS

Usina Caeté/Filial Marituba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Cana-de-açúcar: Safra 2010/2011. Terceiro levantamento janeiro de 2011. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_09_14_50_boletim_cana_3o_lev_safra_2010_2011..pdf, Acessado em: Junho de 2011.

[2] Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas (Sindaçúcar-AL). Disponível

em: <http://www.sindicucar-al.com.br/historico.htm>. Acessado em 20 de julho de 2011.

[3] INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 92, p. 185-202, 2005.

[4] SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F.; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIN, E. C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 131-141, 2004

[5] BORGES, A. Irrigar é preciso: Mundo Cana, São Paulo, ano 02 n° 02, p. 12-13, abril de 2010. Entrevista concedida a Felipe Fonseca.

[6] SUDENE/EMBRAPA. Levantamento Exploratório-Reconhecimento de solos do Estado de Alagoas, Recife, 1975.

[7] APHA. Standard methods. American Public Health Association, 19 ed Washington, DC. 1995.

[8] CARVALHO, C. T. A presença de Ferrobactérias em Poços Profundos no Estado de Minas Gerais. Dissertação para obtenção de título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – da UFMG. Dezembro de 1995.

[9] CLARK, F. M. et al. Heterotrophic Iron-Precipitating Bacteria. *Journal American Water Works Association*. V. 59, 1967. p. 1036 – 1044.

[10] GHIORSE, W.C. Biology of iron and manganese – depositing bacteria. *Ann. Review. Microbiology*. v.38, 1984. p. 515 – 550.

[11] NEDER, R. N., *Microbiologia: Manual de laboratório*. Ed. Nobel, São Paulo, 1992. 137p.

[12] HANKIN, L.; ANAGNOSTAKIS, S. L. The use of solid media for detection of enzyme production by fungi. *Mycologia*, v.67, 1975. p.597-607.

[13] ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 575p.

[14] LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Campinas: Editora Átomo, 2005. p 444.

[15] GILBERT, R.G.; FORD, H.W. Operational principles/emitter clogging. In: Nakayama, F.S.; Bulks, D.A. *Trickle irrigation for crop production*. Amsterdam: Elsevier, cap.3, 1986. p. 142-163.

[16] NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. *Trickle irrigation for crop production*. St. Joseph: ASAE, 1986. 383p

- [17] AYRES, R. S.; WESTCOT, D.W. Qualidade de água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991 (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).
- [18] CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water Quality and Distribution Uniformity in Drip/Irrigation Systems. *Journal Agric. Eng. Res.* v. 70, 1998. p. 355 – 365.
- [19] GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceito para a avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2003.cap.1, p.3-13.
- [20] FRANCO, R. A. M. Qualidade da água para a irrigação na microbacia do córrego do coqueiro no noroeste paulista. Dissertação para obtenção de título de Mestre em Agronomia especialidade sistema de produção do Departamento de Agronomia. Ilha Solteira-SP: UNESP, 2008. 103p.
- [21] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: ANA, SPR, 2005. 176p.
- [22] BRASIL. Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2005 Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em 17 novembro. 2010.
- [23] HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, C.R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R. S. Qualidade e água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2201, Foz de Iguaçu. Anais..., Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.
- [24] PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frequência. 3 ed. Madrid: Ed Mundi Prensa, 1996. 471p.
- [25] FORD, H.A.; TUCKER, D.P.H. Clogging of drip systems from metabolic products of iron and sulfur bacteria. *International. Drip Irrigation. 2 Congress Proceedings*, San Diego, 1986, p 212-214.
- [26] GREENWALD, J., F. HOEGY, M. NADER, L. JOURNET, G. L. A. MISLIN, P. L.GRAUMANN, AND I. J. SCHALK. Real-time FRET visualization of ferricpyoverdine uptake in *Pseudomonas aeruginosa*: a role for ferrous iron. *J. Biol. Chem.*, v.282, p.2987–2995, 2007.
- [27] BRAUD, A.; HANNAUER, M.; MISLIN, G.L.; SCHALK, I.J. The *Pseudomonas aeruginosa* pyochelin-iron uptake pathway and its metal specificity. *J Bacteriol.* v.191(11), p.3517-25, 2009.