



## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES NA SERRA DO RIO GRANDE DO SUL.

Vânia Elisabete Schneider– veschnei@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, Instituto de Saneamento Ambiental  
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Cidade Universitária – Bloco V – Sala 206  
95020-972 – Caxias do Sul - RS

Roger Vasques Marques– rogermarquesea@gmail.com

Universidade de Caxias do Sul, Instituto de Saneamento Ambiental

Maicon Basso dos Santos- mbsantos8@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, Instituto de Saneamento Ambiental

Taison Anderson Bortolin– taisonbortolin@yahoo.com.br

Universidade de Caxias do Sul, Instituto de Saneamento Ambiental

**Resumo:** Apesar da técnica de tratamento de efluentes utilizando lagoas de estabilização no Brasil já ser difundido, é possível observar que não há muitos estudos analisando a eficiência deste modelo para climas subtropicais. Assim este trabalho teve como objetivo analisar a eficiência de uma estação de tratamento de efluentes neste clima. Foram coletadas amostras de efluente durante 3 anos (2013-2015), onde 3 avaliações foram realizadas para cada estação de cada ano. Os pontos de monitoramento estavam localizados na entrada da estação, onde o efluente era bruto, saída da 4ª lagoa (final do tratamento) e 50 m jusante do ponto de lançamento. Os parâmetros analisados incluíram parâmetros físicos, químicos e biológicos. Para análise de eficiência, os dados foram divididos por estação do ano. Os resultados mostraram, oxigênio dissolvido e a média das quatro estações do ano durante todo o período de estudo foi de 65,04%, para coliformes a média de remoção durante as estações do período compreendido foi de 99,99%, o pH houve uma queda de 10,84%, o IET apresentou aumento de 48,12% na média das quatro estações no período, o abatimento da matéria orgânica levou uma queda de 86,24% e 92,27% para DQO e DBO respectivamente, a média de remoção do nitrogênio amoniacal e Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) durante as estações do ano no período de estudo é de 81,58% e 79,51% respectivamente e a média de remoção de substâncias na forma iônica responsável pelo parâmetro condutividade elétrica durante todo o período de estudo é de 55,52%. Desta forma, ao analisar os índices de remoção da carga poluidora podemos verificar a boa eficiência da estação de tratamento.

**Palavras-chave:** condutividade elétrica, subtropical, estações do ano



## A WASTEWATER TREATMENT PLANT EFFECTIVENESS ASSESSMENT IN RIO GRANDE DO SUL MOUNTAIN REGION

**Abstract:** *Despite the fact that the wastewater treatment technique using stabilization ponds is widespread throughout Brazil, it is possible to observe that there are not many studies analyzing the effectiveness of this model to subtropical climates. In this manner, the aim of this work was to analyze the efficiency of a wastewater treatment plant in this climates. Were collected during three years (2013-2015), in which 3 evaluations were conducted in each season of the years. The monitoring spots were located in the Station entrance, where the effluent were raw, out of the fourth pond (end of the secondary treatment), at for last, a spot at 50 m downstream from the discharge point. The parameters analyzed included physical, chemical and biological indicators. For effectiveness assessment, the data was splited by seasons of the years. The results shown, dissolved oxygen rate and the average of the four seasons throughout the study period was 65.04%, the average coliforms reduction during the seasons of the period was 99.99%, the neutral pH have a drop of 10.84% in this parameter, the TSI shown an average increase of 48.12% during four seasons in the study time, the organic matter dropped from 86.24% and 92.27% as chemical and biochemical oxygen demand respectively, the average removal of ammoniacal nitrogen and total nitrogen during the seasons was 81.58% and 79.51% respectively and the average removal of substances in ionic form (electrical conductivity) during the whole study period was 55.52%. Thus, when analyzing the drop in the polluting load, we can verify the reasonable effectiveness of the wastewater treatment plant.*

**Keywords:** Electrical conductivity, subtropical , Seasons.



## 1. INTRODUÇÃO

O ser humano ao longo de sua história produziu significativos impactos no meio ambiente, desde consequências de pequena complexidade até impactos de grandes proporções. Pode-se destacar a geração de resíduos sólidos que pode ser observada desde os primórdios da civilização. Neste contexto, o potencial poluidor foi sendo proporcional com a evolução da sociedade e seu modo de vida. No entanto, foi a partir da Revolução Industrial, em meados de 1760, o marco inicial para as situações críticas que envolvem o meio ambiente até os dias atuais, com eventos de alterações no ambiente que ainda não possuem solução viável mesmo com mais de 250 anos de progresso científico e tecnológico.

