



Banhados Construídos (Constructed Wetlands) como Componentes de Saneamento Ecológico na Bacia do Rio dos Sinos

Jeferson Müller Timm - Biólogo, Mestre em Engenharia Civil.

Luciana Paulo Gomes - Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Professora titular da Unisinos.

Introdução:

Embora o tratamento de esgotos empregando leitos vegetados compondo filtros de raízes (Wetland Construídos) seja bastante antigo, faltam referências, normas técnicas e exemplos bem sucedidos de sistemas deste tipo para que esta tecnologia seja difundida e aplicada no Brasil. Vinculada ao projeto Verde Sinos, esta pesquisa avalia diferentes sistemas que empregam esta tecnologia e foram construídos na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul. Implantadas em entidades e parceiros do projeto, as estações de tratamento de esgoto (ETE) estudadas tem diferentes configurações e finalidades e permitem uma avaliação da atual situação do emprego e difusão destas tecnologias na região. Este relatório apresenta as unidades estudadas, resultados de monitoramento e faz uma comparação do efluente tratado com águas oriundas de banhados e arroios da região.

Objetivo:

Avaliar a eficiência do tratamento de esgoto realizado em sistemas de wetlands construídos em unidades de referência do projeto Verde Sinos e a conformidade do efluente tratado frente à legislação. Avaliar o potencial de emprego dos serviços ecológicos oferecidos por estas tecnologias, e uso delas como ecossistemas funcionais, por meio da comparação do efluente tratado nas unidades monitoradas com a qualidade da água de banhados e arroios da região.

Metodologia:

Foram estabelecidos quatro diferentes sistemas de tratamento de efluentes para monitoramento, todos eles integrando entidades parceiras do projeto Verde Sinos. A primeira bateria de coleta e análises de efluente contemplou uma visita aos locais para avaliação e diagnóstico dos sistemas. Devido à inexistência de ponto de coleta em uma das unidades e inoperância de outra, dois dos sistemas inicialmente propostos para monitoramento tiveram somente uma avaliação e foram descartados do restante da pesquisa. As duas outras unidades operam em perfeitas condições e foram monitoradas durante o período estipulado para pesquisa.

A avaliação dos wetlands foi realizada através de análises do efluente antes e depois da passagem por cada sistema. Foram analisados os parâmetros de DBO, DQO, P, NTK, NH_4 , pH, Turbidez, Cor, Coliformes Totais e Escherichia coli. A coleta de dados foi feita ao longo de quatro meses de monitoramento, de dezembro de 2015 a março de 2016, compreendendo o período sazonal do verão.

Foi verificada a eficiência de cada unidade na redução dos parâmetros supracitados durante o período de monitoramento, permitindo a avaliação dos sistemas frente à legislação vigente que

Execução:



Fundepe



Patrocínio:



PETROBRAS



determina os padrões de lançamento de efluentes domésticos. Foram tomadas como referência as resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 e resolução CONSEMA 128/2006 (atualmente suspensa, se reportando para a Resolução Conama 430). A comparação com a qualidade da água em ecossistemas naturais da região se deu empregando dados inventariados por parceiros do projeto Verde Sinos em pesquisas realizadas pelas equipes da Universidade Feevale e Unisinos e com base na literatura

Banhados Construídos Estudados:

Unidade Lomba grande (Novo Hamburgo)

Este sistema, instalado no centro de educação ambiental e Novo Hamburgo, emprega a técnica de bacia de evapotranspiração (BET, Figura 1), que se constitui em um tanque de alvenaria preenchido com substratos e vegetado com bananeiras (*Musa sp.*) usado como destinação final para o efluente de até 50 pessoas por dia. Este sistema visa perda de água por evapotranspiração e não tem tubulação de saída do efluente aparente, sendo o provável excesso de água destinado à infiltração no solo. Por este motivo a avaliação deste sistema foi baseada na qualidade de água do arroio que cruza a localidade e realizada de forma pontual em apenas uma bateria de análises. A amostragem da água do arroio foi feita antes e depois do local da ETE, permitindo avaliar a possibilidade de contaminação deste curso hídrico. Os locais de coleta e de instalação da ETE podem ser visualizados na figura 2.

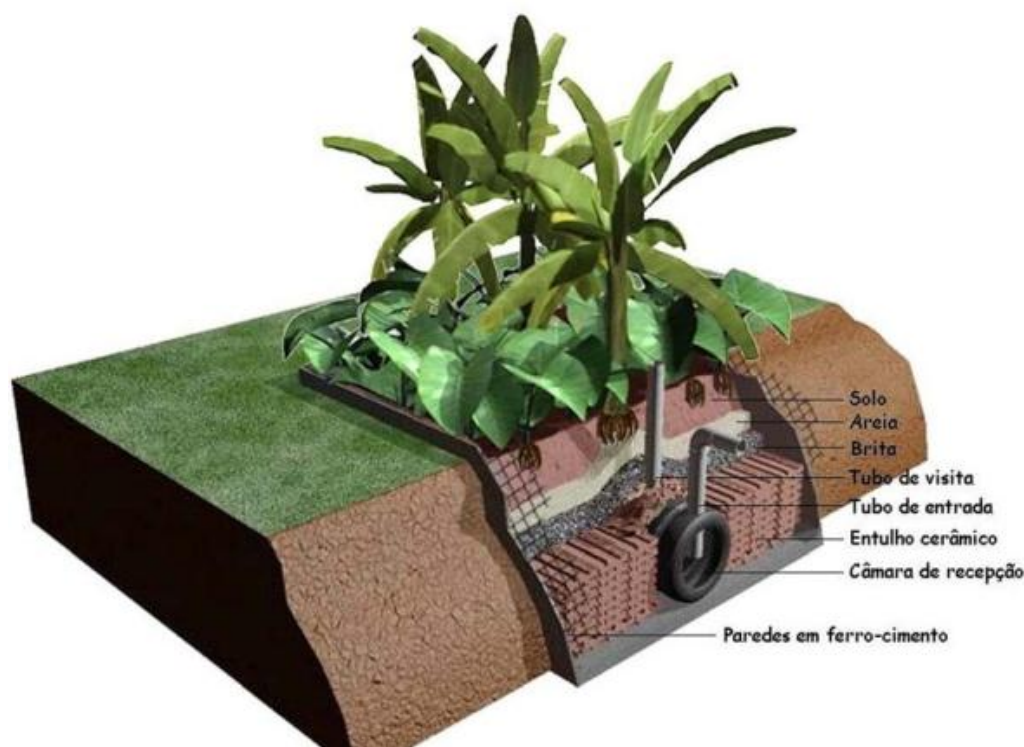


Figura 1: Croqui representando BET. Fonte Galbiati 2008.

Execução:



Fundepe



UNISINOS



FEEVALE

Patrocínio:



PETROBRAS





Figura 2: Pontos de coleta (P1 e P2) e local de instalação da BET. Fonte Google Earth 2016.

