

QUALIDADE DA ÁGUA EM UM AFLUENTE DO ARROIO CADENA EM SANTA MARIA – RS¹

WATER QUALITY IN A TRIBUTARY STREAM TO THE CADENA ARROYO IN SANTA MARIA –RS

Felipe Bertoldo², Afranio Almir Righes³ e Sérgio Roberto Mortari⁴

RESUMO

O rápido crescimento populacional, associado à expansão agrícola, industrial e urbana, tem como consequência a maior demanda e degradação dos recursos hídricos. Plantas aquáticas têm sido estudadas para a redução da contaminação dos corpos d'água, dentre elas, a *pistia stratiotes*, macrófita aquática flutuante que se desenvolve livremente, flutuando no espelho d'água. No trabalho, os objetivos são avaliar a qualidade física e química da água do córrego tributário ao Arroio Cadena, em diferentes épocas do ano e analisar o comportamento da macrófita *Pistia Stratiotes* na alteração da qualidade de água servida com diferentes dosagens de carga orgânica (esgoto bruto urbano). A pesquisa foi desenvolvida em um afluente do Arroio Cadena, localizado no Município de Santa Maria. Na primeira etapa do trabalho, foi avaliada a qualidade da água do riacho e realizadas determinações de pH, oxigênio dissolvido, demanda biológica de oxigênio e condutividade elétrica. A segunda etapa da pesquisa foi composta por cinco tratamentos com três repetições, com delineamento completamente casualizado. As unidades experimentais (cilindro de vidro) receberam o mesmo volume de água com concentrações diferentes de elementos poluentes, contendo a planta *Pistia stratiotes* (alface d'água) correspondente aos seguintes tratamentos: água destilada e *Pistia stratiotes*; (T₂) água do riacho em estudo e *Pistia stratiotes*; (T₃) água do riacho mais 10% de esgoto bruto e *Pistia stratiotes*; (T₄) água do riacho mais 20% de esgoto bruto e *Pistia stratiotes*; (T₅) água do riacho mais 40% de esgoto bruto e *Pistia stratiotes*; (T₆) 100% de esgoto bruto da CORSAN e *Pistia stratiotes*. Os resultados permitem concluir que, do inverno para o verão, a demanda biológica de oxigênio aumenta em 30,5%, bem como os valores de pH e oxigênio dissolvido. O uso da macrófita *Pistia Stratiotes* é uma alternativa ecológica e de baixo custo que reduz as concentrações de fósforo, enxofre e nitrogênio, em águas poluídas com esgoto bruto de zonas urbanas.

Palavras-chave: esgoto, descontaminação da água, *Pistia stratiotes*.

¹ Trabalho de Iniciação Científica – PROBIC.

² Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNIFRA.

³ Orientador – UNIFRA. E-mail: righes@unifra.br

⁴ Co-orientador – UNIFRA.

ABSTRACT

The fast population growth plus the agricultural, industrial and urban expansion generate a greater demand for and degradation of water resources. Aquatic plants have been studied to reduce the contamination of water bodies. Pistia stratiotes is a floating plant which grows on the water surface. In this work the objectives are to evaluate the physical and chemical water quality of the tributary stream to the Cadena Arroyo in different times of the year and to analyze the behavior of Pistia stratiotes on the influence of water quality, under different concentrations of urban organic load. The research was developed on a tributary stream to the Cadena Arroyo in Santa Maria. In the first part of the survey the water quality was evaluated and pH, dissolved oxygen, biologic demand of oxygen, and water electric conductivity were measured. The second part of the research involved five treatments with three repetitions, in a completely randomized statistical design. The experimental units (glass cylinders) got the same volume of water with different concentration of urban sludge plus the plant Pistia stratiotes (water lettuce), corresponding to the following treatments: (T1) distilled water and water lettuce; (T2) stream water and water lettuce; (T3) stream water plus 10% of urban sludge and water lettuce; (T4) stream water plus 20% of urban sludge and water lettuce; (T5) stream water plus 40% of urban sludge and water lettuce; (T6) 100% of sludge from CORSAN and water lettuce. The data shows that from winter to summer time, the biological demand for oxygen increases in 30% as well as the pH and dissolved oxygen values. The use of water lettuce is a low cost and ecological way to reduce the concentration of phosphorous, sulphur and nitrogen in polluted water with gross sludge from urban areas.

