



Verificação da viabilidade da implantação de projetos de melhorias ambientais para a barragem do arroio Marrecão, em Garibaldi - RS

Christine M. Becker¹, Vania E. Schneider²

¹Universidade de Caxias do Sul (cmbecker@ucs.br)

² Universidade de Caxias do Sul (veschnei@ucs.br)

Resumo

Neste trabalho propôs-se trabalhar com o tema do gerenciamento ambiental de reservatórios, utilizando técnicas de biomanipulação e ecotecnologia. Para isso, a barragem do arroio Marrecão, no município de Garibaldi/RS, foi utilizada como estudo de caso. Este manancial apresenta problemas como a excessiva proliferação de macrófitas, devido a contribuições da bacia de drenagem com nutrientes e sedimentos. Tendo isso em vista, foram dimensionados neste trabalho dois sistemas alagados construídos, para o tratamento e desvio da drenagem pluvial, de forma que as águas da chuva sejam lançadas à jusante da barragem. Também foi projetada a reposição vegetal nas nascentes e córregos contribuintes desta microbacia, através de um programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Todas estas obras têm o potencial de minimizar os problemas anteriormente citados, aumentando a produção de água para o reservatório, e diminuindo o aporte de nutrientes e sedimentos, além de aumentar a vida útil da solução de abastecimento atual.

Palavras-chave: Biomanipulação. Gerenciamento ambiental. Mananciais de abastecimento público.

Área Temática: Recursos Hídricos.

Feasibility of the implantation of projects for the environmental improvement of the Marrecão stream dam, at Garibaldi - RS

Abstract

The objective of this paper is to discuss the environmental management of reservoirs, using biological handling and ecological engineering techniques. To do so, the Marrecão stream dam, in the city of Garibaldi (RS), was used as a case study. This water resource has problems such as the excessive proliferation of macrophytes, due to the contribution of the drainage basin with nutrients and sediments. Because of this, a system of two wetlands was designed in this paper, for the treatment and the deviation of the rainwater, so that this wastewater is released downstream from the dam. Also, it was designed the plant replacement at the springs and tributaries of this basin, through a program of Payment for Environmental Services (PES). All these proposals will potentially minimize the problems aforementioned, enhancing the production of water to the reservoir, and reducing the intake of nutrients and sediments, as well as increasing the lifetime of this dam.