Somente a partir de 1987 no relatório de Brundtland, o conceito de sustentabilidade foi elaborado, abrindo portas para o desenvolvimento de ações governamentais no intuito de expor os possíveis problemas ambientais causados por décadas de crescimento desenfreado (BRUNTLAND, 1987). No Brasil sente-se um maior impacto e preocupação com a condição sanitária da população em meados do século XX. A União, no entanto, apenas se mostrou engajada nesta causa no início dos anos 2000, onde o poder público federal assume o papel de financiador e regulador do Saneamento Básico. Como regulador, nascem as primeiras resoluções, dentre as quais pode citar a resolução CONAMA nº 357/2005 que define efluente como sendo os despejos líquidos oriundo de diversas atividades ou processos. Esta mesma resolução caracteriza esgoto sanitário como uma denominação genérica para os despejos líquidos residenciais, comerciais e águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter ou não percentuais de efluentes industriais e efluentes não domésticos (CONAMA, 2005) O estudo elaborado pelo SNIS (2013) revela que no Brasil apenas 48,6% do esgoto é coletado, sendo assim mais de 100 milhões de brasileiros não tem acesso a este serviço. Outro relatório apresentado pelo Instituto Trata Brasil (2015) revela que apenas 39% do esgoto gerado no Brasil passa por tratamento.

Considerando o potencial poluidor de uma cidade universitária, devido as diversas atividades realizadas nos setores que compõe este conjunto, é necessário que haja planejamento e controle dos impactos ambientais gerados. Dentre as medidas pertinentes de gestão ambiental que podem ser realizadas para mitigar o impacto ambiental, destaca-se o tratamento dos efluentes gerados, considerando-se as cargas orgânicas e inorgânicas que podem derivar destas atividades (PEREIRA, 2014) A entrada de matéria orgânica em um corpo hídrico resulta indiretamente no consumo de oxigênio dissolvido para sua estabilização uma vez que esta é realizada por bactérias que se utilizam do oxigênio dissolvido para respiração (VON SPERLING, 2007). Além dos parâmetros normalmente analisados para verificar a carga do efluente, o Índice de Estado Trófico é um indicador da carga de nitrogênio e fosforo. O aumento da eutrofização pode impactar nos ecossistemas aquáticos e reservatórios a jusante do lançamento bem como zonas lânticas dos corpos hídricos (VON SPERLING, 2007)

Habitualmente para implantação de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) opta-se por sistemas de tratamento natural devido ao baixo custo de implantação e manutenção. Segundo Sezerino (2006), define-se sistema natural de tratamento o sistema que apresenta a capacidade de ciclagem de todos os elementos presentes no efluente em ecossistemas naturais, sem a necessidade de fornecer energia ao processo para acelerar a degradação. Dentre os utilizados para tratamento de efluentes o de lagoas apresenta-se como alternativa para efluentes cloacais. Este sistema é constituído por um conjunto de estruturas aeróbicas e anaeróbicas que auxiliam na degradação da matéria orgânica presente no efluente. Quando comparada aos sistemas tradicionais apresentam um valor de implantação mais alto devido as dimensões da estrutura e os equipamentos para aeração. Diante da necessidade de diminuir os impactos ambientais, a universidade detentora da ETE abordada neste estudo foi uma das primeiras instituições de ensino superior do Brasil a instalar um sistema de lagoas.

O Ranking de Saneamento Básico divulgado pelo Instituto Trata Brasil (2015) leva em conta as 100 maiores cidades do Brasil, sendo que 6 delas estão no Rio Grande do Sul. Este estudo apresenta alguns índices do Estado, sendo 28,57% do efluente gerado é coletado e 15,51% passa por tratamento. Destas 6 cidades destaca-se Caxias do Sul, que dentro do ranking brasileiro está na posição 39º e no

estado é a primeira colocada. Caxias do Sul segundo IBGE (2010) tem uma população de 435.564 habitantes sendo que 96,3% vivem na área urbana do município e 3,7% vivem na área rural. A cidade conta com 10 estações de tratamento de esgoto (SAMAE, 2016). Segundo o Instituto Trata Brasil (2015) o serviço total de esgoto em Caxias do Sul apresenta um percentual de 88,1%, porém quando avalia-se o percentual de esgoto tratado por água consumida este indicador está em 27,47%.

Tendo em vista esses aspectos, o estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de uma estação de tratamento de efluentes de um Campus Universitário que utiliza o mecanismo de lagoas na cidade de Caxias do Sul.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo e pontos de coleta

A estação de tratamento de efluente avaliada neste estudo encontra-se no Município de Caxias do Sul, nas coordenadas geográficas: 29° 09' 44,26" S e 51° 08' 30,57" O, a uma altitude de 733 m, integrada a bacia hidrográfica do rio Caí. Esta bacia possui uma área de 4.945,70 km<sup>2</sup> sendo que as principais nascentes do rio que denomina esta bacia estão localizadas no município de São Francisco de Paula a uma altitude de 1000 m (SEMA, 2016). A estrutura aqui apresentada atende as demandas de uma cidade universitária com uma população sazonal de 19.550. Após o tratamento o efluente é lançado num arroio sem denominação próximo ao empreendimento.