Keywords: *sludge, water decontamination, Pistia stratiotes.*

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional, a expansão agrícola e industrial, a expansão urbana acelerada têm como consequência uma maior utilização dos recursos hídricos, introduzindo-lhes modificações e conduzindo-os, muitas vezes, a uma degradação, que torna menos adequado e até impróprio o seu uso. Por outro lado, a quantidade e qualidade da água disponível para os diversos usos como: abastecimento público e industrial, irrigação, atuam como fatores determinantes no processo de desenvolvimento econômico e social de uma cidade.

O gerenciamento de recursos hídricos é tarefa difícil. O estabelecimento da carga de efluentes a ser lançada num corpo d'água deve ponderar dois extremos: de um lado o custo das instalações de tratamento dos efluentes, aumentando com o grau de tratamento exigido, e de outro, a capacidade do corpo receptor, normalmente um rio, de assimilar esta poluição excedente, efetuando o tratamento final.

As estações do ano interferem na qualidade da água, em razão das condições climáticas e da eventual sazonalidade de lançamentos poluidores e das vazões. À medida que o fluxo de água avança no rio, a qualidade melhora por duas razões: a capacidade de autodepuração dos próprios rios e a diluição dos contaminantes pelo recebimento de água de melhor qualidade de seus afluentes. Essa recuperação, entretanto, atinge apenas os níveis de qualidade aceitável ou boa. É muito difícil a recuperação ser total. Hoje, com a crescente urbanização, aumento da densidade populacional, maior impacto ambiental, doenças infecciosas relacionadas à água são a maior causa de morbi-mortalidade em todo o mundo (MINAYO; MIRANDA, 2002; WHO, 2004).

No Brasil, cerca de 80% do esgoto é lançado em rios e no mar. Esse é um dos maiores problemas do país: a falta de saneamento básico e de redes de tratamento de esgoto.

Ao se considerarem os inúmeros casos de poluição e degradação dos corpos d'água, buscam-se soluções mais econômicas e, ecologicamente corretas, para realizar a descontaminação. Várias plantas aquáticas têm sido estudadas e sugeridas como alternativas para solução desses problemas, dentre elas, a *Pistia stratiotes*, macrófita aquática flutuante e que se desenvolve livremente, flutuando no espelho d'água.

Os primeiros estudos da dinâmica, ciclo e armazenamento de nutrientes estabeleceram as bases para pesquisas em banhados, das transformações de efluentes em vários tipos de biomassa (BASTIAN; HAMMER, 1993). Um sistema de tratamento de efluentes baseado em macrófitas aquáticas pode ser definido como um processo natural, em que as plantas desempenham a atividade principal na remoção e armazenamento de resíduos de origem antrópica (BRIX, 1993).

A compreensão do funcionamento desses “sistemas naturais” relativo à redução dos poluentes, aumentou expressivamente nos últimos anos (REDDY; D'ANGELO, 1997). Entretanto, o conhecimento básico desses sistemas, ainda não está bem estabelecido, assim, grande quantidade de dados devem ser coletados. Nesses dados, incluem-se os efeitos em longo prazo sobre a biota, para que estratégias de gerenciamento bem sucedidas possam ser desenvolvidas a fim de prevenir a eutrofização de

corpos d'água (KNIGHT et al., 1993). Estudos anteriores, nas lagoas ao norte da costa do Rio de Janeiro, indicaram que a comunidade de macrófitas aquáticas é de grande importância na redução da entrada de esgoto doméstico (grande concentração de nitrogênio e fósforo) para a lagoa (LOPES-FERREIRA, 1995).

Vários pesquisadores evidenciam o efeito que as plantas aquáticas apresentam na redução da carga de nutrientes minerais dissolvidos na água. No entanto, dentre os nutrientes presentes em sistemas aquáticos, destaca-se o grupo dos metais pesados, que compreende 84 elementos químicos, com densidade acima de 5 g.cm^{-3} ; a contaminação do ambiente por metais, potencialmente tóxicos, tem-se tornado preocupante, devido à utilização de grande variedade desses elementos pelo setor industrial (CORRÊA et al., 2002; MORAES, 1999).

Tendo como base os aspectos apresentados, os objetivos específicos são:

a) – Avaliar a qualidade física e química da água do córrego tributário ao Arroio Cadena, em diferentes épocas do ano;

b) - Analisar o comportamento da macrófita *Pistia Stratiotes* na alteração da qualidade de água servida com diferentes dosagens de carga orgânica (esgoto).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em um afluente do Arroio Cadena, localizado no Município de Santa Maria, Região Centro do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas $29^{\circ} 25' 51,94''$ e $30^{\circ} 00' 18,67''$ de latitude sul e $54^{\circ} 19' 32,41''$ e $53^{\circ} 30' 43,59''$ de longitude oeste, desaguando no Arroio Picadinha, afluente do Rio Vacacaí. A bacia possui uma área total de drenagem de $64,08 \text{ Km}^2$, sendo o curso d'água principal (Cadena) uma extensão de 15 Km.