Unidade Agroindústria (Sapiranga)

Construída em uma propriedade rural em Sapiranga, esta unidade tem objetivo de tratar o efluente de uma agroindústria de embutidos. Não foi possível obter o projeto original deste sistema, que provavelmente objetiva uma unidade de fluxo horizontal subsuperficial, mas que opera colmatada e por isso apresenta fluxo superficial. A unidade tem pré-tratamento deficiente e leito vegetado sub-dimensionado, operando com exposição do efluente a atmosfera e com escassa vegetação de Taboa (*Thypha domingensis*) como emergente no leito alagado (Figura 3). Em função das precárias condições de operação deste sistema e clara inoperância esta unidade foi avaliada de forma pontual em apenas uma bateria de análises.



Figura 3: Unidade Agroindústria – Colmatção e tratamento ineficiente. Fonte: Autor.

Execução:



Fundepe



Patrocínio:



PETROBRAS



Unidade CEAAK (Igrejinha)

Construída com recursos do projeto Verde Sinos, esta unidade visa tratar o efluente gerado no centro de educação ambiental de igrejinha. Esta unidade apresenta dois leitos vegetados com macrófitas diversificadas instalados em sequencia, sendo o primeiro de fluxo vertical e o segundo de fluxo horizontal (Figuras 4 e 5). Dimensionada para tratar o esgoto de 50 pessoas/dia, pode receber eventuais sobrecargas (300 pessoas/dia) em épocas de visitação intensa ao local.

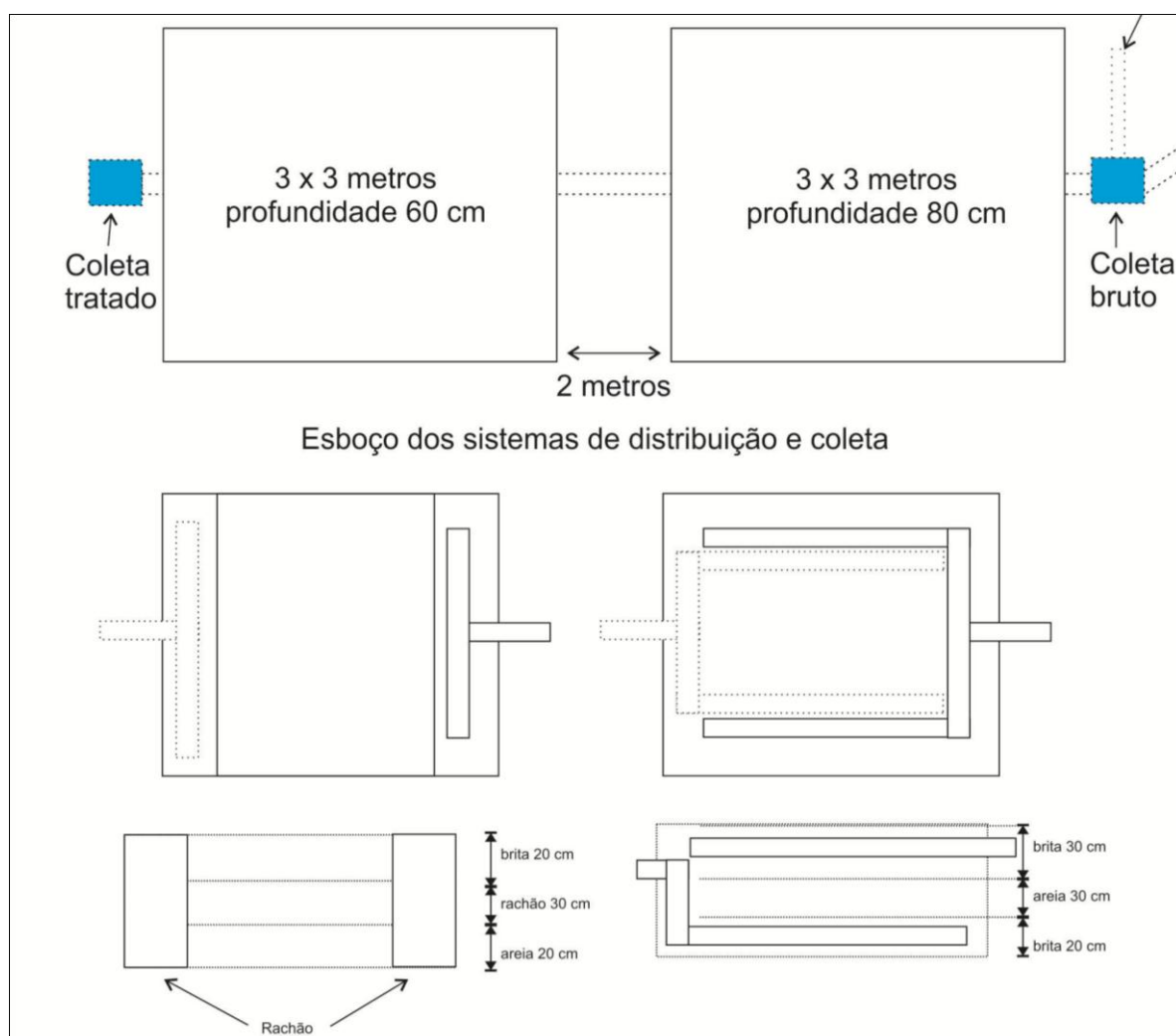


Figura 4: Configuração da unidade CEAAK.



Figura 5: Visão geral da unidade CEAAC.

Unidade Güntherland (Araricá)

A unidade Güntherland emprega três tanques de fluxo vertical em sequência (Figuras 6 e 7). Implantada em uma propriedade rural, e vegetado com macrófitas diversas, esta unidade é dimensionada para tratar o esgoto de 3 pessoas/dia, mas pode receber eventuais sobrecargas de até 50 pessoas/dia em eventos realizados no local.



Figura 6: Visão geral da unidade Güntherland. Fonte: Timm 2015.

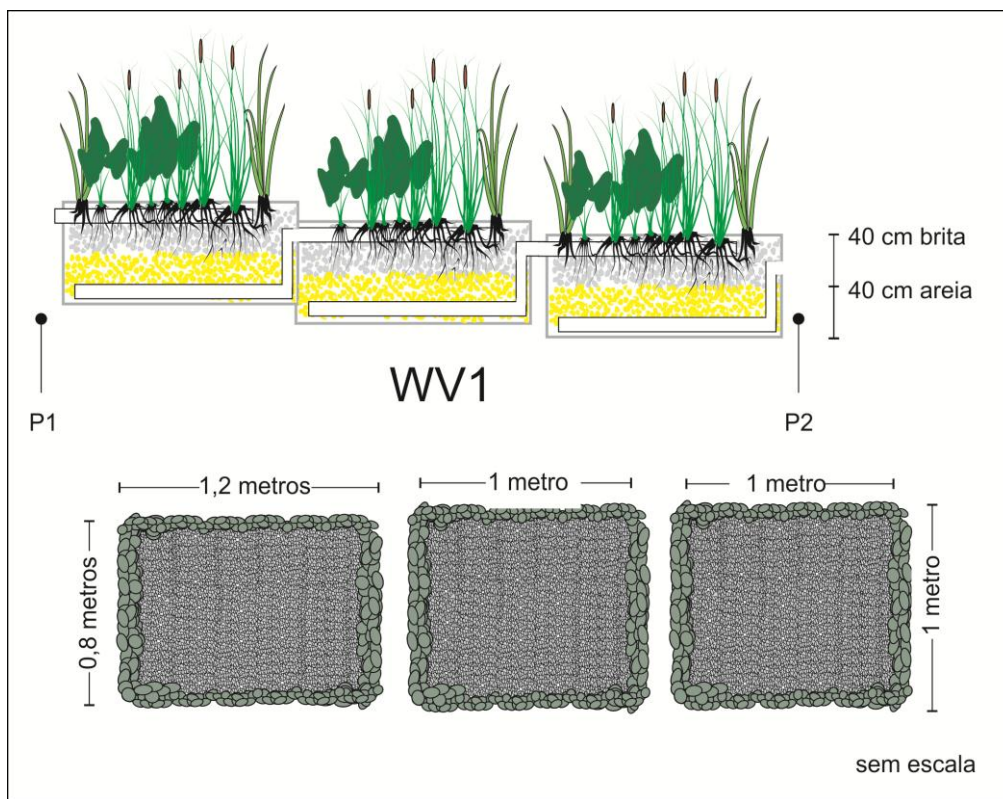


Figura 7: Configuração da unidade Günterland. Fonte: Timm 2015.