A definição dos pontos foi objetivada a avaliação da eficiência do sistema de tratamento. As amostras são coletadas na entrada, na 4ª lagoa e a 50 m após o ponto de lançamento. Conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 - Área de estudo e locais de coleta. Ponto 1: Entrada do esgoto bruto. Ponto 2: Saída 4ª lagoa. Ponto 3: 50 m jusante

### 2.2. Caracterização da ETE

A estação de tratamento apresentada neste estudo é dividida em 4 lagoas. A primeira lagoa, denominada lagoa aerada tem uma área de 240 m<sup>2</sup>, profundidade de 3 m com um tempo de retenção hidráulica de 4 dias. A lagoa de sedimentação apresenta uma área de 144 m<sup>2</sup>, profundidade de 3 m e tempo de retenção hidráulica de 2 dias. A lagoa de maturação I tem uma área de 1170 m<sup>2</sup>,

profundidade de 1 m e tempo de retenção hidráulica de 10,6 dias. A lagoa de maturação II tem uma área de 1750 m<sup>2</sup> e profundidade de 1m e tempo de retenção hidráulica de 16,3 dias. O fluxograma operacional está representado pela Figura 2.

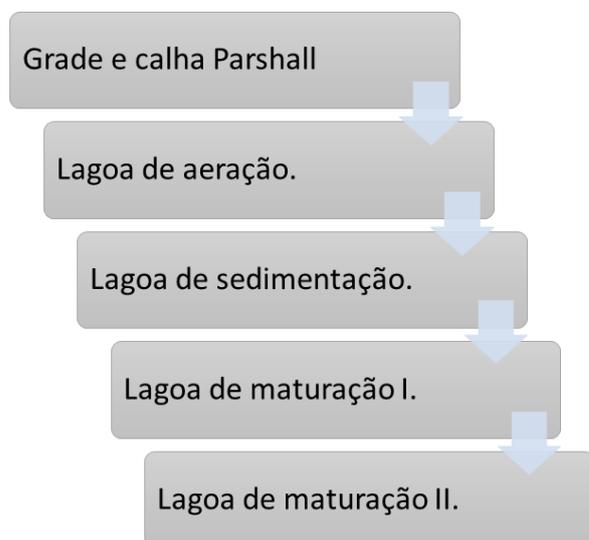


Figura 2 – Fluxograma operacional da ET

### 2.3. Análises físicas, químicas e biológicas

As amostras foram coletadas na superfície laminar do efluente, seguindo as orientações descritas pela NBR nº 9.898 (ABNT, 1987) e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011). Os frascos da coleta foram acondicionados em recipiente apropriado e mantido sob refrigeração a 4°C até ser iniciado os testes em laboratório. Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros analisados neste estudo, bem como a metodologia e limite de detecção.

Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos e biológicos utilizados na caracterização do efluente.

Parâmetro	Unidade	Metodologia	Limite de Detecção
Oxigênio Dissolvido	mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	Oxímetro- Insite IG Model 3100	-
Coliformes termotolerantes	NMP/ 100 mL	SMEWW-Método 9221-E	1,8
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	SMEWW-Método 5220-B	5
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	SMEWW-Método 5210-B	1
Nitrogênio total kjeldahl (NTK)	mg NH <sub>3</sub> -N.L <sup>-1</sup>	ABNT 10560:1998 – Método Nessler	0,20

pH	-	pHmetro DM - 2P	-
Condutividade	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Condutivímetro DM-3P	-
Fósforo Total	mg P.L <sup>-1</sup>	SMEWW-Método 4500-P- E	0,010
Clorofila- $\alpha$	mg.m <sup>-3</sup>	SMEWW-Método 10200H	0,05

## 2.4. Índice de Estado Trófico (IET)

IET é um índice comumente usado para determinação de eutrofização de reservatórios, no entanto, LAMPARELLI (2004) definiu um IET com aceitável precisão para avaliação da proliferação de macrófitas aquáticas em rios, levando em consideração uma relação entre a concentração de fósforo (nutriente limitante) e a de clorofila- $\alpha$ , o cálculo do IET neste estudo realizou-se de acordo com Equações 1, 2 e 3.

$$IET_{TP} = 10 \left[ 6 - \frac{0,42 - 0,36 \ln TP}{\ln 2} \right] - 20 \quad (1)$$

$$IET_{TP} = 10 \left[ 6 - \frac{0,42 - 0,36 \ln TP}{\ln 2} \right] - 20 \quad (2)$$

$$IET = \frac{IET_{TP} + IET_{CL}}{2} \quad (3)$$

Onde,  $IET_{TP}$  é o índice de fósforo total a ser calculado, TP é a quantidade de fósforo na amostra,  $IET_{CL}$  é o índice de clorofila- $\alpha$  a ser calculado, CL é a quantidade de clorofila na amostra e o IET é o índice de estado trófico.