Berger (2001) dividiu o Arroio Cadena em 7 seções, com o objetivo de avaliar e descrever as áreas de risco ambiental, setorizando os principais impactos ambientais do arroio. Para este trabalho foi utilizado um afluente do Arroio Cadena, que compreende o trecho entre a Borges de Medeiros e a ponte da antiga linha férrea. Este riacho apresenta áreas com vegetação e áreas com ocupação urbana, apresentando graves problemas ambientais.

Para fins de análise das características físicas, químicas da água do riacho tributário ao Arroio Cadena, efetuou-se a coleta, sazonalmente no inverno, primavera e verão. As amostras foram acondicionadas em frascos de 500ml e levadas ao Laboratório da Engenharia Ambiental da UNIFRA, onde foram realizadas as análises.

Para determinar a qualidade da água, avaliaram-se os seguintes parâmetros:

➤ *O pH*: determinado, utilizando o pH-metro da marca ANALION, modelo PM608, o qual faz uso de um eletrodo que permanece em contato com a água. Foram realizadas 3 repetições para aplicar-se o método estatístico da média aritmética.

➤ *Condutividade elétrica da água*: foi usado o condutivímetro da marca ANALION, modelo C708, ajustado para 20 mS e o mesmo procedimento no tratamento dos dados foi utilizado.

➤ *Quantidade de oxigênio dissolvido*: foi obtida através do oxímetro da marca DIGIMED, modelo DM4 (Figura 1).

➤ *DBO*: é quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica carbonada, decomposta aerobicamente por via biológica, foi efetivado pelo Método Modificado de Winkler, no qual sua técnica define que seja realizada uma análise de oxigênio dissolvido no momento da coleta da amostra e outra após 5 dias de incubação. Pela diferença de OD, é obtida a DBO.

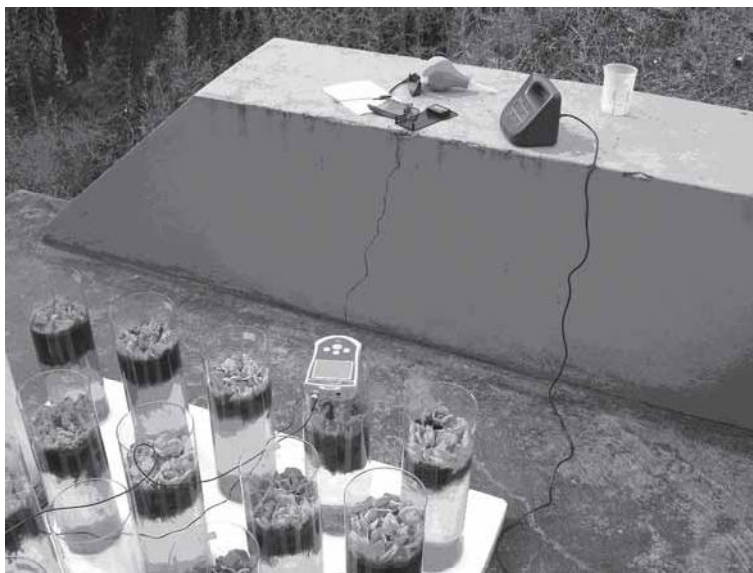


Figura 1. Equipamentos utilizados para as determinações de pH e oxigênio dissolvido.

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA *PISTIA STRATIOTES* EM DIFERENTES MEIOS AQUOSOS DE CONCENTRAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS, INORGÂNICOS E BIOLÓGICOS.

Para a segunda etapa do trabalho desenvolvido, os dados das análises das características físicas, químicas e biológicas da água foram novamente utilizados, haja vista que as conclusões foram tiradas a partir dos resultados obtidos em testes feitos na água e, também, das mudanças físicas observadas no vegetal.

