

SISTEMAS CONSTRUÍDOS DE ÁREAS ALAGADAS: REVISÃO DA LEGISLAÇÃO E DOS PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA

CONSTRUCTED WETLAND SYSTEMS: A REVIEW, OF LEGISLATION AND STANDARDS OF WATER QUALITY

**Thaina Walter Geniselli Chagas¹, Eneida Salati², Sâmia Maria
Tauk-Tornisielo³**

^{1,3}Centro de Estudos Ambientais, CEA, Universidade Estadual Paulista, UNESP,
Campus de Rio Claro, Avenida 24-A, 1515, Bela Vista, CEP 13.506-900, Rio Claro,
SP. e-mail: seb@rc.unesp.br

²Instituto Terramax - Consultoria e Projetos Ambientais LTDA. Rua Santa Cruz, 40,
CEP: 13419-020 - Piracicaba/SP Tel.(019) 3434.0800. E-mail:
instituto.terramax@gmail.com

RESUMO

A escassez da água de boa qualidade tem preocupado a população mundial e a utilização deste recurso natural, primordial à vida humana, ocorre de forma crescente. Países de todo o mundo rumam ao desenvolvimento de mecanismos legais e científicos que possam controlar a escassez e melhorar a qualidade da água encontrada na natureza. Esta última tem sido tema central de muitas legislações, e ganhou relevância nas últimas décadas. A gestão qualitativa e quantitativa da água está intimamente ligada ao conceito de desenvolvimento sustentável. O direito das futuras gerações está vinculado diretamente à conservação dos recursos naturais. As normas legais adaptaram-se às novas realidades e há necessidade da implantação de sistemas alternativos de conservação dos recursos hídricos. Dentre eles, os sistemas conhecidos como “constructed wetlands systems – CWSs” ou “Terras Úmidas” ou “Áreas Alagadas Construídas” são focos de vários estudos científicos e vêm sendo testados e usados na tentativa de adequação às normas jurídicas brasileiras que definem os padrões de qualidade de água. Este trabalho visou destacar as legislações pertinentes à qualidade dos recursos hídricos e verificar se os CWSs são eficientes no tratamento de efluentes para atender à legislação brasileira que dispõe sobre a mesma. Após a análise das leis e dos parâmetros utilizados para avaliar a eficiência dos CWSs, observou-se que há necessidade de adequação dos mesmos junto às leis; também, que devem ser ampliados os estudos que visam o aperfeiçoamento dessa técnica.

Palavras-chave: Legislação. Qualidade da água. Sistemas construídos de áreas alagadas. Áreas alagadas.

ABSTRACT

The shortage of the good quality water has worried the world's population and the use of this primordial natural resource, essential to human life, there is an increasing rate. Globally, all countries seek to develop scientific and legal mechanisms that can control the shortage and improve

the quality of water found in nature. The water quality is a central theme of many legislations, and it won relevance in the recent decades. The qualitative and quantitative of water administration is closely linked to the concept of sustainable development. The right of the future generations is directly linked to the natural resources conservation. The legal norms adapted the new realities and there is need of the implantation of alternative systems of hydric resources conservation. This work sought to detach the pertinent legislations to the hydric resources quality and to compare CWS to the Brazilian legislation that disposes on the same. After reviewing the laws and the parameters used to evaluate the efficiency of the CWS, it was observed that there is need to adapt the same with the laws, too, that should be expanded studies aimed at improving this technique

Keyword: Legislation. Water quality. Constructed wetland systems. Wetlands.

1. INTRODUÇÃO

O aumento contínuo das atividades antrópicas fez surgir a necessidade da utilização de meios alternativos para a remoção da poluição ambiental. A degradação ambiental avança no sentido de expor a risco os recursos existentes em nosso Planeta. Os recursos hídricos merecem destaque, por serem essenciais à vida na Terra. A permanência dos ecossistemas na superfície terrestre está diretamente ligada à existência da água potável. Desta forma, vale salientar a importância dos meios alternativos que visam manter salubres as nossas águas. De acordo com a Lei nº. 6.938/81, os recursos hídricos abrangem as águas superficiais e as subterrâneas, os estuários e o mar territorial.

Embora a Terra possua $\frac{3}{4}$ de sua superfície coberta por água, apenas 2,5% desse total correspondem à água doce, própria para consumo humano e para irrigação. A maior parte da água está contida em oceanos e, atualmente não existem maneiras economicamente viáveis para aproveitá-la. A água doce disponível se torna ainda mais escassa, quando se depara com os 80% que se encontram em geleiras localizadas nos pólos do Planeta, e sem aproveitamento efetivo. O Brasil possui 8% da água doce, própria para consumo, existente no mundo (MILARÉ, 2003).