## 2.5. Delineamento experimental e análise estatística

Para avaliação da eficiência da ETE, foi conduzido um monitoramento mensal ao longo de três anos em três pontos pré-definidos. O experimento seguiu delineamento completamente casualizado, em esquema bifatorial, sendo o primeiro fator “Tempo” (coletas mensais realizadas em triplicata ao longo de três anos de estudo em todos os três pontos de coleta - verão; outono; inverno; primavera dos anos de 2013, 2014 e 2015, totalizando 36 coletas em cada ponto de estudo), o segundo fator foi “Ponto de coleta” (P1 - Entrada de esgoto na estação; P2- Saída da 4ª lagoa; P3 - Saída do efluente).

A normalidade dos dados foi testada através do teste de Shapiro-Wilk, a homocedasticidade pelo teste de Hartley, e a independência dos resíduos por análise gráfica. Atendidos os pressupostos de normalidade, foi aplicada Análise de Variância (ANOVA) através de teste F ( $p < 0,05$ ). Em caso de

significância estatística, os dados foram avaliados por análise de regressão com ajuste ao modelo polinomial (Equação 4). Todos os dados foram tratados com significância de 5%.

$$y = ax^2 + bx + c \quad (4)$$

onde “y” é a variável resposta, “c” é o intercepto, “a” e “b” são as constantes lineares e quadráticas do modelo respectivamente e “x” é a variável tempo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros utilizados para o monitoramento estão apresentados nas figuras 3 e 4 e o quadro 2 apresenta o resumo estatístico da análise de regressão.

Quadro 2- Resumo estatístico da análise de regressão.

	GL	F	P
Condutividade	20	25,50	<0,01
pH	24	14,38	<0,01
OD	18	6,26	< 0,01
TSI	24	8,05	< 0,01
NTK	27	24,05	< 0,01
Namoniacal	23	3,77	0,02
Coliformes	18	16,14	< 0,01
DBO	18	154,58	< 0,01
DQO	27	5,11	< 0,01

GL= Grau de liberdade.

Através do quadro 2 os nove parâmetros podem ser validados pelas equações apresentadas nas Figura 3 e Figura 4, pois os parâmetros apresentam significância estatística ( $p < 0,05$ )