Key words: *Biological handling. Environmental management. Public water supply.*

Theme Area: *Water Resources*

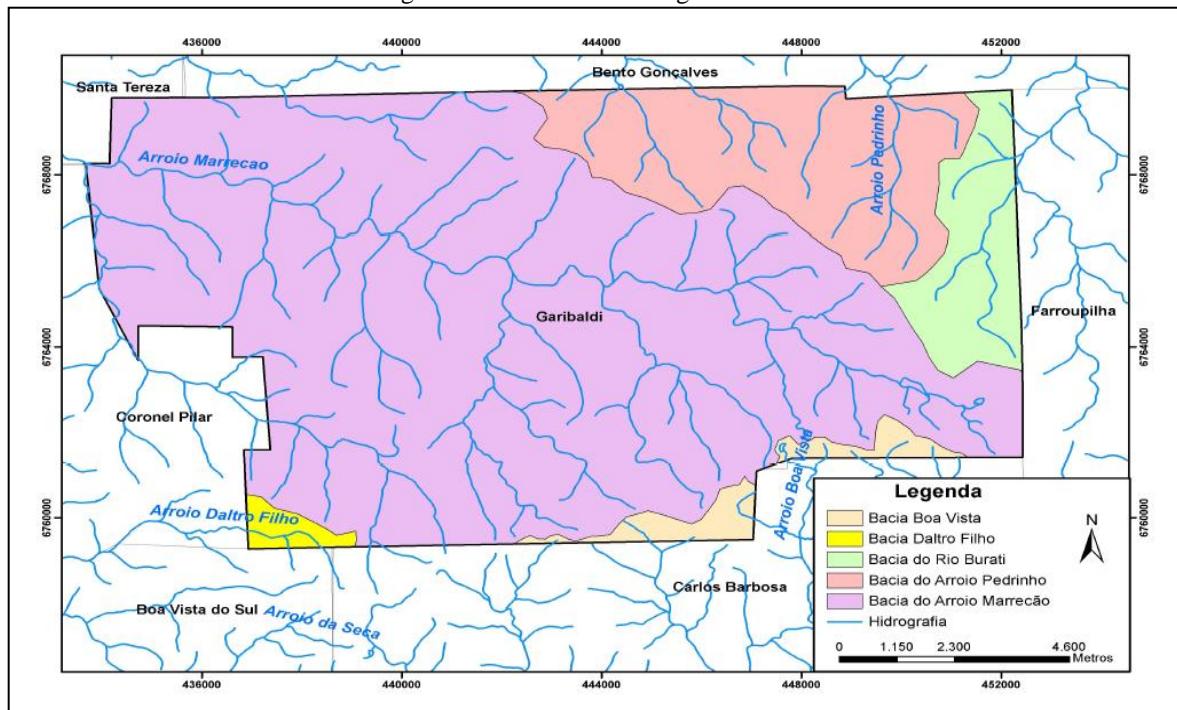


1 Introdução

O Município de Garibaldi está localizado no Estado do Rio Grande do Sul, na encosta superior do nordeste da Serra Gaúcha. Faz divisa ao norte com Bento Gonçalves, a noroeste com Santa Tereza, ao sul com Carlos Barbosa, a sudoeste com Boa Vista do Sul, a leste com Farroupilha e a oeste com Coronel Pilar (SCHNEIDER; CEMIN, 2011).

De acordo com os mesmos autores, no âmbito nacional o município de Garibaldi está inserido na Região Hidrográfica Atlântico Sul. Na divisão hidrográfica estadual, se insere na Região Hidrográfica do Guaíba, mais especificamente na bacia hidrográfica do Taquari-Antas. O território municipal abrange cinco sub-bacias, sendo a do arroio Marrecão a que possui maior área de drenagem no município (Figura 1), drenando a área central da cidade de Sudeste a Noroeste. Suas nascentes estão localizadas na área de captação da barragem, a uma altitude de 670 m.

Figura 1 - Sub-bacias Hidrográficas de Garibaldi.



Fonte: Schneider & Cemin (2011).

Segundo o trabalho de Gehling e colaboradores (2011), o volume total de acumulação da barragem do Marrecão é de 359.738 m³, e se estende por uma área de aproximadamente 9,57 ha. A outorga para uso da água do reservatório foi obtida em 18 de fevereiro de 2004. A vazão de exploração concedida neste documento é de 0,039 m³/s, com um regime de bombeamento de dez horas por dia e sete dias por semana. Toda a bacia do arroio Marrecão possui uma área total de 164,7 km², com comprimento de talvegue máximo de 8,1 km. Esta pode ser dividida em seis microbacias.

Um problema recorrente no reservatório é a excessiva proliferação de macrófitas aquáticas, principalmente das espécies *Salvinia sp.* e *Eichhornia crassipes*, popularmente conhecidas por marrequinha e aguapé, respectivamente (Figura 2). Outra questão é o elevado aporte de sedimentos ao reservatório. A primeira medida para desassoreamento da barragem foi feita em junho de 2004, com a retirada de cerca de 120.000 m³ de lodo. Durante esse processo, foram evidenciadas as entradas irregulares de esgoto doméstico na microbacia (GEHLING *et al.* 2011).



Figura 2 - Presença de *Eichhornia crassipes* na superfície da barragem do arroio Marrecão, em abril de 2015.



O Plano Ambiental Municipal (SCHNEIDER; CEMIN, 2011) traz outros aspectos relevantes para esta microbacia. Foi identificado que há poucos remanescentes de vegetação às margens do reservatório da barragem, predominando áreas urbanizadas, mas também com áreas de solo exposto e de plantio. A falta de uma vegetação ciliar é um fator que influencia grandemente no aporte de sedimentos e contaminantes ao reservatório.

Além disso, nem todas as APPs de recursos hídricos têm um uso condizente com a legislação ambiental. Este fato implica no aumento da suscetibilidade de erosão do solo das margens, na falta de uma barreira de contenção para as águas de drenagem pluvial, e no aumento da incidência de luz solar nas águas. Este último fator, em especial, pode contribuir para uma maior floração de algas. Ademais, a ausência de vegetação nas áreas de nascentes pode levar ao seu assoreamento, diminuindo as entradas de água para o reservatório.