Área de Estudo: As unidades de tratamento de esgoto monitoradas, arroios e banhados cujos dados de qualidade das águas foram empregados nesta pesquisa integram a bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, subdividida nas regiões Alto Sinos (AS), Médio Sinos (MS) e Baixo Sinos (BS) (Figura 8).

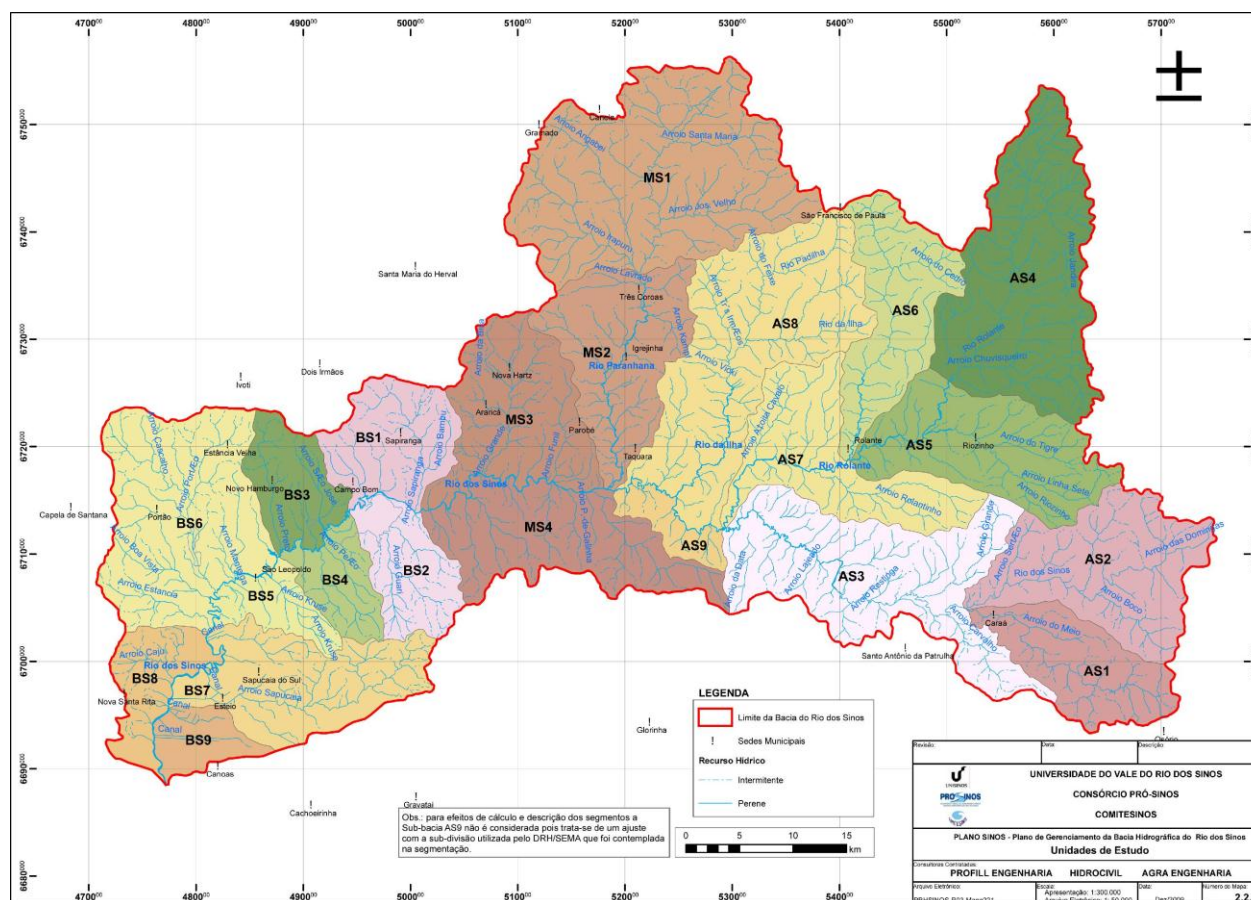


Figura 8: Unidades de Estudo da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Fonte Comitesinos 2011.

Execução:



Patrocínio:





Resultados e Discussão:

Unidade Lomba grande (Novo Hamburgo)

Esta unidade foi avaliada através da análise do efluente de um arroio em pontos a montante (P1) e a jusante (P2) da ETE. Com base nos resultados apresentados no Quadro 1 é possível verificar que não existe aumento da carga poluente do arroio após passagem pelo ponto de instalação do sistema de tratamento de esgoto. Embora o excesso de efluente que extravase desta unidade seja destinado à infiltração no solo as análises realizadas indicam que não ocorre contaminação do curso hídrico e que a unidade de tratamento cumpre a função a que se destina.

Quadro 1: Resultados das análises na Unidade Lomba Grande

ETE Lomba Grande				
Parâmetro	Dezembro		Legislação	Redução (%)
	Entrada	Saída		
DBO5	385,0	230,0	120	40,3
DQO	336,0	329,4	400	1,9
P	0,0	0,0	4	0,0
NTK	1,0	1,0	20	0,0
NH ₄	1,0	1,0	20	0,0
pH	7,8	7,0	5 a 9	10,3
Cor	246,8	198,3	100	19,6
Turbidez	29,7	32,3	100	(+) 8,9
C. Totais	1,1x10 ³	1,0x10 ³	1,0x10 ³	8,1
E. coli	ND	ND	1,0x10 ³	

Unidade Agroindústria (Sapiranga)

Em precárias condições de operação esta unidade de tratamento reflete um dos maiores problemas para difusão e confiabilidade destas tecnologias de saneamento. Construída com apoio do corpo técnico do município e em caráter experimental este sistema evidencia a falta de corretos critérios de dimensionamento e operação, assim como o acompanhamento e monitoramento em longo prazo.

Recebendo o efluente de uma agroindústria de embutidos este sistema é sub-dimensionado e não atende a legislação nem mesmo para carga orgânica, o que poderia ser esperado até mesmo em wetlands em precárias condições de operação. Esta unidade apresentou baixa carga de nutrientes e atendeu a legislação quanto aos parâmetros de P, NTK e NH₄. Embora atenda a legislação para coliformes totais, a baixa presença de coliformes totais no efluente tratado pode indicar pouca atividade microbiológica dos microrganismos depuradores do esgoto no leito. Os quesitos Cor, Turbidez e *E. coli* também não atenderam a legislação ambiental. Como não existe entrada de efluente cloacal no sistema, a presença de *E. coli* pode ser atribuída a



Relatório Técnico de Execução de Projeto

contaminação proveniente de água das chuvas que entram no sistema após escoamento superficial no terreno de entorno. Os resultados das análises nesta unidade podem ser contemplados na quadro 2.