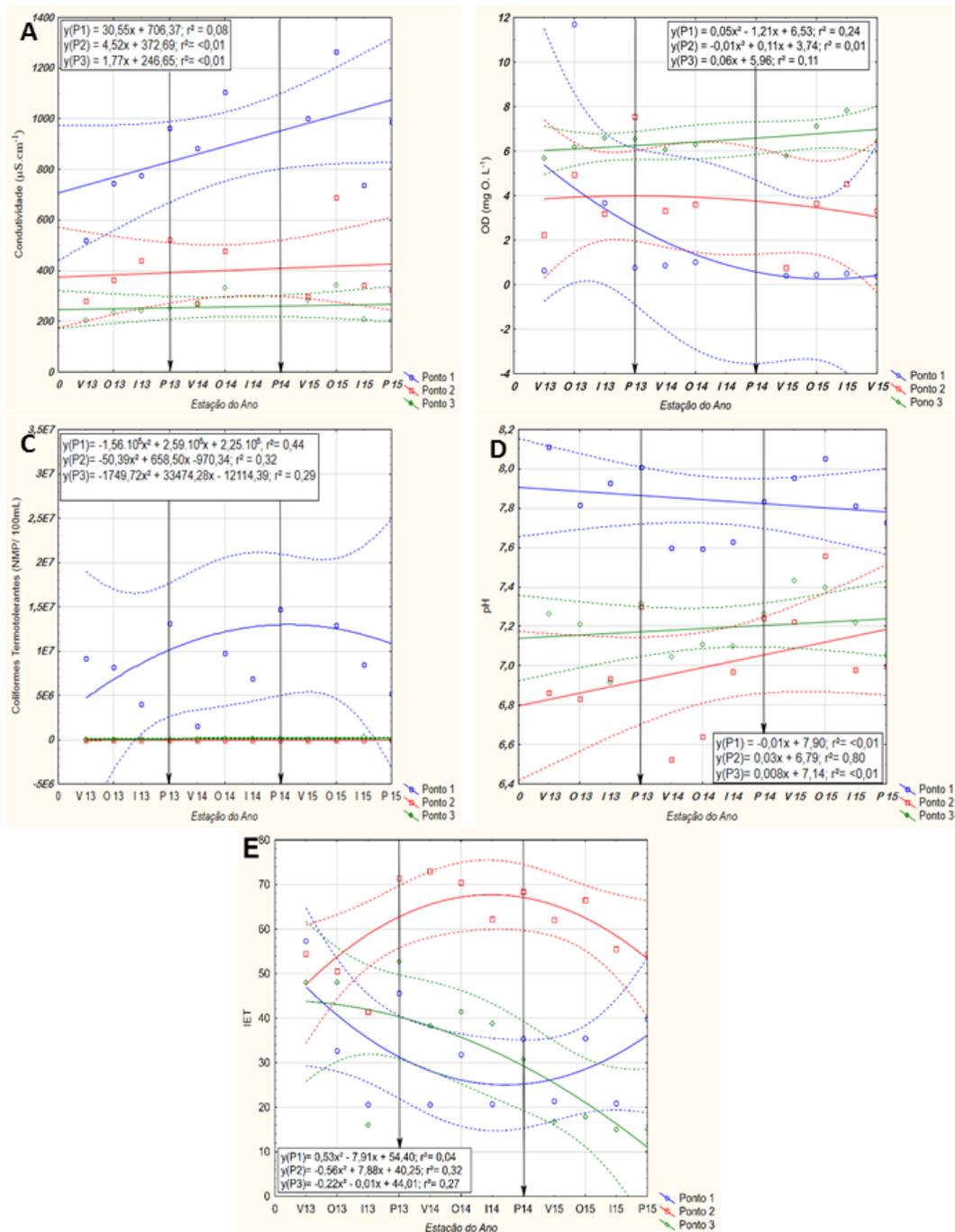


Figura 3- Variação dos parâmetros físico-químicos (Condutividade – A; Oxigênio Dissolvido – B; Coliformes termotolerantes – C; pH – D; Índice de Estado Trófico – E) dos três pontos de análise ao longo dos três anos de estudo em função das quatro estações do ano (V: Verão; O: Outono; I: Inverno; P: Primavera; seguido dos respectivos anos) e respectivos intervalos de confiança ( $\alpha = 0,05$ ; linhas pontilhadas).

Analisando-se a Figura 3-A, houve um período de 147 dias a partir do verão de 2013 para a média da condutividade do efluente na saída da quarta lagoa ser significativamente ( $p < 0,05$ ) mais

baixa do que a média do efluente na entrada da estação. A partir deste período o tratamento do efluente da estação passou a ser significativamente eficiente, pois causou a queda da concentração de substâncias na forma iônica expressa pelo parâmetro condutividade elétrica. Esta tendência de comportamento se manteve até o final do estudo. A maioria dos pontos amostrais ao longo do período do monitoramento se mantiveram dentro dos limites estimados do intervalo de confiança para o esgoto de entrada, sugerindo que mesmo em períodos de férias não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre períodos de alto fluxo de pessoas nas dependências na universidade. Ao longo de toda análise, a condutividade no Ponto 2 se manteve significativamente igual ( $p > 0,05$ ) a condutividade no Ponto 3. A média de remoção de substâncias na forma iônica durante o tratamento é de 53,98% no verão, 55,06% no outono, 56,06% no inverno e 56,99% na primavera.

Pode-se justificar a significância entre os intervalos de confiança nos primeiros 147 dias no Ponto 1 e Ponto 2 devido à grande variação do intervalo do Ponto 1 quando comparado aos demais pontos estudados. Observou-se o crescimento linear da curva que modela o Ponto 1, justificando um aumento do despejo de compostos iônicos no efluente. Estes compostos podem ter origem orgânica e inorgânica. Sendo que na forma orgânica o composto iônico relevante é o nitrogênio amoniacal. No meio aquático o nitrogênio pode se apresentar ionizado e quantidade de amônia podem aumentar devido ao resultado do processo de amonificação, que nada mais é a conservação por meio dos processos de bactérias heterotróficas da matéria nitrogenada orgânica que se encontra na forma solúvel de amônia (MASCARENHAS et. al., 2004.)

Na Figura 3-B apresenta-se o comportamento do oxigênio dissolvido. É possível observar um intervalo de confiança relativamente maior que os demais para o Ponto 1. Pode-se avaliar que os valores médios do ponto 1 e ponto 2 são significativamente iguais ( $p > 0,05$ ) durante todo o período de análise, e as curvas se interceptam num intervalo de 216 dias. No intervalo de até 270 dias o ponto 3 manteve-se significativamente igual ( $p > 0,05$ ) ao Ponto 1. Para o verão dos 3 anos analisados obteve-se um acréscimo de OD de 42,49%, para o outono o aumento da concentração no mesmo período foi de 59,28%, inverno o OD chegou a 73,40% e primavera o percentual de OD foi 85,01%.

No Ponto 2 há a ocorrência das algas que “produzem” oxigênio. No inverno, a temperatura mais baixa proporciona maior retenção de oxigênio desta forma temperaturas baixas aumentam a concentração de OD no efluente, já na primavera é devido a floração das algas. Podemos concluir que o Ponto 3 apresentou melhores resultados devido a aeração do rio. A igualdade significativa do Ponto 1 e Ponto 3 pode ser atribuída ao grande intervalo de confiança do Ponto 1. Como já comentado anteriormente o esgoto ao chegar na estação de tratamento apresentando características distintas, fazendo assim que diversos parâmetros analisados demonstrem uma variação maior quando comparado aos demais Pontos. FIDEN (2001) cita que nas lagoas de maturação tendem a apresentar maiores valores de OD, já que são rasas e assim a radiação solar penetra em quase toda massa de água.