Ao todo foram utilizadas 15 unidades experimentais (cilindros de vidro), com dimensões aproximadas, de 40 cm de altura, com 15 cm de diâmetro (Figura 2). O trabalho foi composto por 5 tratamentos com 3 repetições, em cada unidade experimental, recebeu o mesmo volume de água com concentrações diferentes de elementos poluentes, contendo a planta *Pistia stratiotes* (alface d'água), conforme descrito:

- T₁ – (Testemunha) água destilada e planta aquática;
- T₂ – Água do riacho em estudo e planta aquática;
- T₃ – Água do riacho mais 10% de esgoto bruto e planta aquática;
- T₄ – Água do riacho mais 20% de esgoto bruto e planta aquática;
- T₅ – Água do riacho mais 40% de esgoto bruto e planta aquática;
- T₆ – Esgoto bruto da CORSAN e planta aquática.

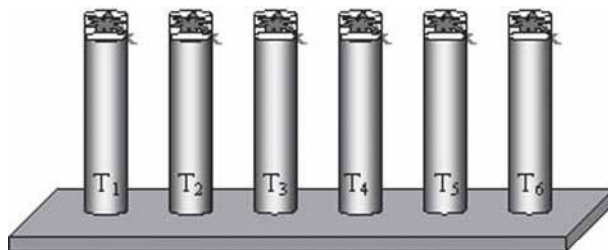


Figura 2. Esquema da distribuição dos tratamentos para uma repetição.

Foi coletada uma quantidade suficiente de *Pistia stratiotes* a fim de preencher a superfície de, aproximadamente, 2655cm² que foram acondicionadas nas unidades experimentais (Figura 3). Permaneceu ao ar livre nos fundos do laboratório de Engenharia Ambiental durante o período necessário para as avaliações. Não foi controlada a temperatura, bem como a quantidade de luminosidade incidente sobre as unidades experimentais. Quando o nível baixou até um limite de 15 cm da marca dos 5 litros, foi repostada com água destilada.



Figura 3. Vista do experimento, detalhando a forma da disposição das macrófitas e as repetições.

Antes de colocar as plantas nos cilindros de vidro, a água de cada tratamento foi caracterizada para servir de base para avaliar a eficiência da alface d'água em relação à concentração de poluentes na água. O experimento foi conduzido por 15 dias, repondo-se, diariamente, o volume de água evapotranspirada. Para tal, utilizou-se água destilada, para evitar qualquer alteração na concentração dos poluentes. Após os 15 dias, em todos os tratamentos, avaliou-se a qualidade da água de maneira a verificar se houve alterações nas concentrações dos elementos químicos, físicos e biológicos, inicialmente presentes na água. Os parâmetros determinados nesta fase foram:

➤ Fósforo e enxofre: determinados a partir de um espectrômetro de emissão com fonte de plasma induzido.

➤ O teor de nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl, o qual compreende duas etapas: na primeira, ocorre a digestão da amostra para converter nitrogênio orgânico a íon amônio. Na segunda etapa, há a determinação do íon amônio no digerido, após destilação com álcali. O sulfato de amônio resultante da digestão é aquecido com uma base, desprendendo amônia. A amônia é então recolhida em uma solução ácida e a espécie íon amônio é determinada por colorimetria, em titulação, com solução padrão ácida (TEDESCO et al., 1985).

➤ Também foram determinadas as variáveis sintéticas usadas para o monitoramento da água no córrego na fase I.

Os dados foram tabulados e analisados estatisticamente. De posse dos resultados, traçaram-se gráficos que evidenciassem a variação temporal dos níveis de contaminantes e das variáveis analisadas, como pH, condutividade, DBO, P, N, OD, bem como o comportamento da planta em função dos tratamentos testados.

Com isso, foi possível concluir se houve alterações na concentração dos poluentes e nas características da água pela ação das macrófitas com diferentes concentrações de esgoto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa do projeto teve como objetivo o monitoramento de algumas características químicas e a condutividade elétrica da água do afluente do Arroio Cadena, para avaliar a qualidade da água em três estações do ano. Os resultados referentes a essas determinações são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Condutividade elétrica e características químicas da água do afluente do Arroio Cadena, em três estações do ano. Santa Maria – RS.

| Parâmetros | Inverno | Primavera | Verão |
|---|---------|-----------|-------|
| pH | 8,33 | 7,89 | 7,43 |
| Condutividade elétrica (Sm cm^{-1}) | 0,56 | 0,47 | 0,34 |
| DBO (mg L^{-1}) | 8,20 | 10,60 | 11,80 |
| Oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) | 5,60 | 4,00 | 6,60 |

Os dados de pH variaram de forma decrescente, em relação as estações do ano, a partir do inverno. No inverno, a água apresentou-se com uma concentração de hidroxilas mais elevada, enquanto que, no verão, essa concentração diminuiu e o pH tornou-se mais próximo do neutro (Figura 4). A variação nos valores de pH, provavelmente, está ligada à variação da temperatura. Com temperaturas mais elevadas, a atividade biológica

aumenta, intensifica as reações químicas e reduz a alcalinidade.