Quadro 2: Resultados gerais das análises na Unidade Agroindústria

ETE Saporanga				
Parâmetro	Janeiro		Legislação	Redução (%)
	Entrada	Saída		
DBO5	458,7	303,3	120	33,9
DQO	1882,6	854,0	400	54,6
P	3,9	1,1	4	72,3
NTK	12,6	8,4	20	33,3
NH ₄	3,4	5,0	20	(+)147,05
pH	6,9	7,2	5 a 9	NA
Cor	1741,9	992,4	100	43,0
Turbidez	1553,7	116,3	100	92,5
C. Totais	1,01 x 10 ³	1,17 x 10 ¹	1,0 x 10 ³	98,8
E. coli	1,89 x 10 ²	1,92 x 10 ³	1,0 x 10 ³	(+)913,5

Execução:



Fundepe



UNISINOS



FEEVÁLE

Patrocínio:



PETROBRAS





Relatório Técnico de Execução de Projeto

Unidade CEAAK (Igrejinha)

Operando há cerca de um ano, esta unidade tem no verão o período de menor intensidade de uso. É possível considerar ainda que este período seja favorável à depuração da matéria orgânica acumulada durante o ano em virtude da maior atividade biológica da biota envolvida no sistema no período de maior calor.

Com exceção do parâmetro cor, que nas análises de dezembro e março esteve acima do permitido pela legislação a unidade atendeu as exigências em todos os parâmetros analisados durante todo monitoramento. Cabe ressaltar que o parâmetro avaliado constitui Cor aparente e não verdadeira, ou seja, a avaliação foi feita sem realização de filtragem do efluente. O quadro 3 reúne os dados obtidos para o esgoto bruto e tratado em cada bateria de análise, médias para o trimestre de monitoramento e referência da legislação.

Quadro 3: Resultados gerais das análises na Unidade CEAAK

ETE CEAAK (Igrejinha)										
Parâmetro	Dezembro		Fevereiro		Março		Média do Trimestre		Legislação	Redução %
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Bruto	Tratado		
DBO ₅	342,0	20,3	318,7	34,3	384,3	28,7	348,3	27,8	120	92,0
DQO	3255,2	329,3	1359,0	94,7	1635,0	152,0	2083,1	192,0	400	90,8
P	3,0	2,1	1,2	<1,0	0,9	0,1	1,7	1,1	4	37,6
NTK	27,2	1,0	ND	ND	6,6	0,6	11,3	0,5	20	95,2
NH ₄	3,5	1,0	29,2	0,4	0,8	0,2	11,2	0,5	20	95,1
pH	4,3	5,9	5,9	7,8	4,7	6,2	5,0	6,7	5 a 9	NA
Cor	2477,9	132,3	3682,8	24,5	898,6	188,1	2353,1	115,0	100	95,1
Turbidez	421,3	29,6	544,0	21,9	128,0	38,0	364,4	29,9	100	91,8
C. Totais	8,5x10 ²	2,8x10 ²	5,9 x10 ²	4,4 x10 ²	7,2 x10 ²	1,0 x10 ⁰	7,2 x10 ²	2,4 x10 ²	1,0 x10 ³	66,7
E. coli	ND	ND	3,8 x10 ²	5,9 x10 ¹	1,0 x10 ⁰	1,0 x10 ⁰	1,3 x10 ²	2,0 x10 ¹	1,0 x10 ³	84,2

Execução:



Patrocínio:



Além dos satisfatórios resultados revelados pelas análises laboratoriais o aspecto visual do efluente antes e após a passagem pelos leitos vegetados (Figura 9) evidencia a eficiência desta unidade no tratamento do esgoto. Outros quesitos pouco mensuráveis, como presença de odores no entorno da ETE também se mostraram satisfatórios, sem que houvesse percepção de mau cheiro no entorno da unidade em nenhum momento durante o primeiro ano de uso. Após o tratamento o eventual excedente do efluente desta unidade é lançado no arroio Kampff, todavia ressalta-se que a maior parte da água é eliminada pela evapotranspiração das plantas.



Figura 9: Aspecto visual do efluente bruto (esquerda) e tratado (direita) na unidade CEAAK.



Relatório Técnico de Execução de Projeto

Unidade Güntherland (Araricá)

Operando há cerca de quatro anos, esta unidade atendeu a legislação em todas as análises realizadas com exceção do parâmetro Cor no mês de março. Assim como no caso anterior, ressalta-se que a análise avaliou a Cor aparente, sem realização de filtragem, onde sólidos suspensos podem interferir no resultado. Nesta unidade também não houve emissão de odores perceptíveis que comprometessem o conforto quanto à presença da unidade de tratamento próximo às moradias. O quadro 4 reúne os dados obtidos para o esgoto bruto e tratado em cada bateria de análise, médias para o trimestre de monitoramento e referência da legislação.

Quadro 4: Resultados gerais das análises na Unidade CEEAK

ETE Güntherland (Araricá)										
Parâmetro	Janeiro		Fevereiro		Março		Média do Trimestre		Legislação	Redução %
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Bruto	Tratado		
DBO ₅	1252,0	16,3	465,3	10,7	371,3	25,0	696,2	17,3	120	97,5
DQO	7518,5	118,7	1917,2	107,6	1806,0	106,3	3747,2	110,8	400	97,0
P	4,0	0,6	9,2	<1,0	5,4	<1,0	6,2	0,9	4	86,1
NTK	10,1	3,7	ND	ND	39,0	0,7	16,4	1,5	20	91,0
NH ₄	5,0	3,3	6,7	0,7	2,0	0,2	4,6	1,4	20	69,9
pH	5,1	7,7	5,8	7,6	6,5	7,8	5,8	7,7	5 a 9	NA
Cor	4536,3	4,4	2291,9	45,2	2927,3	102,5	3251,8	50,7	100	98,4
Turbidez	3114,0	3,0	636,0	25,8	590,0	0,0	1446,7	9,6	100	99,3
C. Totais	1,0 x10 ³	8,4 x10 ²	6,4 x10 ²	5,8 x10 ²	1,0 x10 ³	2,7 x10 ⁰	8,9 x10 ²	4,7 x10 ²	1,00 x10 ³	46,6
<i>E. coli</i>	2,4 x10 ³	5,9 x10 ⁰	6,9 x10 ²	6,0 x10 ²	1,0 x10 ³	1,0 x10 ⁰	1,4 x10 ³	2,0 x10 ²	1,00 x10 ³	85,2

Execução:



Patrocínio:



Além dos satisfatórios resultados revelados pelas análises laboratoriais o aspecto visual do efluente antes e após a passagem pelos leitos vegetados (Figura 10) evidencia a eficiência desta unidade no tratamento do esgoto. Após o tratamento o efluente desta unidade é destinado à infiltração no solo em um leito igualmente vegetado com macrófitas aquáticas porém não impermeabilizado.