Analisando-se a Figura 3-C que apresenta o coliformes termotolerantes, é possível notar um intervalo de confiança alto para o Ponto 1 quando comparado ao dos Pontos 2 e 3. Observa-se a tendência do ponto 1, no intervalo de confiança significativamente igual ( $p > 0,05$ ) aos intervalos de confiança dos pontos 2 e 3 antes no inverno de 2013 aproximadamente os primeiros 246 dias e depois do inverno de 2015 aproximadamente em 1023 dias, demonstrando insignificância estatística ( $p < 0,05$ ) nos períodos compreendidos fora desse intervalo. A média de remoção de coliformes termotolerantes para todas as 4 estações do ano nos três anos de análise é de 99,99%.

Estas significâncias dos intervalos de confiança podem ser justificadas pela grande variabilidade do intervalo do Ponto 1. A demonstração de significância do Ponto 1 com os Pontos 2 e 3 pode estar ligado aos períodos de recessão (janeiro e julho), já que é esperado que a quantidade de efluente diminua, já que o fluxo de pessoas nas dependências da universidade são significativamente menores. Segundo Von Sperling (1995) em sistemas que utilizam lagoas facultativas é esperado uma remoção de coliformes termotolerantes variando de 60 até 99%.

Observa-se na figura 3-D, relativo ao pH que o Ponto 2 demonstra um intervalo de confiança significativamente igual ( $p > 0,05$ ) ao do Ponto 3 em todo o período de estudo. Analisa-se que os intervalos da Ponto 1 não intercepta nenhum dos pontos posterior analisado. Verifica-se queda de 11,59% do índice de pH para a média do verão ao longo do estudo, 11,09% para o outono, 10,60%

para o inverno e 10,10% para a primavera. A significância igual dos Pontos 2 e 3 mostram que o pH na saída da ETE é significativamente semelhante ao que o rio apresenta em seu leito. E a queda do pH durante o tratamento do efluente está ligado ao uso de saponificantes nas atividades e banheiros da universidade.

Observa-se na Figura 3-E a apresentação do IET, onde todos os Pontos apresentam intervalos de confiança iguais significativamente ( $p > 0,05$ ) durante os primeiros meses de estudo. Entre os intervalos do Ponto 2 e Ponto 3 mantiveram-se significativamente iguais ( $p > 0,05$ ) por 270 dias. O Ponto 1 e Ponto 2 apresentam intervalos de confiança significativamente iguais ( $p > 0,05$ ) durante 225 dias. Observa-se a média dos três anos de estudo em cada estação do ano um aumento do índice do estado trófico quando comparado o efluente na chegada e na saída da ETE em 43,43% para o verão, 48,41% para o outono, 50,55% para o inverno e 50,07% para a primavera.

O intervalo de confiança significativamente igual para os três Pontos mostra que o estado trófico do efluente manteve-se semelhante durante certo período, assim não apresentando eficiência na redução do IET. A semelhança significativa do Ponto 1 e Ponto 3 demonstram que o efluente de entrada na estação apresenta valores e IET semelhantes aos do rio, concluindo que o corpo hídrico apresenta eutrofização semelhante ao do efluente não tratado.