Os valores de pH e condutividade elétrica decrescem com o passar do tempo do inverno para o verão.

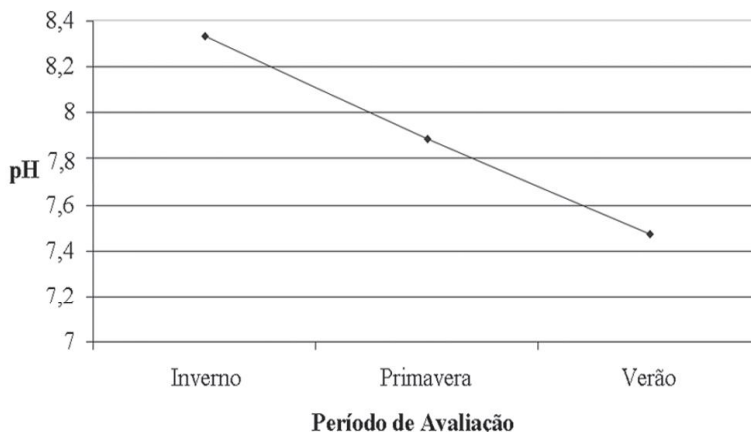


Figura 4. Variação do pH da água do afluente do Arroio Cadena, em função das estações, no ano de 2006.

A condutividade elétrica está muito ligada à presença de sais dissolvidos e ionizados na água, como resultado, pôde-se chegar a conclusão que, no inverno, havia uma maior presença desses sais na água, ocasionando uma maior condutividade, enquanto que, no verão, a ocorrência é menor (Figura 5). Considerando que a vazão do riacho não apresentou grandes variações em função das estações, as alterações, nas concentrações dos parâmetros avaliados, podem ser atribuídas às diferentes cargas poluidoras que atingiram o manancial nas diferentes épocas.

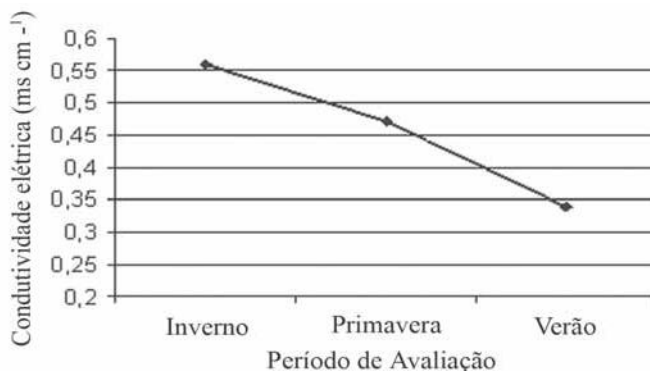


Figura 5. Condutividade elétrica da água do riacho em função da estação do ano, Santa Maria – RS.

Os resultados apresentados na figura 6, para a demanda biológica de oxigênio (DBO), permitem observar que a necessidade de oxigênio para a biodegradação aeróbica deste local é relativamente alta. Isso é característica de um ambiente poluído. A DBO variou, de forma crescente, ao longo do tempo, a partir do inverno. Com o aumento da temperatura, ocorre maior atividade biológica, necessitando-se mais de oxigênio. A demanda biológica de oxigênio da época de inverno para a do o verão aumentou em 30,5%

Ao analisar relativamente, os níveis de oxigênio dissolvido na água são baixos, representando a face de um grande consumo necessário para as atividades bacterianas de caráter aeróbico.

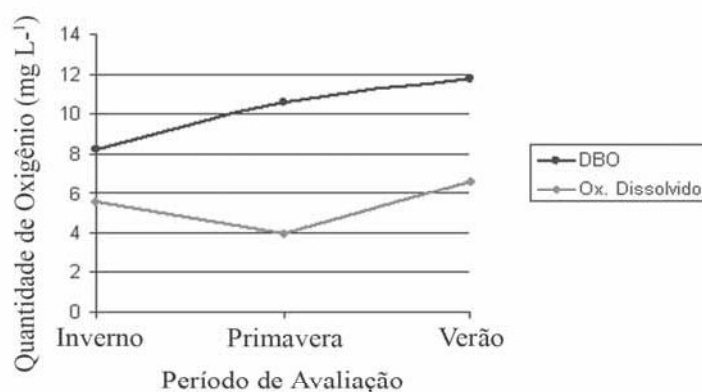


Figura 6. Demanda biológica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido na água do riacho, afluente do Cadena, nas três estações do ano de 2005.