Figura 10: Aspecto visual do efluente bruto (esquerda) e tratado (direita) na unidade Günterland.

Comparativo do Efluente Tratado em Banhados Construídos com Águas Oriundas de Banhados e Arroios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

O comparativo do efluente tratado em banhados construídos com águas oriundas de banhados e arroios da região visa indicar se estes sistemas têm condições de tratar o esgoto ao ponto de lançar as águas na natureza em qualidade semelhante àquela dos ecossistemas aquáticos naturais locais. Com base nesta avaliação preliminar, visa-se iniciar uma pesquisa que, no futuro, possa avaliar mais profundamente as condições para emprego dos serviços ecossistêmicos por eles proporcionados. Com avaliações mais abrangentes, que contemplem uma avaliação sobre interação com a fauna e outros elementos da flora, pode ser possível determinar a capacidade dos banhados construídos no tratamento das águas servidas ao tempo que contemplem as funções ecológicas de banhados naturais.



Como parâmetro para qualidade das águas nos cursos hídricos e banhados da região considerou-se ainda os valores de referência de Prati et al. (1971) conforme quadro 5.

Quadro 5: Valores de Referência para Qualidade de Águas Superficiais Segundo Prati et al. (1971)

Qualidade de Águas Superficiais Segundo Prati et al. (1971)					
Parâmetro	Excelente	Aceitável	Levemente poluído	Poluído	Altamente poluído
DBO ₅	1 a 5	30	60	120	>120
DQO	10	20	40	80	>80
NO ₃	4,0	12,0	36,0	108,0	>108
NH ₃	0,1	0,3	0,9	2,7	>2,7
pH	6,5 a 8	6 a 8,4	5 a 9	3,9 a 10,1	<3,9 a >10,1

Os arroios utilizados no comparativo, monitorados pela equipe da Universidade Feevale sob orientação do Prof. Dr. Marco Antônio Siqueira Rodrigues, localizam-se todos no município de Novo Hamburgo na região do Baixo Sinos. Denominados Gauchinho, Luis Rau e Guia Lopes, estes arroios tem os parâmetros analisados entre abril e junho de 2014 expressos no quadro 6, juntamente com as médias e desvio padrão das análises do período de monitoramento dos banhados construídos desta pesquisa.

Quadro 6: Avaliação de água em arroios na zona urbana do Baixo Sinos

Arroios Baixo Sinos (Feevale)				Banhados Construídos			
	Gauchinho	Luis Rau	Guia Lopes	Günterland		CEAAK	
				Media	DP	Media	DP
DBO ₅	21	<5	8	17,3	7,2	27,8	7,0
DQO	44,5	5,5	14,5	110,8	6,8	192,0	122,4
P	1,5	0,03	0,1	0,9	0,2	1,1	1,0
NTK	14,57	ND	13	1,5	2,1	0,5	0,3
NH ₄	12,61	ND	ND	1,4	1,7	0,5	0,4
pH	8,27	7,08	7,26	7,7	0,1	6,7	1,0
Turbidez	ND	29,5	ND	9,6	14,1	29,9	8,1
C. Totais	2,0x10 ²	1,7x10 ²	>2,4x10 ⁵	4,7x10 ²	4,3x10 ²	2,4x10 ²	2,2x10 ²
E. coli	4,9x10 ²	6,2x10 ²	>2,4x10 ⁵	2,0x10 ²	3,5x10 ²	2,0x10 ¹	4,1x10 ¹



Relatório Técnico de Execução de Projeto

A comparação com banhados naturais utilizou dados inventariados pela equipe de pesquisa da Unisinos, sob orientação da Professora Doutora Cristina Stenert, que amostrou 10 áreas úmidas entre abril e junho de 2015, sendo 5 destas (B1, B2, B3, B7 e B8) consideradas em condição de referência e 5 (B4, B5, B6, B9 e B10) consideradas impactadas (quadro 7). Todas as áreas avaliadas estão localizadas no Baixo Sinos, nos municípios de São Leopoldo, Novo Hamburgo e Campo Bom.

Quadro 7: Qualidade da água em banhados de referência e impactados na região do Baixo Sinos

Banhados Baixo Sinos BIO Unisinos										
	BR 1	BR 2	BR 3	BI 4	BI 5	BI 6	BR 7	BR 8	BI 9	BI 10
DBO ₅	ND	ND	ND	24	252	17	46	66	29	81
P	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
NTK	2,30	3,70	3,40	3,40	7,20	4,85	8,40	10,65	2,05	33,60
pH	4,9	6,2	5,9	6,8	6,9	7	5,2	5,8	5,8	6,2
Turbidez	108	110	645	211	85	85	41	132	247	182
<i>E. coli</i>	6,3x 10 ³	4,8x 10 ³	6,0x 10 ³	3,26x 10 ⁴	3,72x 10 ⁴	1,78x 10 ⁴	5,34x 10 ⁴	1,25x 10 ⁴	3,68x 10 ³	3,58x 10 ³

A fim de simplificar a comparação, foram calculadas as médias e desvio padrão para os parâmetros físico químicos aferidos nas áreas de referência e áreas impactadas entre os banhados do mesmo tipo, assim como as médias e desvio padrão das análises do período de monitoramento dos banhados construídos desta pesquisa, que estão expressos no quadro 8.

Quadro 8: Parâmetros físico químicos em banhados do Baixo Sinos em comparação aos banhados construídos

	Banhados Baixo Sinos				Banhados Construídos			
	BR 1,2,3,7,8		BI 4,5,6,9,10		Günterland		CEAAK	
	MED	DP	MED	DP	MED	DP	MED	DP
DBO ₅	56,0	14,1	80,6	99,1	17,3	7,2	27,8	7,0
P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,2	1,1	1,0
NTK	5,7	3,6	10,2	13,2	1,5	2,1	0,5	0,3
pH	5,6	0,5	6,5	0,5	7,7	0,1	6,7	1,0
Turbidez	207,2	247,1	162,0	74,0	9,6	14,1	29,9	8,1

Execução:



Patrocínio:



Tendo atendido os limites estabelecidos pela legislação, ambos banhados construídos monitorados tiveram médias para DBO₅ abaixo do observado em banhados naturais, sejam estes de referência ou impactados (Figura 11).

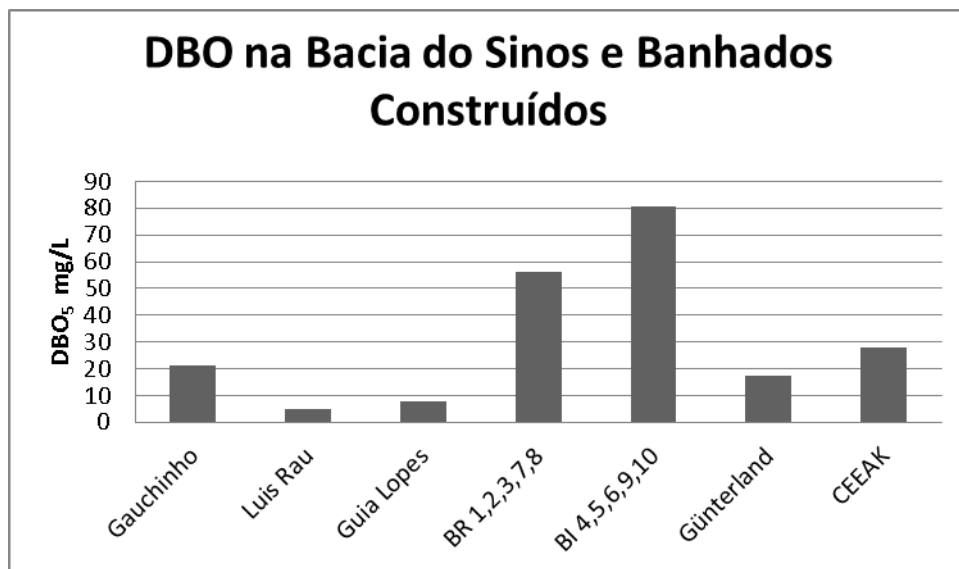


Figura 11: Concentrações para DBO₅ nos locais amostrados.