A sua grande maioria encontra-se na região Amazônica, cerca de 80%, onde apenas 5% da população brasileira vivem. A abundância da água é mal distribuída em relação à densidade demográfica. Também há um grande desperdício de água. A média mundial de perdas nas redes de distribuição é de aproximadamente 10%. No Brasil, esse desperdício chega a 30%, nas regiões Sul e Sudeste, enquanto que no Nordeste, a região mais afetada com a escassez, a média atinge 60% (MILARÉ, 2003).

O problema mais grave, entretanto, é a contínua poluição das águas. A permanente contaminação por meio de esgoto doméstico e descargas industriais vêm afetando de maneira irreversível a água subterrânea, a água superficial e o solo. Assim, se pode concluir que a água não é um recurso inesgotável, abundante e tampouco barato (MILARÉ, 2003). Levando-se em conta as características do ciclo hidrológico e suas limitações, além do aumento da demanda e a ampliação dos usos da água, existe a necessidade de novo planejamento em relação a gerir quantitativa e qualitativamente os recursos hídricos.

A preocupação mundial em relação à proteção aos recursos hídricos iniciou-se nos meados do século XX, quando na França, em 1959, surgiu o Código Rural. Mais tarde, a Lei 1964 instituía a preservação dos recursos hídricos, através de novas modalidades de punição. Ainda na Europa, no ano de 1969, Suécia e Holanda criaram normas penais de proteção à poluição aos corpos de água. No Japão, surgiu em 1970, normas punitivas para os crimes relativos à poluição ambiental. Os EUA criaram em 1972, legislação específica ao assunto, com punições que podem variar de altas penas pecuniárias até a prisão do infrator (MIGLIARI JR, 2001).

No Brasil, a proteção às águas iniciou-se verdadeiramente com a promulgação da Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Surgiu então a necessidade de sistemas alternativos que possam atenuar os efeitos da industrialização e desenvolvimento desenfreado da humanidade. Sistemas estes que possam apresentar novas soluções para os problemas ambientais do homem contemporâneo.

O sistema construído de áreas alagadas (CWS) consiste em uma área para tratamento de águas residuais e outros efluentes por filtração, decantação, decomposição bacteriana, semelhante com os processos que ocorrem em áreas alagadas naturais. O CWS tem sido utilizado nacional e internacionalmente, com bons resultados, mas seus níveis de desempenho diminuem em climas frios durante o inverno.

Segundo Haberl (1999), uma das tecnologias mais promissoras dentre os sistemas naturais de tratamento de esgotos são os sistemas de *wetlands*, utilizados devido às suas características de simplicidade de construção, operação e manutenção, à estabilidade dos processos envolvidos, ao custo efetivo, dentre outros.

Os sistemas de *wetlands* construídos têm como objetivo simular as condições ideais de tratamento das *wetlands* naturais, com as vantagens de oferecem flexibilidade quanto à escolha do local de implantação, às condições de otimização da eficiência de remoção de matéria orgânica e de nutrientes, ao maior controle sobre as variáveis hidráulicas e à maior facilidade quanto ao manejo da vegetação (KADLEC e KNIGHT, 1996; KIVAISI, 2001; LIM et al., 2001; SOLANO et al., 2004).

Os CWSs possuem grande eficiência na remoção de demanda biológica de oxigênio (DBO), nitrogênio, fósforo e coliformes fecais, sendo que alguns destes são nutrientes, podendo ser absorvidos pelas raízes das macrófitas. Da mesma forma, os CWSs vêm sendo usados para remoção de outras substâncias presentes no corpo hídrico, como metais pesados, hormônios, antibióticos, efluentes agroindústrias, entre outros.

Tratamento de efluentes de piscicultura foi realizado utilizando-se CWSs verificando-se bons resultados, com a redução dos valores de matéria orgânica, demanda química e a bioquímica de oxigênio, condutividade, transparência, cor e outros (BITAR et al., 2009). Vários outros estudos foram realizados com água do rio Corumbataí, SP (BORGES et al., 2008).

O objetivo deste estudo foi o de revisar e analisar estatisticamente as tendências atuais de artigos publicados, leis e resoluções quanto às aplicações dos CWSs para diferentes tratamentos de água e de efluentes de diferentes atividades antrópicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados levantamentos bibliográficos da legislação brasileira vigente, tanto em nível federal como estadual (Estado de São Paulo), e estrangeira. Também foram coletados dados de juristas (juízes, promotores, advogados e outros) doutrinadores renomados na área das Ciências Jurídicas. Foram avaliadas normas técnicas nacionais e internacionais de qualidade de água, em especial a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que foi utilizada para a obtenção dos dados referentes aos sistemas CWSs.