Na segunda fase do trabalho, foi realizada uma pesquisa para avaliar a capacidade de absorção dos elementos químicos (fósforo, nitrogênio e enxofre) e verificar as variações de oxigênio dissolvido, pH e temperatura ao longo dos 15 dias, nos quais o experimento ficou submetido ao efeito da planta aquática *Pistia stratiotes* (alface d'água). Foi caracterizado, quimicamente, cada tratamento. Ao final do experimento, a água foi analisada para o fósforo, nitrogênio e enxofre e, durante o desenvolvimento da pesquisa, para as demais variáveis.

Após os dados terem sido coletados, as variáveis medidas em mais de uma época do ano foram analisadas, considerando um experimento em parcelas subdivididas, sendo as épocas consideradas parcelas principais e dispostas de acordo como delineamento inteiramente casualizado. A variável condutividade determinada apenas em uma época foi analisada,

considerando um experimento inteiramente casualizado. As médias foram comparadas pelo teste Duncan ($p \leq 0,05$), cujos resultados são apresentados na tabela 2.

Pela observação dos resultados da análise de variância dos parâmetros analisados, constata-se que todos apresentaram diferença significativa, quando comparada no início e no final do experimento.

Tabela 2. Resultados estatísticos da análise de variância dos parâmetros analisados do experimento com as macrófitas, em diferentes concentrações de esgoto bruto, em função do tempo. Santa Maria, 2006.

| Fonte de Variação | G.L. * | Quadrado Médio | Valor de F | Probabilidade |
|---------------------|--------|----------------|------------|---------------|
| Fósforo | 1 | 3,3149 | 7,11 | 0,0163 |
| Enxofre | 1 | 125,010 | 44,67 | 0,0001 |
| Nitrogênio | 1 | 1520,543 | 1110,14 | 0,0001 |
| Temperatura | 2 | 586,848 | 30,64 | 0,0001 |
| Oxigênio Dissolvido | 3 | 84,826 | 29,04 | 0,0001 |
| pH | 3 | 18,325 | 1200,42 | 0,0001 |

Valores de F teste ($p \leq 0,05$) são significativos.

* Grau de Liberdade

Com base nos dados, na tabela 2, pode-se concluir que a macrófita *Pistia stratiotes* alterou a concentração dos elementos analisados. Os valores médios dos parâmetros analisados, em função dos tratamentos testados, são apresentados na tabela 3.

Na avaliação do comportamento dos parâmetros analisados, em função do aumento da concentração de esgoto, constata-se que os valores de pH e oxigênio dissolvido foram inversamente proporcionais ao aumento da concentração de esgoto bruto (Tabela 3). Os valores de pH não sofreram alteração significativa entre os tratamentos T_1 e T_3 que correspondem à água do riacho com até 10% de esgoto bruto, quando comparado com água destilada. Os tratamentos que receberam 20%, 40% e 100% de esgoto bruto diferiram, estatisticamente, entre si nos valores de pH. O decréscimo do pH pode ser atribuído ao aumento na concentração de enxofre e da matéria orgânica que, pela atividade biológica reduz o pH. A concentração de oxigênio somente diferiu dos demais tratamentos, quando se aplicou 100% de esgoto bruto.

Tabela 3. Valores médios de pH, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica, fósforo, enxofre, nitrogênio, coeficiente de variação (CV) e significância estatística em função dos diferentes tratamentos (concentrações de esgoto bruto), Santa Maria 2006.

| Tratamento | pH | Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹) | Temp. (°C) | Cond. Elétrica Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹) | Fósforo (mg L ⁻¹) | Enxofre (mg L ⁻¹) | Nitrogênio (mg L ⁻¹) |
|--|---------------------|--|---------------|--|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| T ₁ (H ₂ O Dest) | 5,94 a [*] | 8,60 a | 37,17 a | 0,033 e | 0,08 c | 3,00 c | 4,14 f |
| T ₂ (AR ^{**}) | 5,91 a | 7,41 a | 33,94 a | 0,353 d | 0,51 c | 9,20 b | 13,71 e |
| T ₃ (AR + 10%) | 5,88 a | 7,71 a | 37,12 a | 0,387 c | 0,72 c | 9,30 b | 15,25 d |
| T ₄ (AR + 20%) | 5,71 b | 7,75 a | 37,10 a | 0,487 b | 0,83 c | 9,10 b | 17,26 c |
| T ₅ (AR + 40%) | 5,58 c | 7,60 a | 36,78 a | 0,517 a | 2,05 b | 11,12 b | 19,40 b |
| T ₆ (100% ^{***}) | 5,13 d | 4,86 b | 38,15 a | - | 4,31 a | 14,76 a | 32,43 a |
| C.V | 2,15% | 22,80% | 11,96% | 2,41% | 59,14% | 18,75% | 7,48% |

*As médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste Duncan ($p \leq 0,05$).