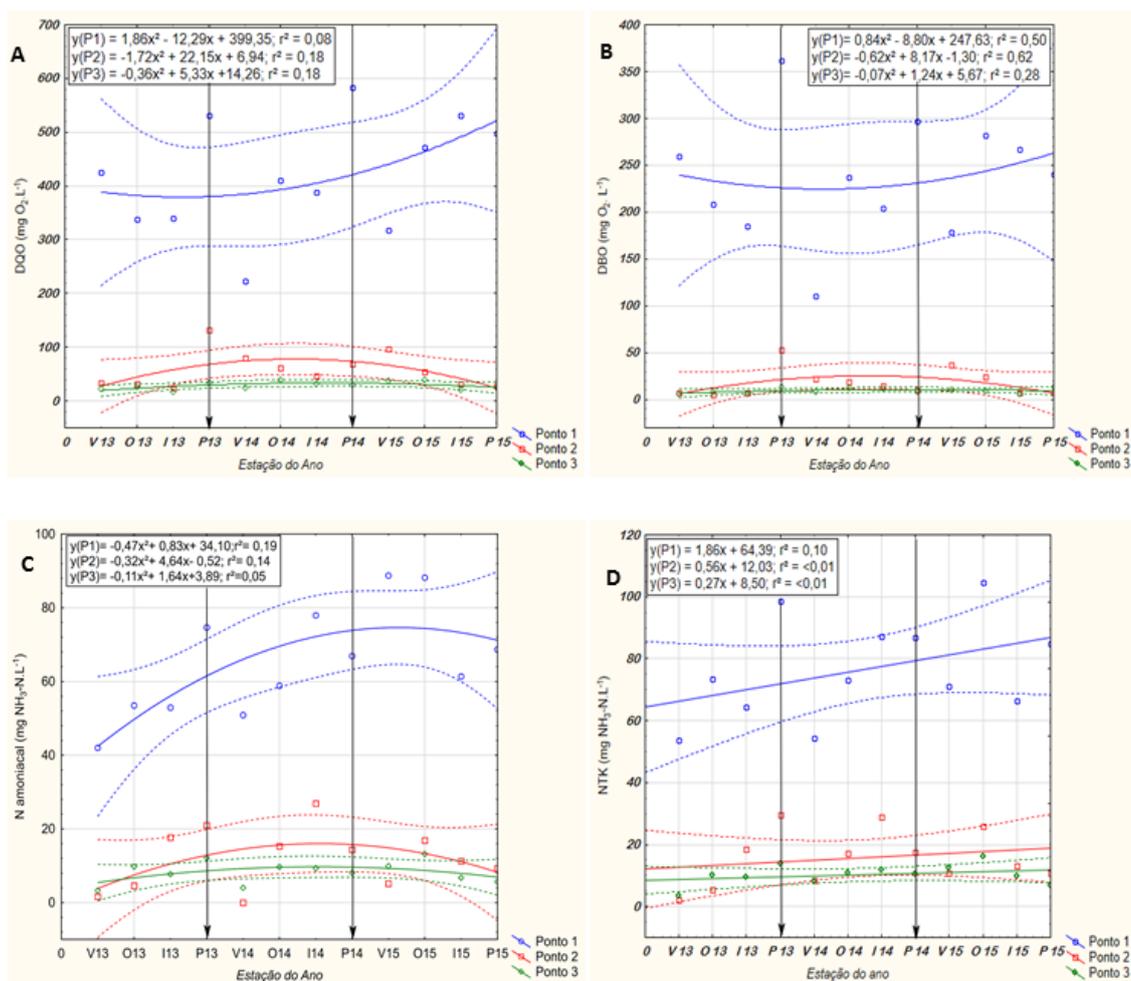


Figura 4- Variação dos parâmetros físico-químicos (DQO – A; DBO – B;  $N_{\text{amoniaco}}$  – C; NTK – D) dos três pontos de análise ao longo dos três anos de estudo em função das quatro estações do ano (V: Verão; O: Outono; I: Inverno; P: Primavera; seguido dos respectivos anos) e respectivos intervalos de confiança ( $\alpha = 0,05$ ; linhas pontilhadas).

Observa-se na Figura 4-A que apresenta a DQO, o intervalo de confiança deste parâmetro para o Ponto 1 é elevado quando comparado aos demais pontos analisados. Verifica-se que o intervalo de confiança dos Ponto 2 e Ponto 3 são significativamente iguais ( $p > 0,05$ ) em todo o período do experimento. Ao modelar a eficiência observa-se uma queda da DQO em 86,06% para a média dos verões de todo o período analisado, no outono 85,55%, para o inverno 86% e primavera 87,33%.

O grande intervalo de confiança do Ponto 1 pode ser justificado pela grande variabilidade do efluente, já que a universidade dispõe de vários setores e cada um produz efluente com características distintas dependentes de suas operações. O intervalo de confiança semelhante durante um período entre os Ponto 2 e Ponto 3 mostra que o efluente lançado e o corpo hídrico tem a mesma DQO. A eficiência de remoção da carga orgânica bruta total do sistema de tratamento convencional situa-se na média de 70 %, enquanto a eficiência do sistema simplificado pode chegar a marca de 95% (PARIZZOTO, 2002). Valores estes encontrados neste estudo.

Analisa-se na Figura 4-B que apresenta a DBO, verifica-se um intervalo de confiança alto para o Ponto 1 quando comparado aos demais pontos analisados. Observa-se que o intervalo de confiança entre o Ponto 2 e Ponto 3 apresentou ser significativamente iguais ( $p > 0,05$ ) em todo o período. O percentual de queda de DBO para o verão foi de 95,53%, outono 91,97%, inverno 92% e 92,59% para a primavera.

A grande variação do intervalo de confiança para o Ponto 1 está ligado a variabilidade das características do efluente que chega na estação para tratamento, já que a universidade dispõe de diversos setores. A significância apresentada no Ponto 2 e Ponto 3 demonstra que a estação não está lançando no córrego valores de DBO superiores ao que ele já recebe a montante do ponto de desejo. Campos et. al. em seu estudo consegue uma redução de DBO de aproximadamente 96,4%

Analisa-se a Figura 4-C, representação do  $N_{\text{amoniaco}}$ , verifica-se que o intervalo de confiança do Ponto 2 e do Ponto 3 apresentam ser significativamente iguais ( $p > 0,05$ ) durante todo o período de análise. Ao derivarmos as equações que modelam o Ponto 1 e Ponto 2 vemos que taxa de variação tem comportamento distinto. A média de remoção de Nitrogênio amoniacal para o verão no período de estudo ficou em 81,53%, para o outono 80,81%, inverno 82,44% e primavera 81,55%.

A significância apresentada no Ponto 2 e Ponto 3 mostra que a quantidade de  $N_{\text{amoniaco}}$  lançado no córrego é significativamente igual ao presente no corpo hídrico. O diferente comportamento das taxas de variação do Ponto 1 e Ponto 2 demonstra que o sistema está sendo eficiente na remoção de nitrogênio amoniacal no efluente. Segundo Tundisi e Matsumura Tundisi (2008), as plantas aquáticas utilizam-se de nitrogênio principalmente na síntese de proteínas e aminoácidos. Desta forma podemos justificar a remoção do nitrogênio amoniacal pelas algas que se utilizam deste composto para suas atividades sintetizantes.

Analisa-se na Figura 4-D que representa o NTK, o intervalo de confiança dos Ponto 2 e Ponto 3 são significativamente iguais ( $p > 0,05$ ) durante todo o experimento. Verifica-se que a curva do Ponto 1 está crescendo de forma linear em função do tempo. A média da eficiência para remoção de Nitrogênio Total Kjeldhal para os verões é de 79,87%, para o outono do mesmo período de análise 79,62%, para o inverno 79,39% e primavera 79,17%.

A significância dos intervalos de confiança para o Ponto 2 e Ponto 3 mostra que a quantidade de NTK na saída da 4ª lagoa está semelhante as concentrações presentes no corpo hídrico durante todo o período de estudo.



#### 4. CONCLUSÃO

Pode-se observar que durante grande parte do tempo do monitoramento a estação se mostrou eficiente. Apenas durante os 147 dias iniciais não houve remoção significativa estatisticamente ( $p > 0,05$ ) de substâncias na forma iônica e nos coliformes termotolerantes os primeiros 246 dias iniciais não houve significância estatística ( $p > 0,05$ ). Observa-se que o efluente coletado no Ponto 2 apresenta IET com características variando de mesotrófico (Verão) e eutrófico (outono, inverno e primavera). Nos demais parâmetros avaliados os percentuais apresentaram valores satisfatórios durante todo o tempo do estudo.

#### REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR nº 9.898. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 1987.
- Agência Nacional de águas. ANA: **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 326 p, 2011.
- BRUNDTLAND, G. H. **Nosso Futuro Comum**. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/temas-em-discussao-na-rio20/ecodesenvolvimento-conceito-desenvolvimento-sustentavel-relatorio-brundtland-onu-crescimento-economico-pobreza-consumo-energia-recursos-ambientais-poluicao.aspx>>. Acesso em: 18 jul. 2016.
- CAMPOS, A. T. et. al. Tratamento de águas residuais de fecularia por meio de lagoas de estabilização. **Revista Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 235-242, jan/abril 2006.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.
- FEIDEN, A. **Avaliação da eficiência de lagoas de tratamento de resíduos líquidos**. In: CEREDA, M.P. (Coord.) Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v.4, cap.13, p.186-201.
- Instituto Trata Brasil. **Ranking do Saneamento**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-4>>. Acesso em: 10 fev. 2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Populacional 2010**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430510&search=rio-grande-do-sul|caxias-do-sul>>. Acesso em: 13 mar. 2016.
- LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/pt-br.php>>. Acesso 14 mai. 2016.
- MASCARENHAS, L.C.A; SPERLING, M. Von; CHERNICHARO, C.AL. **Avaliação do desempenho de lagoas de polimento rasas, em série, para o pós-tratamento de efluentes de reator UASB**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.9, n.1, p.45-54, 2004.
- PARIZOTTO, A.A. **Minimização de custos econômicos e ambientais pelo uso de lagoas de sedimentação no tratamento de despejos de fecularias**. Informe Gepec, Toledo, v.6, n.2, p.7-16, 2002.



PEREIRA, H. S. **Estudo da Caracterização do Efluente do Campus Universitário Capão do Leão e Possibilidade de Reuso.** Disponível em: < <http://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2014/10/TCC-HERON-PEREIRA.pdf>>. Acesso em 28 de jul. 2016.

Sistema Nacional de informações sobre saneamento (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2013.** Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2013>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAÉ). **Histórico Municipal.** Disponível em:< <http://www.samaecaxias.com.br/Pagina/Index/6>>. Acesso em: 20. abr. 2016.

Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Bacia hidrográfica do rio Caí.** Disponível em: < <http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

SEZERINO, P. H. **POTENCIALIDADE DOS FILTROS PLANTADOS COM MACRÓFITAS (CONSTRUCTED WETLANDS) NO PÓS-TRATAMENTO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO SOB CONDIÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL.** Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/103142/225786.pdf?sequence=1>>. Acesso em 15 mar. 2016.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 2007. 29 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 288p.