Coleta de Dados

Foram coletadas informações de vários bancos de dados e plataformas de pesquisas bibliográficas. As bases de pesquisa dos trabalhos científicos analisados foram: Athena, Banco de dados bibliográficos da UNESP; C@thedra, Biblioteca digital de Teses e Dissertações; UnibiliWeb

Portal Periódicos da CAPES; ISI Web of Knowledge; Plataforma SciELO, Scientific Electronic Library Online e Site de Busca Google.

A terminologia usada na literatura nacional para a tradução dos textos sobre CWSs não é padronizada, sendo que a própria literatura internacional adota como sinônimo o termo “reed bed”. A busca por trabalhos científicos com a finalidade de compor a base de dados do presente estudo, portanto, não se limitou às pesquisas com os termos “alagados construídos”, foram também utilizados os termos: Leitões Cultivados; Alagados Artificiais; Zona de Raízes; Filtros Plantados com macrófitas. Compondo assim a diversidade de terminologia encontrada na literatura científica nacional que difere tanto regionalmente como pela escolha do próprio autor.

Foram comparados 8 parâmetros como pH, oxigênio dissolvido (O.D.), turbidez, sulfato, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, nitrato e coliformes termotolerantes para análise da qualidade do efluente resultante do tratamento com CWS com limites pré-estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Ao todo foram analisados 35 trabalhos científicos de diferentes naturezas, correspondendo a 17 artigos, 5 dissertações, 7 apresentações em congressos científicos, 5 teses e 1 capítulo de livro. Dentre eles, Brix (1998), Salati et al. (1999), Monteiro et al. (2008), Borges et al. (2008), Bitar et al. (2009) e outros.

Normatização dos Dados por Meio dos Questionários Sistematizados

Para que os dados gerados a partir dos trabalhos pesquisados fossem organizados de maneira sistematizada, foi proposto um questionário piloto, contendo uma série de quesitos com o objetivo de facilitar o manuseio dos diferentes resultados encontrados, colocados a seguir:

Questionário Modificado Para Coleta de Dados

Título do Trabalho: _____

Autor (es): _____

1 - Ano da publicação: _____

1b- local: _____

2 - Tipo de efluente:

() esgoto urbano () dejetos de animais () efluentes industriais () outros

3 - Comparação com a Resolução CONAMA 357/05 classe 2 (conforme ou não?)

3.1 - OD > 5 mg.L⁻¹? (_____)

3.2 - pH 6,0 a 9,0 ? (_____)

3.3 - Sulfato < 250 mg.L⁻¹SO₄? (_____)

3.4 - Turbidez < 100 UNT? (_____)

3.5 - DBO 5 dias a 20°C ≤ 5 mg.L⁻¹O₂? (_____)

3.6 - N-Amoniacal * < 20,0 mg.L⁻¹? (_____)

3.7 - Nitrato < 10,0 mg.L⁻¹? (_____)

3.8 - Coliformes Termotolerantes < 1.000 NMP / 100 ml? (_____)

- valor limite do parâmetro para efluentes previsto na Resolução CONAMA 357/2005

Após o levantamento dos trabalhos e os respectivos questionários respondidos, os resultados foram dispostos em planilha eletrônica e analisados estatisticamente com o Programa OpenOffice (2011) (<http://pt.utilidades-utiles.com/download-openoffice.html>).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da Legislação

As legislações consultadas mostram o grande avanço jurídico na tentativa de criar mecanismos de preservação e conservação dos recursos hídricos existentes. Pode-se constatar a evolução das leis nas últimas décadas, tanto no Brasil como no exterior. O aumento da população e conseqüentemente, da demanda por recursos naturais, fez com que gestores e juristas de todo mundo buscassem aprimorar seus dispositivos legais para maior proteção e resguardo dos recursos naturais, hoje sabidos, passíveis de esgotamento.

A tendência mundial rumo ao cumprimento do lema do desenvolvimento sustentável, segue na tentativa de uma melhor utilização dos recursos em busca de uma conservação apropriada, a fim de respeitar os direitos das futuras gerações. Pode-se constatar que a tendência mundial é a utilização da água, de forma a preservar sua qualidade, estabelecendo sua outorga de forma consciente, agregando seu real valor, já que é essencial a vida humana. As ações tendem a serem realizadas de forma conjunta e participativa, estimulando maior contato entre gestor e comunidade.