Água do Riacho; *Esgoto Bruto.

Os valores de fósforo, enxofre e nitrogênio, bem como da condutividade elétrica foram diretamente proporcionais ao aumento da concentração de esgoto bruto. Observa-se um alto coeficiente de variação para o elemento fósforo, provavelmente decorrentes do armazenamento das amostras, método de análise ou equipamento.

Pela comparação dos resultados das análises químicas da água, no início e no fim do experimento, que testou o comportamento da macrófita submetida a diferentes concentrações de esgoto bruto, constata-se que os valores de nitrogênio e fósforo foram reduzidos significativamente, em todos os tratamentos que receberam esgoto bruto (Figuras 7 e 8). No tratamento, com 100% de esgoto bruto, a macrófita reduziu a concentração de nitrogênio na água em 75,5% e o fósforo em 28,2%. Os resultados indicam que o uso da macrófita *Pistia Stratiotes* é uma boa alternativa de baixo custo para reduzir a poluição de águas com esgoto cloacal. As concentrações de enxofre na água, em função das diferentes concentrações de esgoto bruto, contendo a *Pistia stratiotes*, são apresentadas na figura 9. Diferentemente do que ocorreu com os demais elementos, a concentração de enxofre aumentou em todos os tratamentos.

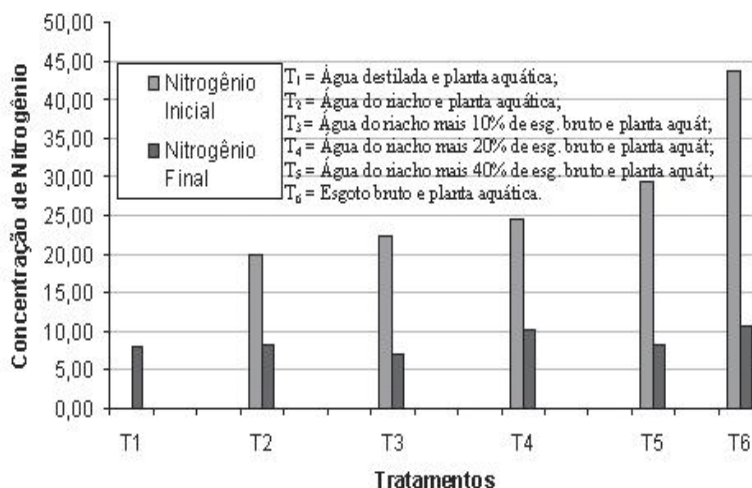


Figura 7. Concentração de nitrogênio, na fase inicial e no final do experimento, com diferentes concentrações de esgoto.

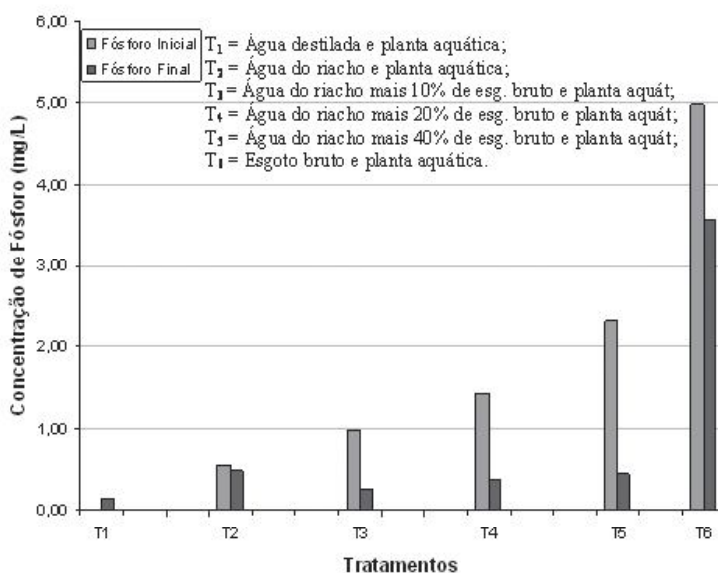


Figura 8. Concentração de fósforo, na fase inicial e no final do experimento, com diferentes concentrações de esgoto.