Comparados aos valores individuais dos banhados impactados ou referência é possível considerar que os banhados construídos encontram-se em valores condizentes ou inferiores aos observados para áreas úmidas da região. Quando comparadas aos arroios, as unidades de estudo tiveram médias superiores ao observado nos arroios Luis Rau e Guia Lopes, estando a média para o arroio Gauchinho acima da observada na Unidade Güntherland e abaixo do observado na unidade CEEAK.

É importante considerar uma diferenciada dinâmica de oxigenação nas águas de arroios, que configuram ambientes lóticos e sujeitos a maior oxigenação da água em função da movimentação e correnteza. Este fator também pode explicar as diferenças entre valores observados para DQO, que embora atenda a legislação no resultado do tratamento realizado, é maior nos banhados construídos do que nos arroios avaliados. O parâmetro de DQO não foi aferido nos banhados naturais impactados ou de referência.

Os banhados naturais apresentaram turbidez maior do que a observada nos banhados construídos na média (Figura 12) e em comparação individual. Único arroio aferido, o arroio Luis Rau apresentou turbidez de 29,5 NTU, muito próximo aos 29,9 NTU de média para unidade CEEAK e superior a média da unidade Güntherland, de 9,6 NTU. Além de satisfatório frente à legislação, o tratamento para este parâmetro nas unidades de estudo também revela a eficiente filtragem do efluente, que se reflete no aspecto visual da água tratada conforme visualizado nas figuras 9 e 10.

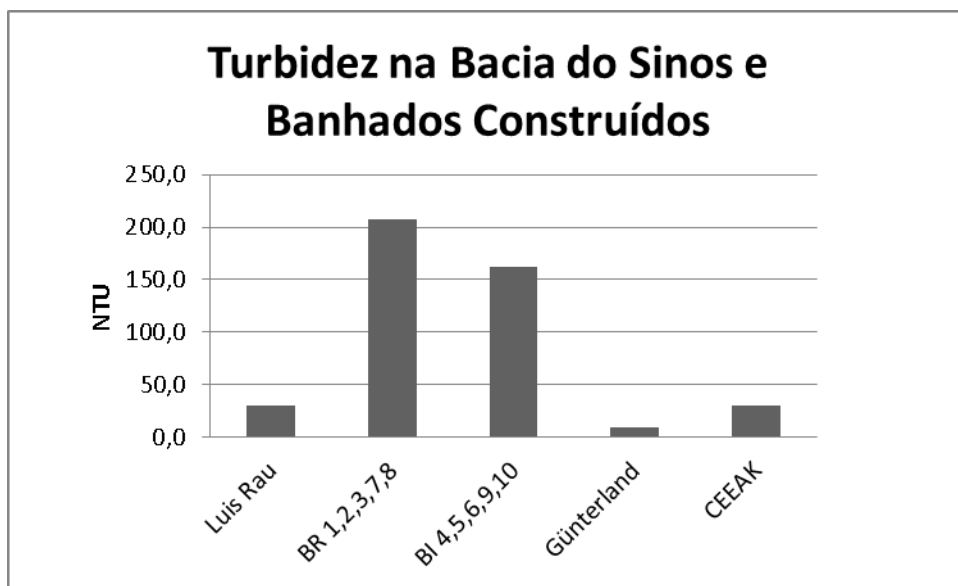


Figura 12: Concentrações para Turbidez nos locais amostrados.

A remoção de nutrientes atendeu a legislação em ambos banhados construídos. Nas unidades de estudo as concentrações de fósforo estiveram abaixo do observado no arroio Gauchinho, porém foram superiores ao observado nos demais arroios e banhados avaliados (Figura 13).



Figura 13: Concentrações para Fósforo nos locais amostrados.

É importante ressaltar que o referido arroio também foi aquele que apresentou maiores concentrações para DBO₅, DQO e NTK. Neste sentido é provável que a disponibilidade do elemento fósforo no efluente seja proveniente da decomposição da maior carga orgânica presente neste meio. Da mesma forma, as concentrações de fósforo nos sistemas de tratamento de esgoto refletem a decomposição da matéria orgânica e a limitada capacidade do meio para absorção do nutriente. Todavia, ressalta-se que este elemento é considerado de difícil remoção

em banhados construídos e sistemas de tratamento de esgoto em geral e que os resultados obtidos são considerados bastante satisfatórios, estando ainda abaixo das médias observadas por autores como Vymazal (2010) e Zanella (2008) em sistemas deste tipo, que variam entre 4,5 e 10,0 mg/L. **Ainda é importante considerar o limite de detecção do método usado nas análises, que indicou concentração menor do que 1,0 mg/L em uma das avaliações para unidade CEEAK e duas avaliações da unidade Güntherland, não havendo precisão para determinação das concentrações abaixo deste valor.**

As concentrações de NTK foram inferiores nas unidades de tratamento de esgoto quando comparadas aos banhados e arroios avaliados (Figura 14). Estes resultados são muito satisfatórios principalmente quando confrontados com a literatura, onde autores como Zanella (2008) e Vymazal (2007) relatam estudos de casos com médias para efluentes tratados variando de 36,0 a 58,0 mg/L. Ressalta-se que o período de monitoramento destas unidades, correspondente ao verão, coincide com uma baixa carga aplicada nos sistemas e maior atividade biológica das plantas e microrganismos envolvidos na depuração do esgoto.

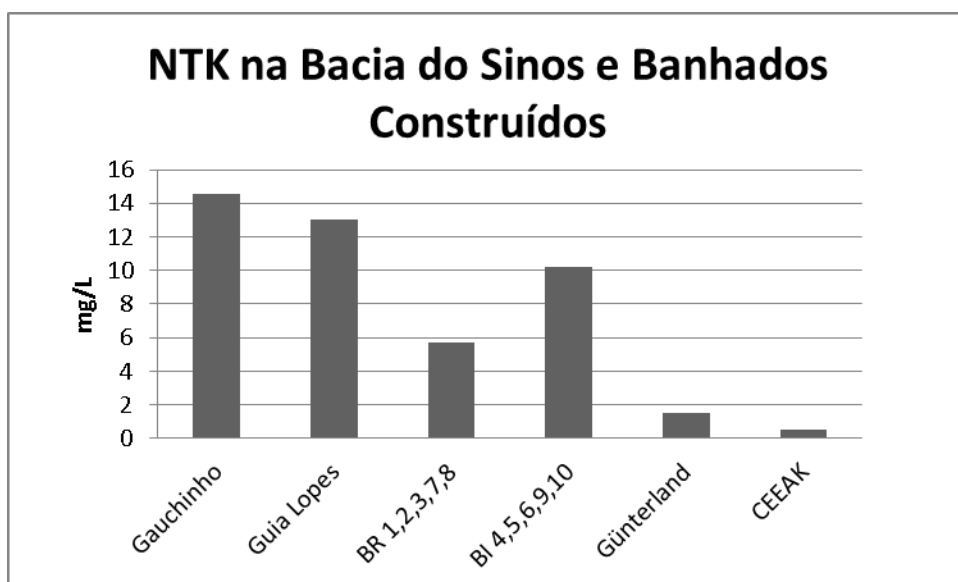


Figura 14: Concentrações para NTK nos locais amostrados.