Diante do que foi exposto, propõe-se realizar projetos de melhorias ambientais para o reservatório da barragem do arroio Marrecão. Estes projetos, que estão previstos no Plano Ambiental Municipal, foram elaborados à luz da chamada engenharia ecológica, ou ecotecnologia. Segundo Marques (1999), esse conceito consiste no gerenciamento da organização dos ecossistemas, em que há uma manipulação antrópica do meio, mas os mecanismos de controle são naturais.

2 Sistemas alagados construídos

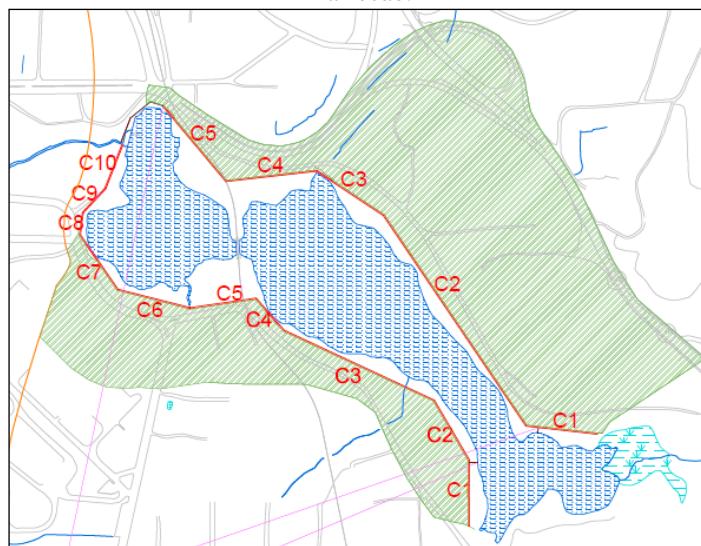
Neste trabalho avaliou-se a implantação de um sistema de canais do tipo *wetlands*, ou sistemas alagados construídos, para a contenção e tratamento da água da drenagem pluvial e para barrar o aporte de sedimentos à barragem do Marrecão. Esses canais ficariam localizados nas laterais da barragem (Figura 3), que são as regiões mais próximas à área urbana, e, portanto, onde a faixa de vegetação tem uma largura menor. Dessa forma, a água drenada das áreas urbanas adjacentes receberia tratamento nos sistemas alagados, e seria lançada à jusante do barramento.

A proposta estudada contemplou a instalação de dois canais, ao norte e ao sul do reservatório, aqui denominados Sistema Norte e Sistema Sul (Figura 3). A escolha do local de instalação destes sistemas alagados deu-se em função da proximidade de vias movimentadas e



núcleos de habitação da faixa marginal da barragem. Cada canal foi dividido em trechos condicionados pela topografia, o Sistema Norte com cinco trechos e o Sistema Sul com dez.

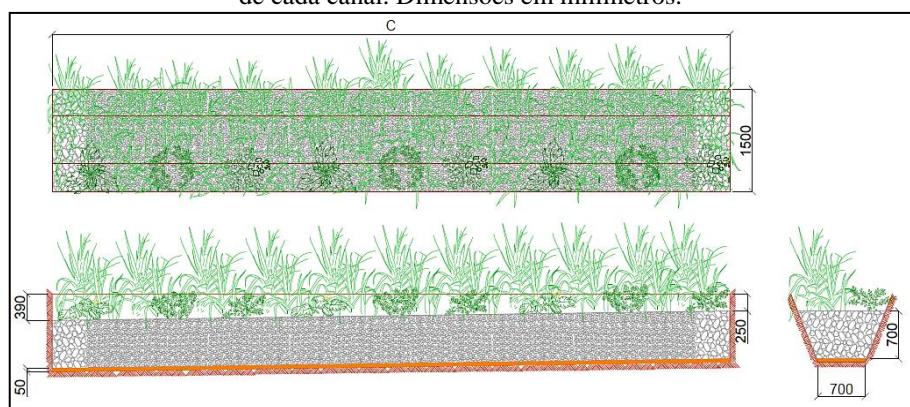
Figura 3 - Localização dos sistemas alagados construídos projetados para a barragem do arroio Marrecaõ.