No tratamento com 100% de esgoto bruto, constatou-se um aumento na concentração de enxofre de 27,8%. Esse incremento na concentração de enxofre, provavelmente, tenha sido uma das causas da redução do pH da solução, conforme a tabela 3.

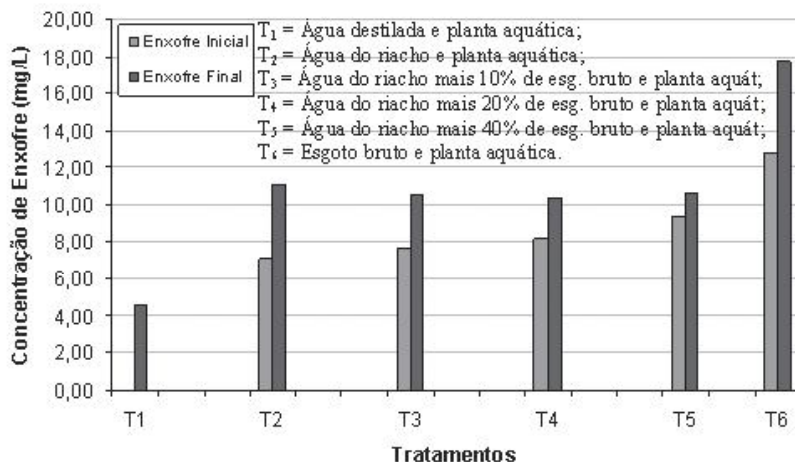


Figura 9. Concentração de enxofre, na fase inicial e no final do experimento, com diferentes concentrações de esgoto.

CONCLUSÕES

- Com o decorrer do tempo (do inverno para o verão), os valores de pH e condutividade elétrica decresceram;
- A demanda biológica de oxigênio da época de inverno para o verão aumentou em 30,5%;
- Os valores de pH e oxigênio dissolvido são inversamente proporcionais ao aumento da concentração de esgoto bruto;
- As concentrações de fósforo, enxofre e nitrogênio e a condutividade elétrica são diretamente proporcionais ao aumento na percentagem de esgoto bruto;
- O uso da macrófita *Pistia Stratiotes* é uma alternativa ecológica e de baixo custo, capaz de reduzir a poluição de águas com esgoto bruto de zonas urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTIAN, R. K.; HAMMER, D. A. The use of constructed wetlands for wastewater treatment and recycling, pp. 59-68. In: MOSHIRI, G. A. (ed.), **Constructed wetlands for water quality improvement**. Lewis Publishers, 632p., 1993.

BERGER, M.G. **Setorização dos impactos ambientais no Arroio Cadena, Município de Santa Maria – RS**. Santa Maria: (Trabalho de

Graduação “A” em Geografia) - UFSM - RS, 2001, 122p.

BRIX, H. Wastewater treatment in constructed: system design, removal processes, and treatment performance, pp. 9-22. In: MOSHIRI G. A. (ed.), **Constructed wetlands for water quality improvement**. Lewis Publishers, 1993, 632p.

CORRÊA, M. R.; VELINI, E. D.; ARRUDA, D. P. Teores de metais na biomassa de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta daninha**, v. 20, p. 45-49, 2002.

KNIGHT, R.L. et al. Wetlands for wastewater treatment: performance database, pp. 35-58. In: MOSHIRI G.A. (ed.), **Constructed wetlands for water quality improvement**. Lewis Publishers, 1993, 632p.

LOPES-FERREIRA, C. M. **O Papel de uma região colonizada por macrófitas aquáticas na depuração de efluentes domésticos na lagoa Imboacica (Macaé, RJ)**. Dissertação de Mestrado, UFRJ, 1995. 85f.

MINAYO, M.C. S.; MIRANDA, A. C. **Saúde e ambiente sustentável: estreitando-nos**. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2002. 63p.

MORAES, A. R. **Estimativa de estoque de elementos químicos em macrófitas aquáticas do reservatório de Salto Grande (Americana-SP)**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. 94 f.

REDDY, K. R.; D'ANGELO, E. M. Biogeochemical indicators to evaluate pollutant removal efficiency in constructed Wetland. **Water Science and Technology**, v.35, n.5, p. 1-10, 1997.

TEDESCO, M.; WOLKWEISS, S.; BISSANI, C. A. **Análise de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Country profiles report. Health facilities and providers analysis**. Mozambique. Draft Version of 16th January. Geneva, 2004.