As médias para pH se mostraram mais ácidas nos banhados naturais e mais básicas nos arroios quando comparadas aos banhados construídos, possivelmente relacionando-se à decomposição anaeróbica e fermentação da matéria orgânica nos ambientes de banhado menos sujeitos a oxigenação.

A avaliação sobre presença de organismos do grupo coliformes agrupa como referência dados da pesquisa citada anteriormente (expressos no quadro 7) e dados inventariados pelo grupo de pesquisa da Universidade Feevale. Sob orientação do Professor Dr. Fernando Rosado Splilki em dissertação de mestrado, Goularte (2016), entre outubro de 2014 e agosto de 2015 avaliou



Relatório Técnico de Execução de Projeto

Coliformes Totais e *E.coli* em banhados em Rolante, no Alto Sinos (P1), Campo Bom, no Médio Sinos (P2), Novo Hamburgo (P3) e São Leopoldo (P4) ambos no Baixo Sinos (quadro 9).

Quadro 9: Coliformes Totais e *E. coli* em banhados do Alto, Médio e Baixo Sinos.

Coliformes em Banhados na Bacia do Rio do Sinos - Gularte 2016							
Ponto de Coleta	Parâmetro	Outubro	Novembro	Fevereiro	Abril	Junho	Agosto
P1	C. Totais	$6,65 \times 10^0$	$4,37 \times 10^0$	$4,35 \times 10^2$	$1,48 \times 10^0$	$7,71 \times 10^2$	$1,20 \times 10^1$
	<i>E. coli</i>	$1,22 \times 10^2$	$8,20 \times 10^2$	$1,53 \times 10^2$	$2,00 \times 10^1$	$2,75 \times 10^2$	$5,10 \times 10^1$
P2	C. Totais	$2,42 \times 10^4$	$2,42 \times 10^3$	$2,42 \times 10^3$	$5,39 \times 10^2$	$2,46 \times 10^0$	$7,70 \times 10^0$
	<i>E. coli</i>	$2,48 \times 10^2$	$1,41 \times 10^3$	$9,09 \times 10^1$	$1,00 \times 10^1$	$2,43 \times 10^2$	$3,10 \times 10^1$
P3	C. Totais	$9,37 \times 10^2$	$2,42 \times 10^4$	$1,20 \times 10^0$	$2,42 \times 10^3$	$2,42 \times 10^3$	$1,05 \times 10^4$
	<i>E. coli</i>	$4,10 \times 10^1$	$9,80 \times 10^1$	$1,10 \times 10^2$	$1,41 \times 10^2$	$9,80 \times 10^3$	$8,60 \times 10^1$
P4	C. Totais	$1,73 \times 10^3$	$2,42 \times 10^3$	$8,60 \times 10^0$	$2,42 \times 10^3$	$2,42 \times 10^3$	$2,42 \times 10^3$
	<i>E. coli</i>	$2,23 \times 10^2$	$1,30 \times 10^3$	$0,00 \times 10^0$	$9,61 \times 10^2$	$1,73 \times 10^3$	$2,13 \times 10^1$

Os dados aferidos para Coliformes Totais e *E. coli* nos banhados naturais das duas pesquisas de referência e nos banhados construídos monitorados foram agrupados na forma de médias com respectivos desvio padrão no quadro 10.

Quadro 10: Organismos do grupo coliformes em banhados do Alto, Médio e Baixo Sinos.

Médias e DP para Coliformes em Banhados da Bacia do Sinos e Banhados Construídos				
Local	C. Totais		<i>E. coli</i>	
	MED	DP	MED	DP
P1	$2,05 \times 10^2$	$3,26 \times 10^2$	$2,40 \times 10^2$	$2,98 \times 10^2$
P2	$4,93 \times 10^3$	$9,50 \times 10^3$	$3,39 \times 10^2$	$5,36 \times 10^2$
P3	$6,74 \times 10^3$	$9,33 \times 10^3$	$2,43 \times 10^2$	$3,63 \times 10^2$
P4	$1,90 \times 10^3$	$9,68 \times 10^2$	$7,06 \times 10^2$	$7,31 \times 10^2$
BR 1,2,3,7,8	ND	ND	$1,66 \times 10^4$	$2,08 \times 10^4$
BI 4,5,6,9,10	ND	ND	$1,90 \times 10^4$	$1,57 \times 10^4$
Günterland	$4,7 \times 10^2$	$4,3 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$
CEEAK	$2,4 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$	$2,0 \times 10^1$	$4,1 \times 10^1$
Gauchinho	$2,0 \times 10^2$	ND	$4,9 \times 10^2$	ND
Luis Rau	$1,7 \times 10^2$	ND	$6,2 \times 10^2$	ND
Guia Lopes	$2,4 \times 10^5$	ND	$2,4 \times 10^5$	ND

Execução:



Fundepe



Patrocínio:



PETROBRAS



Atendendo à legislação em todas as amostragens, as unidades de tratamento de esgoto monitoradas apresentaram concentração de *E. coli* inferior a todos banhados naturais e arroios avaliados. Com exceção do P1, banhado natural localizado no município de Rolante no Alto Sinos as unidades de estudo tiveram presença de Coliformes Totais inferior do que os demais banhados estudados. Os arroios Luis Rau e Gauchinho também apresentaram menores concentrações de bactérias do grupo Coliformes quando comparados às unidades de estudo. A comparação destes parâmetros pode ser visualizada na figura 15, que representa o comparativo para o grupo coliformes na Bacia do Sinos com os Banhados Construídos.