Seguindo as recomendações de (USEPA, 2000b), propõe-se que os canais sejam escavados no terreno e em seção trapezoidal com a compactação do solo do local para impermeabilizar o fundo dos canais. Camadas de areia de 5 cm de espessura seriam colocadas sobre todo o fundo, e por cima desta camada o leito de brita. Esta superfície de areia poderá estar sujeita à formação de biofilmes, o que possivelmente auxiliaria na impermeabilização do canal, e também poderia contribuir para o tratamento da água residual.

O meio drenante proposto consistiria, em uma camada de brita nº 5 (75 a 100 mm de diâmetro) nos primeiros e nos últimos 50 cm do comprimento de cada trecho de cada canal. No restante do comprimento dos trechos, seria utilizada a brita nº 4 (50 a 75 mm de diâmetro) (Figura 4). Antes de ser disposta sobre os canais, a brita deverá ser lavada, para remover o pó de brita e outras sujidades, que poderiam provocar a colmatação dos canais (USEPA, 1993).

Figura 4 - Desenho esquemático dos sistemas alagados construídos. A cota C varia com o comprimento de cada canal. Dimensões em milímetros.



A vazão de água da chuva a ser drenada nos canais foi obtida pelo Método Racional (TUCCI, 2009), a partir de uma modelagem da cobertura de solo na região e da equação da curva de intensidade-duração-frequência (idf) para a região de Caxias do Sul (SCALCO et al, 2009) (Equações 01 e 02, respectivamente). Os parâmetros adotados na



Equação 2 foram tempo de retorno de 10 anos e duração da precipitação de 5 minutos. Considerando esta vazão, os sistemas alagados foram dimensionados como canais de terra.

$$Q_{\text{pluvial}} = \frac{c \times i \times A_d}{3,6} \quad (01)$$

Em que:

Q_{pluvial} – vazão pluvial que irá escoar em cada canal, m^3/s ;

c – coeficiente de escoamento superficial;

i – intensidade máxima de precipitação, mm/h ;

A_d – área de drenagem de cada canal, km^2 .

$$I = \frac{(1,06 \times 10^{-3}) \times T^{0,1975}}{(t + 11,5993)^{0,8071}} \quad (02)$$

Em que:

I – intensidade da precipitação, mm/d ;

T – tempo de retorno da precipitação, ano;

t – duração da precipitação, min.

Nestes sistemas propõe-se o plantio das seguintes macrófitas aquáticas emergentes nativas: taboa (*Typha domingensis*), chapéu-de-couro (*Sagittaria montevidensis*), guaco (*Mikania periplocifolia*) e bacopa (*Bacopa monnieri*). A utilização de várias espécies ameniza os efeitos da predação e de doenças, que normalmente ocorrem em uma espécie específica (USEPA, 2000a). Marques (1999) recomenda o plantio de um rizoma ou plântula para cada metro quadrado de área alagada, para diminuir os custos.

3 Sistemas alagados construídos

O trabalho propõe que sejam plantadas mudas de espécies nativas em ilhas, mediante adesão voluntária dos proprietários dos terrenos situados nas áreas de APP da microbacia. Para o plantio deverá ser adotada a densidade de uma planta nativa para cada 3 m^2 aproximadamente, além de avaliar-se a necessidade de adubação e correção do pH do solo. Sugere-se dar preferência aos adubos orgânicos, como o composto obtido das macrófitas dos jardins flutuantes, ou esterco curtido. As espécies selecionadas são:

- a) Araçá (*Psidium cattleianum*);
- b) Guamirim (*Myrcia multiflora*);
- c) Guavirova (*Campomanesia guaviroba*);
- d) Bracatinga (*Mimosa scabrella*);
- e) Aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*);
- f) Corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli*).

Para as práticas de reposição vegetal, sugere-se a escolha de espécies nativas da região. Destas, em especial o guamirim e a guavirova são espécies que atraem a avifauna. As aves, por sua vez, podem atuar como predadores de insetos, melhorando assim a biodiversidade. Outra consequência positiva é que as mudas plantadas terão melhor resposta no controle de pragas.

O valor do pagamento por serviços ambientais foi calculado por meio de uma fórmula, recomendada pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2012) (Equação 03). Esse cálculo leva em consideração o percentual de abatimento da erosão (PAE), ou seja, o quanto a cobertura



vegetal vai contribuir para diminuir a quantidade de sedimentos que são arrastados até a barragem.

$$PAE (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{z_1}{z_0} \right) \quad (03)$$

Em que:

PAE – Percentual de Abatimento de Erosão, %;

z_0 – fator de proteção contra erosão oferecido pelo uso do solo atual;

z_1 – fator de proteção contra erosão oferecido pelo manejo proposto.

Para a determinação dos fatores z_0 e z_1 , foi feita uma modelagem no software *Idrisi*, utilizando o método USLE (Equação Universal de Perda de Solos). Esta equação é um dos modelos de erosão mais utilizados no mundo. Trata-se de uma função de fatores que representam o clima, o solo, a topografia, o uso e manejo do solo (RIBEIRO; ALVES, 2007) (Equação 04).

$$A = R \times K \times C \times L \times S \times P \quad (04)$$

Em que:

A – perda de solo acumulada em uma unidade de área, t/ha;

R – fator de erosividade da chuva, (MJ.mm)/(ha.h);

K – fator de erodibilidade do solo, (t.ha.h.MJ)/mm;

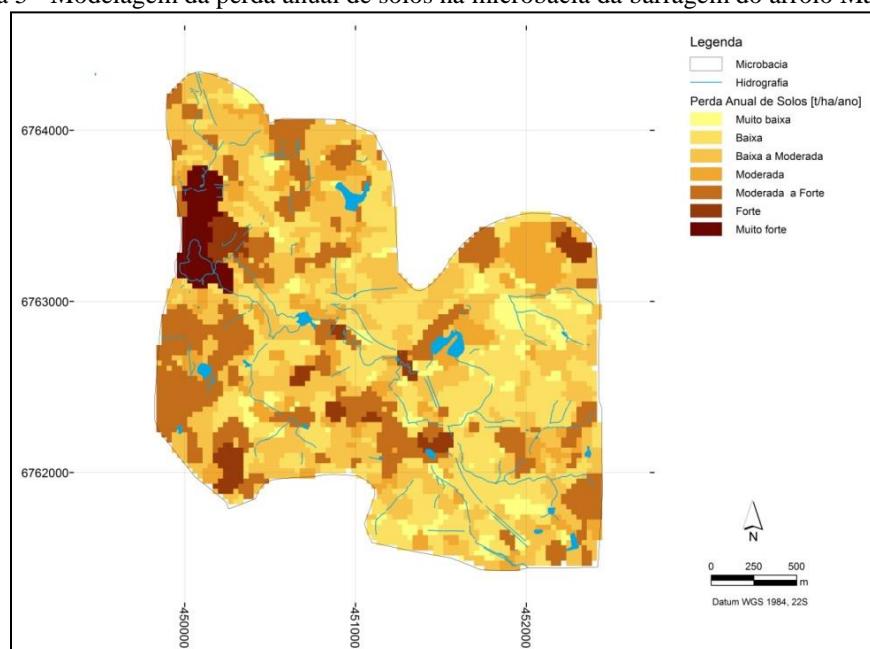
LS – fator topográfico, adimensional;

C – fator de uso e manejo do solo, adimensional;

P – fator de práticas conservacionistas, adimensional.

A primeira modelagem contemplou a situação atual (correspondente ao z_0), mostrada na Figura 5. Já a segunda modelagem considerou que todas as áreas de solo exposto e de pastagens seriam substituídas por matas nativas, para encontrar o valor de z_1 . As perdas de solo foram avaliadas segundo as classes mostradas no Quadro 1.

Figura 5 - Modelagem da perda anual de solos na microbacia da barragem do arroio Marrecão.





Quadro 1 - Perda de solo, em t/ano, correspondente a cada classe.

Classe	Perda de solo (t/ano)
Muito baixa	0 a 1
Baixa	1 a 10
Baixa a moderada	10 a 50
Moderada	50 a 100
Moderada a forte	100 a 500
Forte	500 a 1000
Muito forte	1000 a 5000
Extrema	mais de 5000

Fonte: Ribeiro; Alves (2007)

4 Resultados e considerações finais

A análise de viabilidade utilizada neste estudo de caso contemplou aspectos técnicos, ambientais e sociais. A viabilidade econômica foi feita a partir dos orçamentos de cada projeto e dos custos de oportunidade. O primeiro benefício tangível considerado foi a eliminação dos custos com a remoção do material de fundo do reservatório. A partir da modelagem já descrita, verificou-se que a produção anual de sedimentos é de 57.317,87 t. Dado que os custos de escavação são em média R\$ 4,60 por m³, em dez anos o valor total para a barragem do Marrecão seria de R\$ 918.683,48.

O segundo benefício levantado foi a eliminação dos custos com a remoção das macrófitas. Em 2015, a remoção parcial das macrófitas da barragem teve um custo de R\$ 60.000,00. Por fim, o terceiro benefício é o aumento da vida útil do reservatório atual, pelo adiamento da construção de um novo reservatório. Por ser difícil de tangenciar, este benefício foi considerado somente em parte dos cenários avaliados. Para isso, foi feita uma ponderação com valores que constam no Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul.

A viabilidade econômica foi analisada através dos resultados para Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício-Custo (B/C) e Taxa Interna de Retorno (TIR), tendo sido utilizada a taxa Selic como referência. Os cenários em que foi desconsiderado o terceiro benefício resultaram em alternativas inviáveis. Os cenários que levaram em conta este benefício resultaram como viáveis, porém pouco atrativos. O objetivo de se utilizar uma estimativa bruta para o valor da construção de uma nova barragem foi justamente mostrar que estes projetos podem ter um resultado econômico bastante positivo, mesmo com valores diferentes dos utilizados na análise.

De qualquer forma, deve-se levar em conta que os projetos são viáveis ambientalmente, já que foram baseados na engenharia ecológica, com o objetivo justamente de reduzir impactos ambientais na microbacia. Também, durante a tomada de decisão, não se pode deixar de considerar os benefícios intangíveis. Alguns deles são: a melhoria da paisagem; a melhoria da qualidade de água bruta a ser captada para abastecimento; a diminuição da quantidade de lodo produzido no processo da ETA; a revitalização do parque no Passeio da Barragem, que poderá ser melhor aproveitado pela população e o aumento da capacidade de armazenamento da barragem.

Tendo em vista tudo o que foi exposto, os projetos do presente trabalho, portanto, podem ser considerados viáveis, nos aspectos técnico, econômico e ambiental.



Agradecimentos

As autoras gostariam de agradecer à bolsista Geise Macedo dos Santos, do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul, pela sua colaboração neste trabalho.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Manual Operativo do Programa Produtor de Água. 2. ed. Brasília: ANA, 2012. 84 p.

GEHLING, Gino. (coord.) et al. Diagnóstico relativo ao modelo de gestão dos serviços de água e esgoto de Garibaldi-RS. UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). Prefeitura Municipal de Garibaldi, 2011.

MARQUES, David da Motta. Terras úmidas construídas de fluxo subsuperficial. In: **CAMPOS, José Roberto (Coord.). Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. pp. 409-435.

RIBEIRO, Luziane Santos; ALVES, Maria da Gloria. Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos dos Goytacazes/RJ através de técnicas de Geoprocessamento. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais...** São José dos Campos, INPE, 2007.

SCALCO, Felipe Augusto et al. Curvas IDF para Caxias do Sul e Região. In: Encontro de Jovens Pesquisadores da UCS, 17. **Anais...** Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2009.

SCHNEIDER, Vania Elisabete; CEMIN, Gisele (coord.). Plano ambiental do município de Garibaldi. 2011. Disponível em: <<http://www.garibaldi.rs.gov.br/secretarias-e-orgaos/meio-ambiente/plano-ambiental-de-garibaldi/>>. Acesso em: 23 ago. 2014.

SCHNEIDER, Vania Elisabete et al. Utilização de estratégias de biomanipulação na recuperação de um lago eutrofizado. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. Anais...** Recife, ABES, 2009. 1 CD-ROM.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 943 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment. A technology assessment. v. 2, n. 4, p. 382, 1993.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow. p. 1–7, 2000.