Observa-se a gestão dos recursos hídricos de forma ampliada a viabilizar sistemas alternativos e eficazes no controle eficiente a qualidade da água, tornando-se mais rigoroso ao longo dos anos e adaptando-se as peculiaridades de cada região. O rigor aplicado justifica-se pela real escassez da água em determinadas regiões. As normas refletem a necessidade de manutenção da qualidade, primariamente, voltada ao consumo humano para suas necessidades essenciais. Em todas as legislações analisadas pode-se constatar o enfoque à qualidade almejada, deixando claro o esforço que o gestor imediato do recurso hídrico terá para devolvê-lo ao ambiente, de forma regular e dentro os parâmetros estabelecidos na legislação vigente.

As normas seguem diretrizes mais rígidas que visam à preservação do recurso hídrico através da atribuição da responsabilidade pela qualidade da água ao gestor. Este terá que manter a água sempre de acordo com sua classe, obedecendo às diretrizes estipuladas à qualidade de cada classe. A legislação brasileira aponta para o mesmo caminho. Este país apresenta boa política de gestão dos recursos hídricos, estimulando a gestão compartilhada entre órgãos públicos, privados e comunidades. A divisão das bacias hidrográficas tem facilitado o controle da qualidade das águas, obedecendo a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Os meios alternativos de controle de qualidade de água são necessários, a medida do crescimento de sua demanda. Os CWSs ganharam espaços por apresentarem viabilidade aos padrões brasileiros. A utilização dos CWSs tem sido testada em varias áreas de utilização do recurso hídrico, como no uso doméstico, agrícola e industrial, bem como em diferentes regiões do mundo, como Estados Unidos e alguns países europeus (BOBBERTEEN e NICKERSON, 1991). Sua viabilidade econômica e a possibilidade de utilização para diversas formas de tratamento da água ganharam destaque entre os pesquisadores, que a partir da última década, dobraram suas pesquisas e projetos, quanto a este tratamento alternativo de efluentes e resíduos conforme foi possível observar em pesquisa bibliográfica. Diversos tipos de efluentes têm sido tratados através deste tipo de tratamento por órgãos públicos e privados por todo o país. Estudos estão sendo realizados na tentativa de melhorar sua eficiência, e diferentes tipos de efluentes já são cogitados em sua utilização (SALATI, 2003).

Comparações de Alguns Parâmetros Monitorados pela Legislação Vigente

A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo as condições e padrões de lançamento de efluentes e propondo outras providências. No artigo 4º, parágrafo III, classifica os corpos de água classe 2 que podem sofrer destinação: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n.º 274, de 2000 (BRASIL, 2000); d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e, e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Oxigênio Dissolvido (O.D.)

Dos trabalhos que compuseram o banco de dados do presente estudo, 9 monitoraram a concentração de oxigênio dissolvido no efluente do sistema. A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estabeleceu como padrão a concentração de 5 mg.L^{-1} de O.D. nos corpos de águas classe 2. A Figura 1 mostra como ficaram enquadrados estes efluentes, 78% destes estiveram abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução para a concentração de O.D. Apenas 22% se enquadraram à legislação vigente, lançando ao ambiente efluentes com concentrações de O.D. maiores ou iguais a 5 mg.L^{-1} .

pH

Segundo a mesma Resolução citada acima, as águas de classe 2 devem possuir o valor de pH variando entre 6 a 9. A grande maioria dos 26 projetos que mensuraram este parâmetro esteve de acordo com os padrões definidos pela legislação vigente.

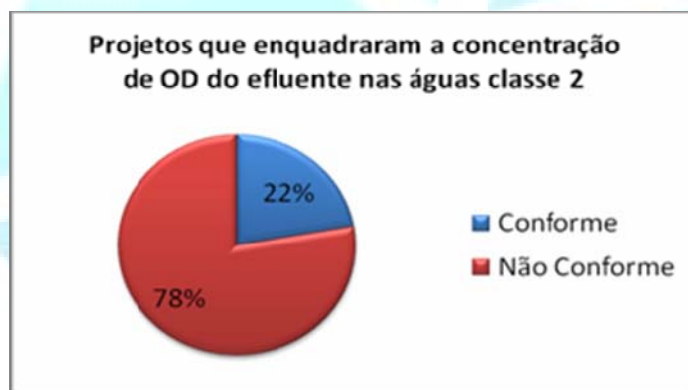


Figura 1. Comparação dos efluentes tratados nos CWSs com a Resolução CONAMA 357/2005 em relação aos valores padrões de OD. Legenda: conforme = dentro da legislação vigente; não conforme = não se enquadrando a legislação vigente para recursos hídricos de classe 2.

Em 96% dos casos, o efluente final apresentou valores de pH nessa faixa. Houve um único caso em que o efluente final não se enquadrou no limite estabelecido pela legislação e foi devido ao experimento ter sido realizado com soluções ácidas originadas das drenagens de minas de carvão (Figura 2). O percentagem alta de efluentes de CWS que apresentam pH de acordo com o limite permissível por lei é atribuída a alta variabilidade deste mesmo limite, ou seja, de 6 a 9. Os efluentes brutos também apresentaram valores dentro deste mesmo limite.

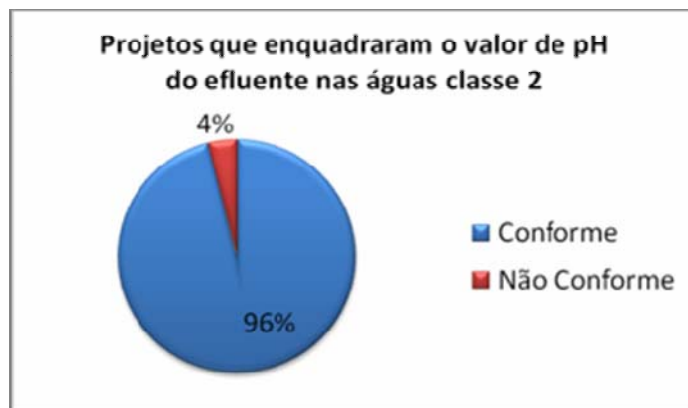


Figura 2. Porcentagens dos efluentes tratados nos CWS que apresentam os parâmetros para classe 2, estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 em relação aos valores padrões de pH. Legenda: conforme = dentro da legislação vigente; não conforme = não se enquadrando a legislação vigente para recursos hídricos de classe 2.

Sulfato

A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) estabeleceu como padrão a concentração de 250 mg.L^{-1} de sulfato nas águas classe 2. Houve apenas dois estudos dentre daqueles analisados que citaram valores quanto a este parâmetro e estes ficaram enquadrados dentro do limite estabelecido pela legislação vigente (Figura 3).

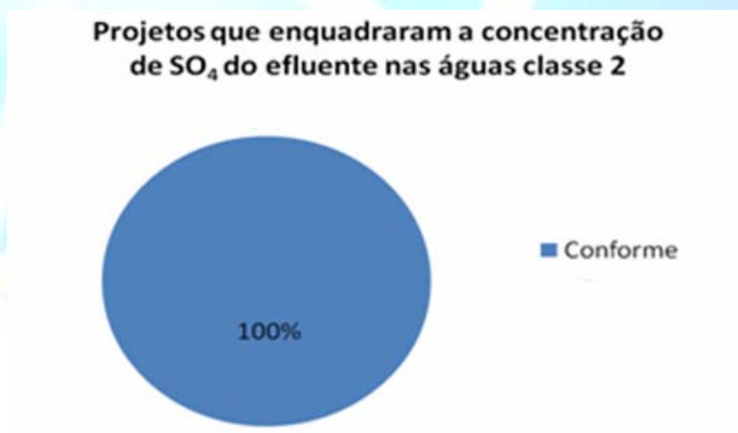


Figura 3. Comparação dos efluentes tratados nos CWSs com a resolução CONAMA 357/2005 em relação ao padrão de concentração de sulfatos. Legenda: conforme = dentro da legislação vigente; não conforme = não se enquadrando a legislação vigente para recursos hídricos de classe 2.

Turbidez

O limite máximo de turbidez estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) para águas classe 2 é de até 100 UNT. Foram verificados 18 estudos que monitoraram este parâmetro e todos estes apresentavam efluentes com valores conforme a legislação vigente (Figura 4).

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

Projetos que enquadraram o parâmetro turbidez do efluente nas águas classe 2

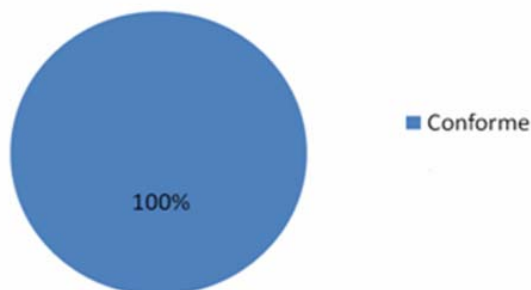


Figura 4. Comparação dos efluentes tratados nos CWS com a Resolução CONAMA 357/2005 em relação aos valores do padrão de turbidez. Legenda: conforme = dentro da legislação vigente; não conforme = não se enquadrando a legislação vigente para recursos hídricos de classe 2.

A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estabeleceu como padrão para águas classe 2, o valor de DBO 5 dias a 20 °C em até 5 mg.L⁻¹O₂. Foram constatados 13 estudos que monitoraram a concentração de DBO no efluente. Dentre estes, 14% tiveram valores iguais ou menores do que 5 mg.L⁻¹O₂ e 86% apresentaram concentrações acima do limite mínimo estabelecido para águas de classe 2 (Figura 5).

Segundo a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementando e alterando a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, em seu Art. 12 cita que o lançamento de efluentes em corpos de água, com exceção daqueles enquadrados na classe especial, não poderá exceder as condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível.

Quanto a demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5 dias a 20 °C), a Resolução CONAMA nº 430 supracitada, no item g do Art. 16 se refere a remoção mínima de 60% de DBO, sendo que este limite somente poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Projetos que enquadraram o parâmetro D.B.O. do efluente nas águas classe 2

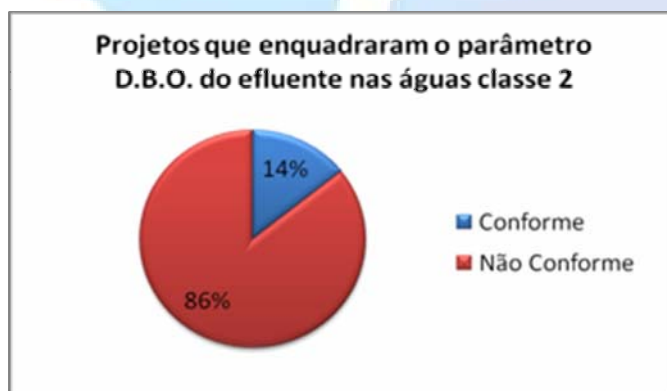


Figura 5. Comparação dos efluentes tratados nos CWS com a Resolução CONAMA 357/2005 em relação ao padrão de concentração de DBO. Legenda: conforme = dentro da legislação vigente; não conforme = não se enquadrando a legislação vigente para recursos hídricos de classe 2.

Nitrogênio Amoniacal

A resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) definiu como concentração máxima de 20 mg.L^{-1} de nitrogênio amoniacal nos lançamentos de efluentes para o ambiente. A Resolução CONAMA nº430/2011 (BRASIL, 2011) manteve este mesmo limite fixado na anterior. Já a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, não previu o limite para este parâmetro para condição de lançamentos provenientes de estações de tratamento de esgoto. Para fins práticos de comparação, considerou-se o padrão estabelecido de 20 mg.L^{-1} para todos os 23 trabalhos que monitoraram este parâmetro. Conclui-se que 39% desses trabalhos apresentavam efluentes com concentrações menores do que o padrão estabelecido e 61% estrapolaram este valor.

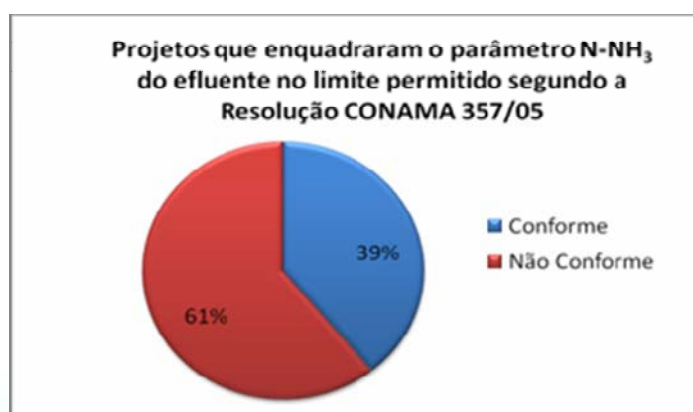


Figura 6. Comparação das concentrações de nitrogênio amoniacal nos efluentes tratados com o valor limite estabelecido nas Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011. Legenda: conforme = dentro da legislação vigente; não conforme = não se enquadrando a legislação vigente para recursos hídricos de classe 2.

Nitrato

A Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) estabelece como padrão a concentração de 10 mg.L^{-1} de nitrato nas águas classe 2. Foram analisados 15 trabalhos que monitoraram as concentrações de nitrato no efluente, 80% destes enquadraram-se abaixo do valor padrão e em 20% dos casos o efluente extrapolou a concentração de 10 mg.L^{-1} (Figura 7).

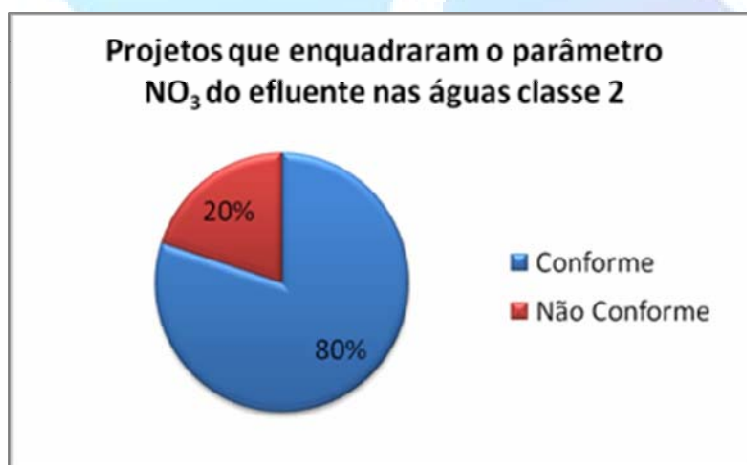


Figura 7. Comparação dos efluentes tratados nos CWS com a Resolução CONAMA 357/2005 em relação ao padrão de concentração de nitrato. Legenda: conforme = dentro da legislação vigente; não conforme = não se enquadrando a legislação vigente para recursos hídricos de classe 2.

Coliformes Termotolerantes

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), no artigo 15º, parágrafo II que dispõe sobre as condições da presença de coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000). Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Para fins práticos de comparação foi adotado o valor de 1000/100 mL como padrão e conclui-se que dos 19 estudos que monitoraram a quantidade desses microrganismos no efluente tratado, 37% deles estavam conforme o valor padrão e 63% possuíam uma quantidade de organismos acima deste valor (Figura 8).

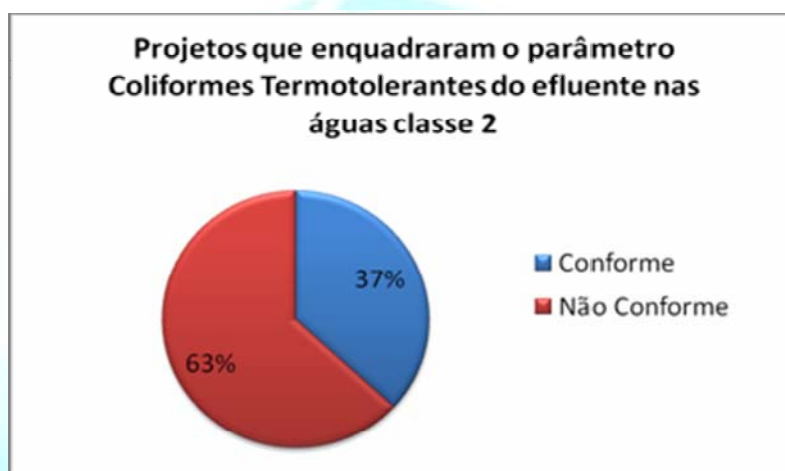


Figura 8. Comparação dos efluentes tratados nos CWS com a Resolução CONAMA 357/05 em relação ao padrão de concentração de coliformes termotolerantes. Legenda: conforme = dentro da legislação vigente; não conforme = não se enquadrando a legislação vigente para recursos hídricos de classe 2.

De acordo com os trabalhos analisados, enquadraram-se dentro do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) os parâmetros de pH, sulfato, turbidez e nitrato. Os demais parâmetros analisados, O.D., D.B.O., nitrogênio amoniacal e coliformes termotolerantes ficaram fora dos padrões definidos pela legislação vigente.

Essa realidade aponta a necessidade de um esforço contínuo no desenvolvimento de aprimoramento dos CWS, afim de uma utilização eficaz e satisfatória aos padrões de qualidade ambiental, estipulados no Brasil.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As legislações consultadas apontaram à inclinação mundial em buscar soluções para os problemas ambientais contemporâneos. A qualidade da água ganhou ênfase em todos os segmentos normativos. As normas, de maneira geral, adotaram mecanismos de integração e maior responsabilidade entre os entes públicos e privados, em relação ao uso dos recursos hídricos. Em relação à abordagem das formas alternativas de tratamento da água, os CWSs e a análise de seu enquadramento às normas brasileiras estão sendo abordadas.

A utilização dos sistemas alternativos de tratamento de efluentes ganhou força e, já são conhecidos em todo o mundo. A utilização no Brasil é recente e caminha ao encontro das tendências mundiais. Os sistemas CWSs apresentam-se de maneira próspera à utilização em

tratamento de efluentes de maneira geral. Segundo os trabalhos analisados, porém, pode-se constatar ainda a existência de algumas falhas no tratamento de efluentes com o uso dos CWSs.

O uso do questionário piloto aplicado nesta pesquisa possibilitou a verificação de que alguns parâmetros não se enquadraram dentro da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). As comparações de O.D., D.B.O., nitrogênio amoniacal e coliformes termotolerantes tiveram seus níveis apontados como não conformes à legislação vigente. Esses indicativos apontam a necessidade de estudos direcionados ao aperfeiçoamento da técnica, a fim de garantir sua eficácia completa.

Diante deste quadro faz-se necessário o desenvolvimento de sistemas de tratamento de águas residuárias que sejam simples, não mecanizados, baratos e fáceis de construir e operar, utilizando materiais de construção de fácil aquisição, mão-de-obra não especializada, e que possam ser incorporados à paisagem local, criando. Neste sentido, a adequação à legislação é de relevante importância para o efetivo cumprimento dos objetivos do desenvolvimento sustentável. E, portanto, deve ser considerada prioritária uma harmonia no ambiente. Dentro deste contexto, os CWSs ou “Terras Úmidas” são considerados promissores, pois soluciona os problemas sócio-ambientais decorrentes da má disposição do esgoto, demanda um baixo custo financeiro, apresenta operacionalidade simples, possibilita o reuso da água em atividades econômicas rentáveis e podem ser incorporados à paisagem local.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Estudos Ambientais da UNESP, pela realização do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* Sustentabilidade Ambiental. A professora Doutora Sâmia Maria Tauk-Tornisielo, pela orientação e dedicação. A professora Doutora Eneida Salati e ao consultor Dr. Enéas Salati Filho pelo empréstimo de materiais consultados e ao grupo “Wetlands” pelo desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Cadernos de Recursos Hídricos: **Panorama do enquadramento dos corpos de água**. ANA, Brasília, 37p., 2005.

BITAR, A., TAUK-TORNISIELO, S.M.; SANTOS, A.A.O.; MALAGUTTI, E.N.; SILVA, Í.M. Tratamento de efluentes de pesque-pague em sistemas construídos de áreas alagadas. **HOLOS Environment** (Online), v. 9, p. 17-35, 2009.

BOBBERTEEN, S.; NICKERSON, J. Use of created cattail (*Typha*) wetlands in mitigation strategies. **Environmental Management**, 15,785-795, 1991.

BORGES, A.K.P.; TAUK-TORNISIELO, S.M.; DOMINGOS, R.N.; ANGELIS, D.F. de. Performance of the constructed wetland system for the treatment of water from the Corumbataí river. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p. 1279-1286, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução de nº 20 de 1986**. Estabelece a classificação de águas doce, salobras e salinas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil., Brasília, DF 30 jul. 1986.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório Perspectivas do Meio Ambiente Mundial** (Global Environment Outlook – GEO), 2000.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, **Diário Oficial de República Federativa do Brasil**, de 17 de março de 2005.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução 430**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes complementam e alteram a Resolução nº357, de 17 de março de 2005 CONAMA. Brasília, **Diário Oficial de República Federativa do Brasil**, de 13 de maio de 2011.

BRIX, H. How “Green” are constructed wetland treatment systems? In: Chapter 1 – General Aspects of wetlands. Ed. Tauk-Tornisielo, S.M.; Salati Filho, E. **Proceedings**. 6th International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control. UNESP/IAWQ. São Pedro, SP, 1-10p. 1998.

HABERL, R. Constructed wetlands: a chance to solve wastewater problems in developing countries. **Water Science Technology**, v. 40, n. 3, p. 11-17, 1999.

KADLEC, R. H.; KNIGHT, R. L. **Treatment wetlands**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1996. 893 p.

KIVAIISI, A. K. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. **Ecological Engineering**, v. 16, n.4, p. 545-560, 2001.

LIM, P. E.; WONG, T. F.; LIM, D. V. Oxygen demand, nitrogen and copper removal by free-water-surface and subsurface-flow constructed wetlands under tropical conditions. **Environmental Interaction**, v. 26, n. 5-6, p. 425-431, 2001.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**, 3^a (ed.) Rev. Atual e Ampliada, São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 2003.

MIGLIARI JR., A. **Crimes Ambientais**, 1^a (ed.) Campinas, Interlex Informações Jurídicas, 2001.

MONTEIRO, R.C.M.; BORGES, A.K.P.; TAUK-TORNISIELO, S.M.; DOMINGOS, R.N. Protótipos de sistemas construídos de áreas alagadas para tratamento de efluentes de piscicultura. **HOLOS Environment (Online)**, v. 8, p. 119-131, 2008.

SALATI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. **Instituto Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p.113-116, jan/dez 2003.

SALATI, E.; SALATI, E.; SALATI, E.; TAUK-TORNISIELO, S.M.; BREGA, D.F.; BOMBONATO, C.J. Use of the HDS System (Hydric Depuration with Soils) Associated to Other Constructed Wetlands Techniques for Public Water Supply. **Water Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 203-209. 1999.

SOLANO, M. L.; SORIANO, P.; CIRIA, M. P. Constructed wetlands as a sustainable solution for wastewater treatment in small villages. **Biosystems Engineering**, v. 87, n. 1, p. 109-118, 2004.