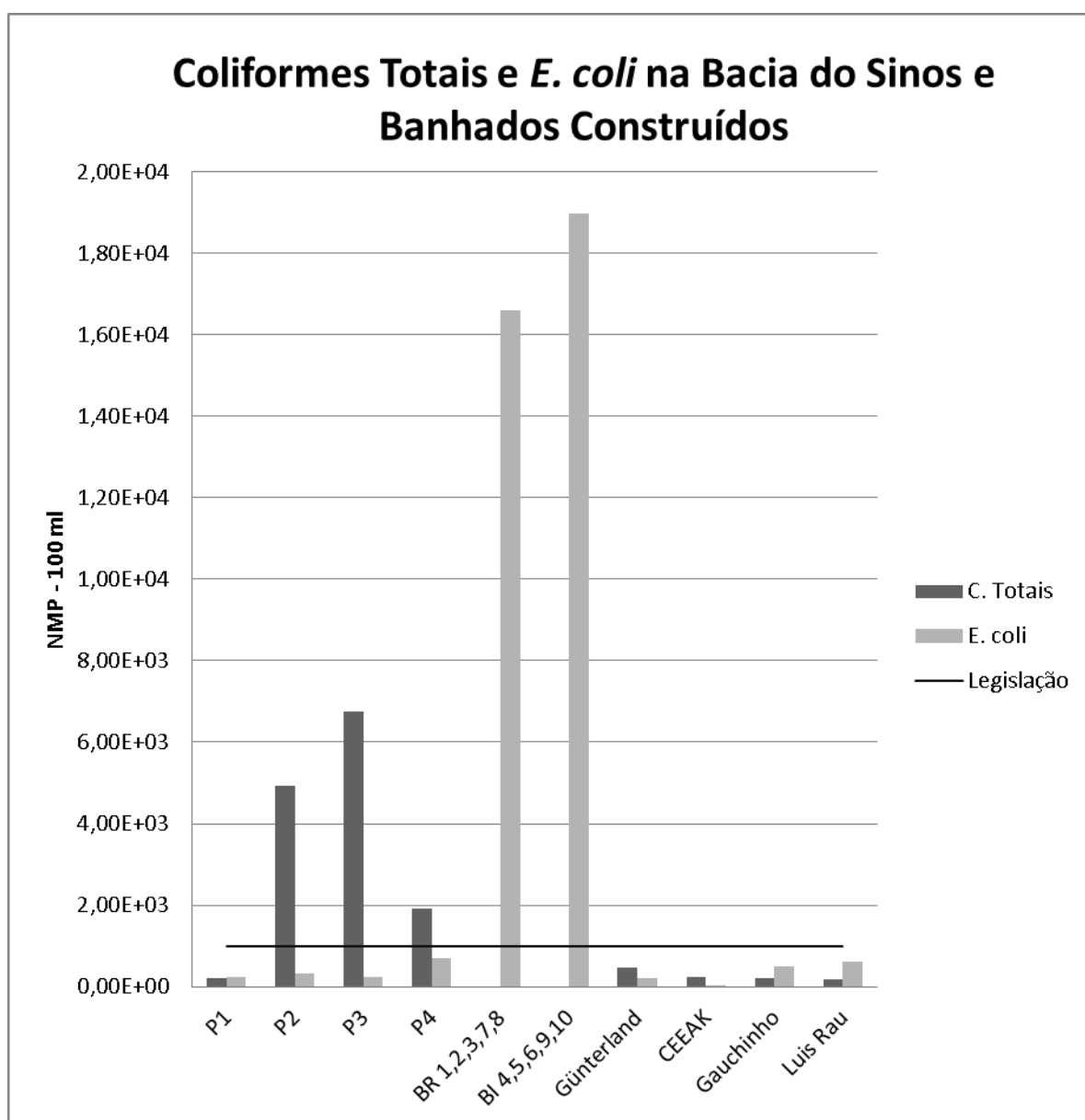


Figura 15: Coliformes na Bacia do Sinos e Banhados Construídos.



Relatório Técnico de Execução de Projeto

Por tornar a leitura dos dados difícil, os valores referentes ao arroio Guia Lopez foram excluídos da representação gráfica, todavia este curso hídrico mostrou relevante contaminação fecal com valores para coliformes totais e *E. coli* muito superiores às demais unidades estudadas e também ao permitido pela legislação.

Os dados para coliformes totais nos banhados de referência e impactados não foram aferidos. Os índices de contaminação fecal nestas áreas se mostraram superiores ao permitido pela legislação e ao tratamento realizado nos banhados construídos na média e na comparação individual dos banhados avaliados. Considera-se que além da contaminação por esgoto doméstico a criação de gado nas áreas de entorno pode ser um fator de contaminação fecal destes banhados.

A presença abundante de organismos do grupo coliformes totais pode ser considerada esperada e normal em áreas naturais, já que estes organismos representam um grupo presente em associações de depuração da matéria orgânica e zonas de raízes.

Conclusões:

As unidades de tratamento CEAAC e Güntherland apresentaram tratamento satisfatório e, excedendo-se o parâmetro Cor na unidade CEAAC, atenderam a legislação em todos parâmetros analisados. Ressalta-se que o parâmetro aferido foi a cor aparente e não a cor verdadeira, comprometendo a avaliação deste quesito.

As unidades de tratamento de esgoto apresentaram qualidade de água melhor do que os banhados naturais, impactados ou de referência, para o parâmetro de DBO₅, NTK e *E. coli*, sendo que para estes dois últimos parâmetros a qualidade da água também se mostrou melhor do que em arroios da região.

O parâmetro fósforo se mostrou mais elevado nas unidades de tratamento de esgoto do que nos banhados avaliados e arroios Luis Rau e Guia Lopes, estando abaixo apenas do arroio Gauchinho, onde também foi aferida maior carga orgânica entre os arroios.

O grupo coliformes totais se mostrou mais reduzido no banhado P1 e arroios Gauchinho e Luis Rau quando comparado aos banhados construídos e mais elevado que nas unidades de estudo nos banhados P2, P3 e P4. Considera-se este grupo natural em áreas de banhado por estar associado à depuração de matéria orgânica.

É possível considerar que as unidades de estudo se mostraram aptas para integrar ambientes naturais. Com exceção de fósforo, as médias observadas para os parâmetros analisados se mostraram equivalentes ou abaixo daquelas aferidas para cursos hídricos e áreas úmidas da região em termos de qualidade da água tratada.

Execução:



Patrocínio:





Referências Bibliográficas:

BRASIL. 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: novembro de 2013.

BRASIL. 2011. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 430**, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.saude.mg.gov./publicacoes>>. Acesso em: novembro de 2013.

COMITESINOS – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. **Plano de Gerenciamento da Bacia do Rio dos Sinos**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, RS, 2011.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração** – Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Campo Grande, MS, 2009.

GULARTE, J. S. **Adenovirus Humanos em Amóstras de Água e Gastrópodes de Áreas Húmidas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos** – Dissertação de Mestrado. Mestrado em Qualidade Ambiental. Universidade Feevale. Novo Hamburgo, RS, 2016.

PRATI, L., PAVANELLO, R., PESARIN, F. **Assessment of surface water quality by a single index of pollution**. Water Res. 5, 741–751, 1971.

RODRIGUES, M. A. S. **Avaliação da qualidade da água dos e do solo de banhados da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Relatório Técnico Parcial de Execução de Projeto. Projeto Verde Sinos – Universidade Feevale. Novo Hamburgo, RS, 2015.

STENERT, C. **Utilização de macroinvertebrados como bioindicadores da qualidade de água em áreas úmidas**. Relatório Técnico Parcial de Execução de Projeto. Projeto Verde Sinos – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, RS, 2015.

VYMAZAL, J.; **Removal of nutrients in various types of constructed Wetlands**. Science of the Total Environment, n. 380, 2007.

VYMAZAL, J.; **Constructed Wetlands for Wastewater Treatment – A Review**. Journal Water, Department of Landscape Ecology, Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic. 2010.

ZANELLA, L. **Plantas Ornamentais no pós Tratamento de Efluentes Sanitários: Wetlands Construídos Utilizando Brita e Bambu como Suporte**. Campinas, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2008.

Execução:



Patrocínio:

