

Avaliação da eficiência de uma estação de tratamento de efluentes instalada em uma universidade federal: questão de gestão ambiental

Marcelo Guerreiro Crizel^{1*}, Ana Claudia Lara¹

¹Mestre em Química, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC- Brasil. (*Autor correspondente: marcelogc85@gmail.com)

¹Mestra em Administração, Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, SC- Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 20/01/2020 – Revisado em: 13/03/2020 – Aceito em: 05/06/2020

RESUMO

O impacto do lançamento de efluentes de estações de tratamento de esgotos (ETE) em corpos d'água é motivo de grande preocupação para a maioria das organizações. Uma série de legislações ambientais, critérios e políticas procuram influir no nível de tratamento exigido para garantir que os impactos ambientais provocados pela disposição de efluentes tratados sejam aceitáveis. Nessa perspectiva, o objetivo deste estudo é avaliar a eficiência da Estação de Tratamento de Efluentes de uma Universidade Federal localizada no estado de Santa Catarina. Considerando o objetivo proposto, a presente pesquisa, quanto à abordagem, caracteriza-se como qualitativa e quantitativa, predominantemente, de caráter descritivo e aplicado através de um estudo de caso. Os resultados evidenciam que a ETE possui conformidade em grande parte dos parâmetros de lançamento, contudo, apresenta desconformidade para as concentrações no lançamento de Fósforo e Nitrogênio, tornando-a parcialmente eficiente. Cabe ressaltar que a estação opera sem licença ambiental definitiva, o que expõe a vulnerabilidade dessa instituição perante órgãos fiscalizadores, embasados na Lei n. 9.605/1998, que trata da poluição e outros crimes ambientais. A diversidade do efluente contribui para sobrecarga do processo na ETE, a qual provém majoritariamente do restaurante universitário (RU). Como contribuição são apresentadas alternativas a serem desenvolvidas na universidade, buscando a conscientização da comunidade local e a melhoria na qualidade do efluente descartado que apresenta potencial para reuso em sistemas de irrigação e lavagem de frotas. Dessa forma, obtendo resultados com o menor impacto ambiental, ressalta-se o compromisso e dever da Universidade quanto à organização em contribuir para desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: Gestão ambiental, esgotamento sanitário, tratamento de efluentes.

Evaluation of the efficiency of an effluent treatment station installed in a federal university: environmental management question

ABSTRACT

The impact of effluent discharges from sewage treatment plants (ETEs) on water bodies is a matter of great concern to most organizations. A number of environmental legislations, criteria and policies seek to influence the level of treatment required to ensure that the environmental impacts of disposing of treated effluents are acceptable. In this perspective the objective of this study is to evaluate the efficiency of the Wastewater Treatment Station of a Federal University located in the State of Santa Catarina. Considering the proposed objective, the present research regarding the approach, is characterized as qualitative and quantitative, predominantly of a descriptive character and applied through a case study. The results show that the ETE has compliance in large part with the launch parameters, however, it presents a nonconformity to the concentrations in the release of Phosphorus and Nitrogen, making it partially efficient. It should be noted that the station operates without a definitive environmental license, which exposes the vulnerability of this institution to regulatory agencies, based on LEI 9605/98, which deals with pollution and other environmental crimes. The diversity of the effluent contributes to the overload of the process in the ETE, which comes mainly from the university restaurant (RU). As a contribution, alternatives are presented to be developed at the university, aiming to raise awareness of the local community and improve the quality of the discarded effluent that presents potential for reuse in irrigation and fleet washing systems. In this way obtaining results with the lowest environmental impact, highlighting the commitment and duty of the University as an organization to contribute to sustainable development.

Keywords: Environmental management. sanitary sewage. effluent treatment.

1. Introdução

Devido à enorme capacidade de aplicação da água, tanto no uso direto quanto no indireto, os cuidados com a sua cadeia de consumo e descarte dos resíduos provenientes do seu uso são um desafio grandioso, pois a disponibilidade dos recursos hídricos é um tema que vem sendo discutido nas últimas décadas, entretanto, muitos países têm avançado pouco em termos de efetividade na preservação deste recurso natural. Em países como o Brasil, onde está localizada a maior reserva hídrica do planeta, muitos rios deixaram de existir ou foram transformados em canais naturais de escoamento de esgoto. A poluição dos corpos hídricos é um problema mundial e o controle ou redução é um dos grandes desafios da gestão, em nível global (Von Sperling, 2005).

Os inúmeros danos ambientais resultantes das práticas inadequadas das disposições dos resíduos têm influenciado a busca de conhecimento e a atenção mundial sobre esta questão. Nos últimos anos, esta preocupação tem sido manifestada e concretizada, através da promulgação de uma série de legislações federais, estaduais e municipais (Mazzer & Cavalcanti, 2004). Neste sentido, a avaliação de elementos que contribuem para a contaminação e degradação do meio ambiente em geral, através de lançamentos descontrolados de cargas poluidoras em concentrações acima dos limites preestabelecidos como aceitáveis por órgãos e resoluções, e que possam causar implicações ecológicas e também a saúde humana se torna de suma importância (Mazzer & Cavalcanti, 2004).

Em seu estudo, Barros (2002) enfatiza que existe a necessidade de um controle de todas estas peculiaridades, adotando parâmetros de qualidade. Dessa forma, a legislação ambiental é um forte instrumento à disposição da sociedade, buscando que se faça valer o direito constitucionalmente assegurado a todo o cidadão, num ambiente saudável e ecologicamente equilibrado.

Atualmente, a procura por processos de tratamento de efluentes eficientes e de baixo custo tem sido o objetivo de diversas pesquisas, contudo, é importante salientar que, além de novas tecnologias, é necessário buscar ajustar as características técnicas e rotinas operacionais, visando uma melhor eficiência para adequar sistemas de tratamento já existentes. A estação de tratamento de efluentes onde foi realizado o estudo é composta por tanques de lodo ativado, abastecidos a partir do tratamento primário por bombas de recalque, um sistema com tecnologia simples atual, onde a remoção de matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos ocorrem através da interação, no meio aquático, de processos físicos e bioquímicos naturais, a partir do fornecimento de O₂ forçado por aeradores elétricos e desinfecção proporcionada pelo emprego de lâmpadas ultravioleta (UV).

A radiação UV atua como um processo físico de desinfecção em que a inativação microbiana ocorre quando a radiação emitida por lâmpadas especiais, de vapor de mercúrio (baixa ou média pressão), no comprimento de onda de aproximadamente 254 nm, atinge o material genético (DNA e RNA) dos organismos-alvo e as reações fotoquímicas incapacitam a reprodução celular, a partir de alterações das funções enzimáticas dos microrganismos (Hallmich & Gehr, 2010; Jungfer, Schwartz & Obst, 2007; Rodriguez et al., 2014).

A implantação de uma ETE em uma organização para o tratamento de seus efluentes é extremamente importante e requer o conhecimento de todo o sistema de tratamento de efluentes e o que integra uma rede de lançamentos de resíduos, a fim de proporcionar uma gestão eficaz e eficiente.

Segundo Tucci (2013), são duas as principais motivações para o tratamento de efluentes, são elas: a preservação do meio ambiente e a proteção à saúde pública. Os efluentes industriais e os esgotos domésticos são os principais responsáveis pela redução do oxigênio em corpos hídricos, aporte na contribuição de sólidos, nutrientes e micro-organismos patogênicos. O lançamento de altas cargas orgânicas gera uma demanda de oxigênio com a finalidade de satisfazer as necessidades dos microrganismos responsáveis pela degradação desses compostos químicos orgânicos, que eles mesmos utilizam para como fonte energética.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar a eficiência da estação de tratamento de efluentes da Universidade Federal da Fronteira Sul localizada na região oeste do estado de Santa Catarina. Para isto, foram estipulados os seguintes objetivos específicos: caracterizar a cadeia geradora de resíduos ao longo do espaço territorial desta Instituição; apresentar a situação da ETE local através de um diagnóstico atual e identificar os pontos críticos

deste sistema; monitorar as análises do esgoto bruto afluente e do efluente tratado; e, por fim, propor melhorias relacionadas à operação e gerenciamento da ETE, e dos sistemas geradores de efluente ao longo da rede coletora.

O presente trabalho está estruturado em 5 seções. A primeira seção é composta pela introdução, incluindo a contextualização e os objetivos da pesquisa. Na seção 2 é apresentado o referencial teórico sobre gestão ambiental nas organizações, saneamento ambiental e esgotamento sanitário, estação de tratamento de efluentes. Na seção 3 é exposta a metodologia de pesquisa. Na seção 4 são apresentados os resultados e discussão. Por fim, na seção 5 são apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros, assim como as referências utilizadas para a fundamentação, realização e discussão do trabalho, respectivamente.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Gestão ambiental nas organizações

Nos últimos anos, observa-se em âmbito mundial uma crescente conscientização por parte das indústrias, das instituições acadêmicas e dos órgãos governamentais acerca da necessidade de um tratamento eficaz ou de uma adequada disposição final de qualquer tipo de resíduo Amaral et al. (2001) afirmam que as universidades, como instituições responsáveis pela formação de seus estudantes e, conseqüentemente, pelo seu comportamento como cidadãos, devem também estar conscientes e preocupadas com este problema.

Segundo Aquino e Gutierrez (2012), o conceito de Gestão Ambiental surgiu através da premissa do desenvolvimento sustentável, sendo uma forma de gerenciar os recursos naturais e operações de processamento de bens e serviços. Dessa forma, as políticas de gestão ambiental surgiram necessidade de elaboração de metas e objetivos em busca da sustentabilidade, criando o compromisso estatal e empresarial (Aquino & Gutierrez, 2012).

Barbieri (2011) caracterizou a gestão ambiental pública como a ação do poder público de acordo com a política ambiental pública, a qual dispõe as diretrizes e instrumentos de ação que visam alcançar a melhoria do ambiente (Barbieri, 2011).

Na década de 1980, os grupos ecologistas passaram a assumir uma postura mais ativa diante da sociedade no que dizia respeito às estratégias ambientais adotadas pelas organizações, iniciando as preocupações ambientais e as práticas de estratégias chamadas de “adaptação resistente” (Souza, 2002). Na década de 1990, conforme Layrargues (2000), surgiu o ambientalismo empresarial, que teve como seu propulsor o desenvolvimento sustentável. Pimenta (2008) afirma que a inclusão de tal conceito foi o que trouxe balanceamento entre os fatores econômicos, ambientais e sociais, que equilibraram a sustentabilidade organizacional, e a partir disto foi influenciando diversas organizações, como uma cadeia em série.

A preocupação ambiental com o esgotamento dos recursos naturais surgiu através da percepção de que a capacidade do ser humano de alterar o meio ambiente aumentou consideravelmente, levando a consequências negativas (Seiffert, 2007). No decorrer do século XX, a população mundial dobrou de tamanho, porém, a quantidade de lixo produzida no mesmo período aumentou numa proporção muito maior, sendo que se pode considerar por lixo todo e qualquer resíduo sólido proveniente da atividade humana, considerado pelos geradores como algo inútil, indesejável ou descartável (Rodrigues & Cavinatto, 1997). De acordo com Valle (2004), até recentemente, a poluição ambiental era estudada apenas por seus efeitos locais e as soluções encontradas eram sempre aplicadas de forma também localizada. O tratamento dos esgotos sanitários e a coleta de lixo urbano para disposição em aterros são dois exemplos clássicos de soluções locais. Agia-se localmente, sem a percepção de que essas ações afetavam globalmente o meio ambiente.

Nessa perspectiva, os impactos ambientais estão sendo cada vez mais evidenciados na atualidade. Na medida em que o processo de exploração e apropriação da natureza está se dando de maneira desordenada,

sem nenhum controle e com total desrespeito com um bem tão precioso: o meio ambiente. A preocupação está voltada para a acumulação e o crescimento econômico sem levar em consideração o modo que este está sendo feito. Um exemplo é o aumento da geração de resíduos sólidos típico do mundo atual e do processo capitalista no qual estamos inseridos. Neste processo capitalista, o consumo é incentivado como forma de fomentar o desenvolvimento econômico (Pereira & Curi, 2012).

Diante do exposto, é necessário que exista uma mudança paradigmática no que concerne ao comportamento do ser humano diante da problemática ambiental instaurada, como destaca Sorrentino (2002, p. 19), ao afirmar que “é preciso despertar em cada indivíduo o sentimento de ‘pertencimento’, participação e responsabilidade na busca de respostas locais e globais que a temática do desenvolvimento sustentável nos propõe”. Dessa forma, seria possível fazer com que cada ser humano soubesse da responsabilidade que tem pelo meio em que vive, passando de agente passivo, que só observa o que acontece ao seu redor, para agente ativo, contribuindo para a preservação do meio ambiente (Pereira & Curi, 2012).

De acordo com Silva (2010), as instituições educacionais devem considerar a responsabilidade ambiental como plataforma na perspectiva de se construir um novo pensamento, em que a natureza seja descortinada cientificamente, para protegê-la e onde a gestão ambiental seja instrumento mediador de uma relação profícua entre escola e meio ambiente. As instituições de ensino representam um espaço propício para a discussão das questões ambientais devido a sua natureza prospectiva, com efeito, a proteção e o convívio com o meio ambiente não passarão de retórica, enquanto não as envolver como atividade curricular, mas também conceber modelos de gestão ambiental (Barroso & Costa, 2005).

Segundo Hjort e colaboradores (2016), a gestão ambiental pública e privada possui diferenças em aplicações e conceitos, no entanto, ambas esbarram na necessidade de mudanças nas atitudes, padrões de comportamento e valores dos cidadãos. Para que ocorra uma evolução cultural e quebra de paradigmas, que reflitam no âmbito institucional, todos precisam estar envolvidos. Nesse sentido, é necessário que ações voltadas para a Educação Ambiental, através de campanhas educativas que envolvam a participação ativa dos envolvidos, possa fazer com que a adoção de padrões ambientais corretos e de práticas sustentáveis se torne parte do dia a dia de cada pessoa.

Esses modelos devem ser implementados para o descarte de resíduos das próprias estruturas institucionais. Para o controle da prática de gestão ambiental nas organizações, entre as tecnologias disponíveis, normas e regulamentos para sistemas de gestão ambiental são um esforço no sentido de as organizações assumirem suas responsabilidades frente ao futuro do planeta. A compreensão do processo de gestão ambiental faz a grande diferença quando da constatação dos resultados empresariais, dessa forma as empresas estão sob uma crescente pressão para mudar (Kinlaw, 1997).

2.2 Saneamento ambiental e esgotamento sanitário

Saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar a salubridade ambiental, ou seja, um ambiente capaz de prevenir a ocorrência de doenças veiculadas pelo meio ambiente e de promover condições favoráveis à saúde da população urbana e rural, sendo que tem uma aplicação ampla, incluem as questões ambientais e de preservação ambiental, tais como: qualidade do ar, qualidade da água, qualidade do solo, destinação dos resíduos sólidos, impactos ambientais e educação ambiental (Brasil, 2006).

O saneamento envolve vasto campo de atuação, em que o tratamento de esgotos é de suma importância para a melhoria da qualidade ambiental. O termo esgotamento sanitário pode ser usado para definir sistemas de tubulações que conduzem os despejos individuais ou coletivos, individuais para sistemas domiciliares e coletivos para lugares com elevada densidade populacional e conduzem os despejos para estação de tratamento,

sendo que os coletivos são divididos em duas categorias: sistema coletivo combinado e sistema coletivo separador. Nos sistemas combinados existem os inconvenientes de que em momentos de grande pluviosidade, no caso de condução para uma ETE, há um extravasamento do sistema, que não são dimensionados para tratar a vazão excessiva (Von Sperling, 2005).

Segundo Scottá (2015), no Brasil, a legislação ambiental estabelece normas e padrões para o lançamento de efluentes em corpos hídricos, empregando resoluções, leis e decretos de âmbito nacional, estadual ou municipal. Os principais textos referentes ao assunto, segundo este autor são:

- a) Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências;
- b) Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n. 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências;
- c) Resolução Conama n. 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução 357/2005;
- d) Lei n. 6.503 de 22 de dezembro de 1972. Dispõe sobre a promoção, proteção e recuperação da Saúde Pública;
- e) Lei n. 14.675, de 13 de dezembro de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina, estabelece e dá outras providências;
- f) Lei n. 5.326, de 7 de setembro de 2007. Dispõe sobre a política municipal de saneamento básico, cria o Conselho Municipal de Saneamento e o Fundo Municipal de Água e Esgoto;
- g) Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente e dá outras providências;
- h) Resolução Conama n. 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

2.3 Estação de tratamento de efluentes

De acordo com Von Sperling (2005), os estudos sobre tratamento de efluentes sanitários existentes enfatizam a construção de estações de tratamento de esgoto (ETE) que recolhem todo efluente, enviando-o a um determinado local para realização do tratamento. Um dos grandes avanços implantados nas ETE foi a adoção no processo biológico aerado dos sistemas de aeração por ar difuso, usualmente com os difusores de bolha fina. Essa tecnologia é altamente empregada e recomendada para as ETE compactas devido a sua elevada eficiência de tratamento e seu baixo custo de operação, e especialmente pelo menor consumo de energia elétrica (Farrugia, 2013).

Independentemente de tratar esgotos domésticos ou indústrias, podemos definir uma ETE como: uma unidade ou estrutura projetada com o objetivo de tratar esgotos, no qual o homem, através dos processos, simula ou intensifica as condições de autodepuração que ocorrem na natureza, mas dentro de uma área delimitada, onde supervisiona e exerce algum controle sobre os processos de depuração, antes de devolver o efluente tratado ao meio ambiente (Davignon et al., 2002).

Alguns aspectos ambientais são ocorridos devido a falhas nos sistemas de tratamento que causam interrupções ocasionais. Esta é uma peculiaridade das ETE, já que o tratamento de efluentes não pode parar, sua paralisação, de forma geral, já provoca um impacto ambiental (Davignon et al., 2002). Em relação ao tratamento de efluentes, especificamente, descargas elevadas de efluentes com elevada carga e

microrganismos, sólidos em suspensão, pH ácido ou alcalino, temperatura alta, nutrientes em excesso, entre outros, contribuem para a degradação dos corpos receptores ao longo de uma cadeia de abastecimento ou escoamento de rios afluentes (Mazzer & Cavalcanti, 2004).

Sob este aspecto, as tecnologias para tratamento dos efluentes líquidos ou águas residuárias classificam-se em grupos distintos de processos biológicos, físicos e químicos, os quais são definidos de acordo com as características dos efluentes a ser tratado. Esta definição de tecnologia para remover a carga orgânica do efluente é necessária para a caracterização físico-química desse efluente. A caracterização é realizada através da análise de sólidos totais, temperatura, cor, odor, turbidez, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), entre outros de indicadores qualidade (Mazzer & Cavalcanti, 2004).

Os parâmetros de qualidade indicam as características dos esgotos ou dos corpos hídricos receptores. Os parâmetros importantes no tratamento de efluentes são aqueles previstos nas exigências legais, demanda de projeto, operação e análise de desempenho das ETE (Jordão & Pessoa, 2005). Conforme Mota (2003), a cor e turbidez se referem principalmente ao aspecto estético do esgoto. A presença de sólidos dissolvidos é indicativa da condição de chegada dos esgotos e causa a cor no efluente que chega à ETE. Já a turbidez se deve ao conteúdo de sólidos em suspensão, microrganismos e algas, que conferem nebulosidade ao líquido (Richter & Netto, 2007).

A temperatura é de grande importância no tratamento de efluente, por exemplo, em esgotos domésticos, é superior à das águas de abastecimento, e os valores variam de acordo com as estações do ano (Metcalf & Eddy, 2003). O pH também é um parâmetro importante no controle de ETE, principalmente em processos anaeróbios de oxidação, pois em pH menor que 5,0 ocorre a inibição da velocidade de nitrificação (Sant'Anna Jr., 2010). Dependendo da característica do efluente a ser tratado, podem-se empregar sistemas de tratamento por processos químicos, físicos ou biológicos. Os processos físicos incluem o uso de tanques, caixas de areia, grades, peneiras, decantadores, entre outros. Os processos biológicos empregam microrganismos para a redução da carga orgânica do efluente. Em processos químicos, por exemplo, pode-se utilizar hipoclorito de sódio, hidróxido de cálcio ou outros agentes químicos para a redução e oxidação da matéria orgânica. Geralmente, processos biológicos aeróbios englobam lodos ativados, filtro biológico, lagoas aeradas e processos anaeróbios (Guimarães & Nour, 2001; Von Sperling, 2005).

A partir desses fatores, observa-se a necessidade de uma ETE que funcione de maneira correta, para que o efluente não acarrete problemas ambientais e sociais, visto que a matéria orgânica presente nos efluentes pode ocasionar a redução de oxigênio dissolvido, causando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e aparecimento de maus odores (Braga et al., 2005).

3. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa caracteriza-se, quanto aos seus objetivos, como uma pesquisa descritiva. A pesquisa descritiva é a ideal para o alcance do objetivo proposto, pois nesse estudo não pode haver interferência do pesquisador, que deverá apenas descobrir a frequência com que o fenômeno acontece ou como se estrutura e funciona um sistema, método, processo ou realidade operacional (Beuren, 2004).

Quanto à abordagem, caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa e qualitativa, predominantemente. Acerca da a pesquisa qualitativa, Beuren (2004) comenta que nessa pesquisa concebem-se análises mais profundas em relação ao fenômeno que está sendo estudado, visando destacar características não observadas por meio de um estudo quantitativo. Acerca da pesquisa quantitativa, pode-se caracterizá-la pela utilização de instrumentos estatísticos, ou planilhas e tabelas com auxílio de percentuais e números (Beuren, 2004). Fundamentou-se em pesquisa bibliográfica e documental, a partir de dados secundários, baseando em material

teórico, teses, dissertações, artigos acessados através das bases Spell e Scopus, além de documentos institucionais.

Em termos de delineamento da pesquisa, adota-se o método de estudo de caso, apontado por Yin (2014) como ideal para elucidar uma circunstância atual em um ambiente complexo. Para Gil (2010), o estudo de caso é particularmente indicado nesta pesquisa, uma vez que possibilita uma oportunidade para estudar um aspecto específico de um problema de forma ligeiramente aprofundada e num curto período de tempo. Do ponto de vista de sua natureza, torna-se uma pesquisa aplicada, que objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidos à solução de problemas específicos (Gil, 1994).

Os parâmetros utilizados para a avaliação da eficiência da ETE serão os físico-químicos, normatizados pela Resolução Conama n. 430, tais como DBO, DQO, pH, temperatura, sólidos, entre outros.

3.1 Unidade de análise

A unidade de análise escolhida foi uma Universidade Federal, localizada no estado de Santa Catarina, primeiramente porque a instituição possui uma ETE em seu sistema de gerenciamento de resíduos, alocada em seu território, em segundo lugar pela acessibilidade aos dados, considerando que os pesquisadores são servidores da Instituição e possuem acesso à unidade, condição essa que facilitou a disponibilização de informações por parte dessa instituição.

3.2 Análise do caso

Com base nos dados e evidências do caso à luz do referencial teórico, o local amostrado (ETE), alocado em uma instituição federal de ensino, se caracteriza por um sistema constituído de tanques de lodo ativado, onde despeja o efluente tratado em um pequeno riacho que passa pelo interior da área destinada a instituição. A estação de tratamento de esgoto da instituição foi instalada em 2013 para atender a necessidade de tratamento do esgoto sanitário e do esgoto proveniente do restaurante universitário local. O sistema de lodo ativado da ETE adota a tecnologia de tanques aerados, construídos em fibra e revestidos em polietileno, pois o volume diário e a baixa complexidade prevista para o efluente a ser tratado, proporciona uma elevada eficiência no tratamento do esgoto utilizando um sistema compacto, com grande emprego de mecanização e requerendo baixa operação humana ao longo do turno diário a um menor custo operacional.

Ainda, é necessário ressaltar que a estação opera sem licença ambiental, o que expõe a vulnerabilidade dessa instituição perante ações de fiscalização, podendo ser autuada ou até mesmo embargada por órgãos fiscalizadores, embasados na Lei n. 9.605/1998, que trata da poluição e outros crimes ambientais.

Esse sistema de lodo ativado é composto por um desarenador, onde se separam os sólidos grosseiros, um tanque de recalque, do qual o efluente com menos teor de sólidos é bombeado a um equalizador de fluxo de volume antes de chegar a três tanques de fibra cujo interior subdividem-se em decantador primário, em que ocorre a aeração em maior escala, um decantador secundário, onde se separa o excedente de sólidos do material tratado antes do efluente ser enviado ao setor de lâmpadas ultravioleta (UV) para a desinfecção final do resíduo e posterior descarte no corpo receptor.

O crescimento do público interno tem provocado um aumento do volume de esgoto, a ser tratado pela estação. A Instituição não possui nenhum funcionário em seu quadro de contratações dedicado especificamente à operação e manutenção diária da estação, e também não fez grandes investimentos no local nos últimos anos, o que tem limitado drasticamente a capacidade da estação de tratar eficientemente a total vazão de afluente. Isso provoca também o lançamento de grande quantidade de material inadequado no interior dos tanques de recalque e tratamento, uma vez que a ineficácia do tratamento preliminar

proporciona o entupimento de bombas, forçando a capacidade de aeração dos motores e inserindo no sistema, materiais para os quais os microrganismos não possuem capacidade de degradar, tais como plásticos, cabelos, papéis não degradáveis, gorduras, etc.

A referida ETE (imagem 1) não possui uma rotina operacional adequada, apesar de contar com sistema de controle de acesso remoto. A falta de manutenção se torna um ponto crítico de todo sistema aliada à redução de investimentos no local. Outro ponto importante a destacar é que a estação opera sem Licença Ambiental de Operação (LAO), em que está no planejamento institucional previsto para ocorrer até 2020.

Imagem 1 – Sistema de gradeamento (1A) e Sistema de tanques digestão aeróbia (1B)



Fonte: Elaboração pelo autor (2020).

3.3 Cadeia geradora de resíduos da universidade

O *campus* da Universidade tem uma estrutura completa de laboratórios, salas de aula, banheiros, cantinas, biblioteca, restaurante e bloco de professores, a qual é utilizada diuturnamente por cerca de 4 mil pessoas. Além disso, possui construções projetadas para o uso de esgoto doméstico, pluvial e da produção de alimentos do Restaurante Universitário.

Nesse contexto, destaque-se que algumas áreas não apresentam a estrutura completa necessária para um funcionamento adequado. Basicamente, o que ocorre é que existe a separação do efluente químico, do pluvial e do esgoto cloacal, este último é recolhido junto aos resíduos do RU. Além disso, o esgoto que provém do RU e o cloacal recebem uma parcela de infiltrações do sistema pluvial em dias de elevada precipitação ao longo da rede coletora. Ressalta-se que este material se compõe de restos de alimentos provenientes do processo de preparo de refeições no restaurante (arroz, feijão, lentilha, batata palha, carne, milho, molhos, sucos, detergente, papel, palitos de dente), absorventes femininos, água tratada e de reuso, resíduo cloacal, óleos e gorduras.

3.4 Coleta de dados

Para coleta de dados, o primeiro contato se caracterizou como uma visita exploratória, onde o objetivo foi conhecer a unidade, entender a operacionalidade e realizar observações ao longo da cadeia geradora de efluentes da Universidade.

Já no segundo momento, para avaliar a eficiência da ETE, realizou-se investigação nos documentos da Instituição, como manuais da Estação e relatórios de análises laboratoriais em amostras coletadas do efluente que entra, e que também é eliminado no vertedouro após passar pelo tratamento no período de janeiro a julho de 2017, pelo fato da disponibilidade de dados contínuos de análise tanto através do serviço contratado quanto das análises internas da instituição, com subsequente triangulação de informações, podendo assim comparar-se a qualidade dos resultados, obtendo dados que possam ser confrontados além do ponto de vista das replicadas.

4. Resultados e discussões

4.1 Avaliação da eficiência da estação de tratamento de esgoto

O efluente foi coletado e transportado em garrafas de polietileno até os Laboratórios (contratação terceirizada e laboratórios da instituição), onde foram realizadas as análises físico-químicas. Os dados acerca dos parâmetros físico-químicos e também microbiológicos de efluente bruto e tratado (Tabela 1 e Tabela 2) tomam por base as resoluções n. 357/2005 e n. 430/2011 do Conama, as quais definem os parâmetros para lançamento de efluentes tratados e a Lei n. 14.675/2009 do estado de Santa Catarina.

Dessa forma, foi possível avaliar o que funciona corretamente, além de apontar algumas falhas, deficiências e não conformidades ao longo do sistema de tratamento.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos do efluente bruto (entrada da ETE)

Resultados Analíticos				
Análise	Resultado (médias do período)			Situação
	Laboratório terceirizado	Laboratório institucional	Referência Conama n. 430/2011	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	>1,6.10 ⁵	a*	b*	c*
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	>1,6.10 ⁵	a*	b*	c*
DBO (5 dias) (NMP/100 mL)	226	369	120 mg/L ou 60% de redução	Não conforme
DQO (NMP/100 mL)	423	a*	b*	b*
Fósforo (mg/L)	8,0	a*	4 mg/L Lei n. 14.675/2009	Não conforme
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	49	a*	20	Não conforme
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	0,9	2,5	até 1 ml/L	Não conforme
pH	8,7	8,0	5,0-9,0	Conforme
Temperatura (°C)	19,5	19,9	< 40 °C	Conforme

a*: Análise não realizada devido à falta de material e corpo técnico;

b*: A Resolução n. 357/2005 e a Lei n. 14.675/2009 não estabelecem concentração máxima de DQO;

c*: A vazão de efluente e do corpo receptor é que definirão o limite máximo de coliformes (ainda não avaliada na instituição).

Fonte: Elaboração pelo autor (2020).

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos do efluente tratado (saída da ETE)

Resultados Analíticos				
Análise	Resultado (médias do período)			Situação
	Laboratório terceirizado	Laboratório institucional	Referência Conama n. 430/2011	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	5,7.10 ⁴	a*	b*	c*
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	1,2.10 ⁵	a*	b*	c*
DBO (5 dias) (NMP/100 mL)	46	52,5	120 mg/L ou 60% de redução	Conforme
DQO (NMP/100 mL)	159	a*	b*	b*
Fósforo (mg/L)	8,1	a*	4 mg/L- Lei n. 14.675/2009	Não conforme
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	50	a*	20	Não conforme
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	3	0,4	até 1 ml/L	Conforme d*
pH	7,8	6,9	5,0-9,0	Conforme
Temperatura (°C)	20	20,3	< 40 °C	Conforme

a*: Análise não realizada devido à falta de material e corpo técnico;

b*: A Resolução n. 357 e a Lei n. 14.675/2009 não estabelecem concentração máxima de DQO;

c*: A vazão de efluente e do corpo receptor é que definirão o limite máximo de coliformes (ainda não avaliada na instituição);

d*: Devido à posição do vertedouro dificultar a coleta em dias de menor vazão, acaba por revolver material e mascarar os resultados.

Fonte: Elaboração pelo autor (2020).

Com relação aos resultados referentes aos parâmetros do efluente na entrada da ETE (Tabela 1), as não conformidades se justificam tendo em vista que para isso foi projetado o sistema de tratamento, pois do contrário não haveria necessidade da implantação o processo. A legislação brasileira não determina limite para coliformes em lançamento de efluentes de ETE, entretanto, estes não devem contribuir para a elevação da contagem de termotolerantes nos corpos receptores acima de 1000 NMP/100 mL (Resolução n. 357/2005). Desta forma, a vazão de efluente e do corpo receptor é que definirão o limite máximo de coliformes permitido ao efluente desta estação.

Os resultados das análises dos parâmetros avaliados do efluente bruto e tratado (Tabela 1 e Tabela 2) revelam que a DBO do efluente bruto variou entre 120 mg/L a 370 mg/L, enquanto, o efluente tratado variou entre 14 mg/L a 67 mg/L, conforme análises terceirizadas, o que atende a Resolução Conama n. 430/2011, onde este parâmetro deve obedecer o máximo de 120 mg/L, ou a eficiência do sistema de tratamento deve atingir o mínimo de 60% de remoção da DBO.

A estação apresentou remoções de DBO variando entre 62% a 94%, com média geral de 77%, valor este um pouco abaixo dos 90% apresentado no projeto de construção da ETE analisada, contudo, correspondendo aos limites já mencionados conforme Resolução Conama n. 430/2011. Resultados similares foram obtidos por Ferraz (2014), entretanto, os resultados obtidos no presente estudo para o efluente tratado apresentaram menor valor para o intervalo de tempo adotado.

Os valores de DQO variaram entre 165 e 645 mg/L no efluente bruto, enquanto que o efluente tratado a variação foi de 99 a 255 mg/L, apresentando uma redução entre 23 e 60% com valor médio de 42%, considerando-se o efluente tratado (coletado no vertedor). Este parâmetro está abaixo do valor estipulado no projeto dimensionado, o qual prevê uma redução de 90% para este parâmetro.

Por se tratar de um sistema de lodo ativado, a ETE estudada está trabalhando além de seu limite de depuração microbiológica do efluente, tendo em vista a variabilidade e heterogeneidade do material que chega para o tratamento, uma vez que grande quantidade de material quimicamente degradável entra nos tanques de tratamento, os quais não possuem a característica mais apropriada a degradação de óleos, gorduras e outras substâncias como, por exemplo, um sistema de tratamento anaeróbio, o que torna necessário a equalização do efluente e redução da carga inorgânica de difícil decomposição microbiológica que é enviada a ETE atualmente. Outra possibilidade a ser avaliada é o cultivo e semeadura de novas cepas de microrganismos nos tanques de tratamento.

Segundo Nuvolari (2011), o fósforo (P) é um dos elementos essenciais dos principais nutrientes em processos biológicos de síntese bacteriana e é exigido pelas células em grandes quantidades. Portanto, o fósforo torna-se parâmetro importante e indispensável em análises de caracterização de efluentes feitos por processo biológico aerado. A concentração de fósforo no efluente manteve-se constante durante o processo de tratamento, sendo que em média a concentração foi de 8 mg/L, o que demonstra a ineficiência do processo ou não especificidade microbiológica do sistema utilizado. Conforme a Lei n. 14.675/2009 (Lei estadual do estado de Santa Catarina), o nível permitido para o lançamento de efluentes tratados é a concentração de 4 mg/L de fósforo total.

Sendo assim, o teor de P não atende ao padrão requerido pelo Conama, porém, observados os demais resultados paramétricos com relação às resoluções e normas, o reuso do efluente em agricultura e áreas paisagísticas poderia ser visto com boas perspectivas, uma vez que P e nitrogênio são constituintes de fertilizantes.

Ademais, nas análises feitas, o teor de fósforo encontrado pode ser atribuído ao tipo de água residuária que deságua no tratamento, proveniente do restaurante universitário que utiliza detergente para o processo de limpeza, laboratórios de aulas práticas onde são lavadas as vidrarias, setor de limpeza predial, em que se utilizam detergentes, sabões e sanitizantes, além dos banheiros multiusuários, os quais disponibilizam sabonete líquido para a higienização das mãos.

De acordo com a Resolução n. 20 e n. 357/2005, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas e também padrão de emissão de esgotos, onde deve atender a um padrão de emissão igual a 5 mg/L. Foram registradas concentrações na ordem de 30 mg/L.

Tomando por base o projeto da ETE, o valor de redução percentual apresentado (cerca de 53%) é inferior ao previsto no projeto (75%) ou o valor de 10 mg/L, o que pode estar também relacionado à especificidade da cultura microbiológica utilizada no interior dos tanques de tratamento, a qual pode não apresentar capacidade de degradação de subprodutos a base de nitrogênio nos tanques e também pode ocorrer que a carga de oxigênio ofertada pelos aeradores no interior dos tanques esteja sendo deficitária, o que acaba por reduzir a eficiência do sistema, tornando-o incapaz de atender a este requisito.

Os sólidos agem de maneira indireta sobre o meio aquático, dificultando a penetração da luz, a manutenção da vida aquática, provoca o aquecimento da água e, por consequência, reduz os níveis de oxigênio dissolvido no meio. O acúmulo dos sólidos sedimentáveis é responsável pela formação do lodo (Silva & Oliveira, 2001). Apesar de o teor de sólidos apontado pela análise do laboratório da universidade (Tabela 1) e terceirizado (Tabela 2) encontrarem-se fora do preconizado pelo Conama, estes foram considerados “conforme”, tendo em vista que o vertedouro apresenta inadequação na acessibilidade para coleta, pois encontra-se soterrado e no local ocorre acúmulo de material sólido, o que acaba por ser revolvido durante as

amostragens, levando a resultados incoerentes. Após as análises verificou-se uma concentração de sólidos totais de até 3 mg/L para o efluente lançado no vertedor, o que em princípio demonstra ser um resultado que não atende as condições e padrões de lançamento de efluentes segundo a Resolução Conama n. 430/2011. Entretanto, devido à atual estrutura de engenharia verificada, considera-se que o padrão é atingido com facilidade.

O pH do efluente bruto foi em média de 8,7, portanto, levemente alcalino. Os valores de pH do efluente tratado apresentaram-se entre 6,4 e 9,0, com valor médio de 7,8, sendo um valor próximo a neutralidade com pequeno decréscimo em relação à entrada da ETE, talvez pela formação de pequena parcela de ácidos orgânicos, o que não é uma característica tão notada quanto em sistemas anaeróbios de tratamento. Ademais, o efluente atende a Resolução Conama n. 430/2011, a qual prevê uma variação em uma faixa entre 5,0 e 9,0.

Os parâmetros para pH, DBO e sólidos sedimentáveis a ETE apresentaram 100% de eficiência no atendimento à legislação vigente. Os principais efeitos do lançamento de esgoto doméstico, sem prévio tratamento, nos corpos d'água são a poluição por matéria orgânica (consumo de oxigênio dissolvido), contaminação por microrganismos patogênicos (decaimento bacteriano) e a poluição pelo enriquecimento de nutrientes (eutrofização), principalmente por nitrogênio e fósforo. Também ficou demonstrado, através dos dados das Tabelas 1 e 2, que o lançamento destas águas residuárias nos cursos d'água, sem tratamento prévio, pode ocasionar sérios problemas ambientais (Von Sperling, 2005).

Como observado nas Tabelas 1 e 2, as características do efluente gerado nesta universidade tomam por base os componentes indicados pela Resolução n. 357/2005 para que seja possível aplicar o reuso de águas conforme o tipo de classificação e os limites sugeridos na resolução. Para esta avaliação, os valores de teor de sólidos, DQO, Nitrogênio, Fósforo, pH e temperatura apresentados no estudo constituem a característica do sistema implantado na instituição, o qual atende ao previsto, entretanto, com relação aos teores de emissão dos nutrientes Nitrogênio e Fósforo, e a concentração microbiológica cujos valores estão muito acima do preconizado para o reuso estabelecido por esta resolução estar muito elevada.

Considerando-se a Resolução n. 357/2005, onde a água pode ser classificada em diversas subdivisões, uma água do tipo 1 para o uso de recreação de contato primário deverá obedecer aos padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução Conama n. 274/2000, e para os demais usos não deverá exceder 200 coliformes por 100 mL. Para uso de água tipo 2 em recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução n. 274/2000 e para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes (CT) por 100 mL. Para o uso de água tipo 3 em recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 CT por 100 mL, conforme Resolução n. 357/2005. O uso na dessedentação de animais não deverá exceder 1000 CT por 100 mL. Para os demais usos de água tipo 3, não deverá ser excedido um limite de 4000 CT por 100 mL.

Com base nestas informações e recomendações, é possível avaliar que é extremamente importante melhorar a eficiência do sistema de inativação por lâmpadas UV para que se tenha ganhado significativo no processo e a partir disso modificar a qualidade e, consequentemente, a classificação da água (efluente) remanescente do tratamento, uma vez que atualmente pode-se classificá-la como água doce no último nível de classificação (tipo 4), somente empregável em ambientes para navegação ou harmonia paisagística.

5. Conclusões e recomendações

As organizações devem responsabilizar-se por um novo paradigma ambiental, adotando em seu planejamento a gestão ambiental como um instrumento de diretrizes para cumprir ações que eliminem ou minimizem os impactos ambientais significativos causados por suas atividades. Os principais resultados do estudo permitiram constatar que a situação da ETE desta Universidade carece de cuidados direcionados e

intervenções pontuais, além de contratação de mão de obra para operação diária e o correto tratamento do esgoto.

Em relação à eficiência do sistema da ETE, essa possui conformidade no lançamento na grande maioria dos parâmetros avaliados, contudo, apresenta desconformidades nos padrões de lançamento de P e N observadas a Lei n. 14.675/2009 e Resolução Conama n. 430/2011, respectivamente. Outro ponto importante a observar é o fato de o ponto de lançamento proporcionar uma descarga com elevada carga microbiológica, o que requer ações de melhoramento no sistema a fim de proporcionar o reuso deste para fins não potáveis após o tratamento.

Para que o reuso do efluente possa ser planejado e implementado segundo o previsto no projeto inicial da ETE, antes é necessário que se faça uma campanha de conscientização educação ambiental para toda a comunidade acadêmica. Isso tendo em vista que a aceitação entre as partes envolvidas é uma das mais importantes questões para que o sistema de reciclagem da água funcione corretamente. Ademais, um sistema de tratamento de efluentes requer não só a atenção do operador ou do responsável técnico, pois é imprescindível que se haja local, pensando no global.

Poderão ser feitas melhorias no sistema de tratamento microbiológico em busca também por eficiência na remoção da matéria orgânica, devido à diferenciada característica de composição dos efluentes em cada ponto, antes de centralizar ao tratamento. O mais indicado seria manter uma forma de tratamento que abranja a uma faixa grande de concentrações destes parâmetros, pois as características desse efluente podem variar de acordo com o tempo e com as atividades desenvolvidas nas áreas de interação direta com os pontos de geração.

Por fim, pode-se destacar que, nas condições estudadas, o efluente apresenta elevado potencial para reuso em sistemas de irrigação e lavagem de frotas, observada a adequação de alguns parâmetros, principalmente os microbiológicos, atualmente bastante elevados.

Diante do exposto, a metodologia empregada nesta pesquisa revela-se adequada no que se refere a avaliar a eficiência de uma estação de tratamento de efluentes e descrever uma cadeia geradora de resíduos provenientes de esgotamento sanitário, objeto de estudo para esse trabalho.

Assim, é nesse particular que se enfatiza a importância de uma ETE ser adequadamente operada e controlada por profissionais competentes, treinados e conscientes do compromisso ambiental em preservar os recursos naturais, bem como, a importância de os indivíduos serem conscientizados acerca da necessidade de haver um adequado descarte do lixo, para uma melhor qualidade de vida através da mudança de hábitos, obtendo resultados com o menor impacto ambiental, além do compromisso e dever da Universidade quanto organização em contribuir para desenvolvimento sustentável. A abordagem do tema gestão ambiental nas organizações é uma contribuição extremamente relevante, pois ao abordar o assunto e apresentar aspectos a ele relacionado, considerando as principais limitações de um sistema de tratamento de efluentes em uma universidade, que por ser um órgão público, muitas vezes, carece de melhor atendimento a demandas específicas e maior celeridade no andamento de processos, demonstrando a importância da busca por soluções que preconizem a conservação do meio ambiente e tornem as atividades sustentáveis.

Entre as principais limitações desta pesquisa, destaca-se que os resultados apresentados não podem ser generalizados a ETE de outras localidades e instituições, pois o estudo limitou-se a avaliação de uma única estação de tratamento de efluentes, não detalhando informações acerca de novas tecnologias e novas técnicas mais apropriadas de gerenciamento de resíduos sólidos e tratamento de efluentes, que poderiam impactar na melhoria do sistema.

Nesse sentido, tais limitações podem ficar como sugestões para novas pesquisas, pois abre espaço para algumas possibilidades, tais como: compreender as principais diferenças e facilidades inerentes a cada tipo de sistema de tratamento de efluentes e suas aplicações; comparar os resultados obtidos com estudos realizados em outras localidades que empregam a mesma tecnologia para o tratamento de efluentes; ou ainda, propor

outras técnicas mais apropriadas que poderiam ser incorporadas para o tratamento, tornando a estação de tratamentos de efluentes mais eficiente.

6. Referências

Amaral, S. T., Machado, P. F. L., Peralba, M. do C. R., Camara, M. R., Santos, T. dos, Berleze, A. L., Falcão, H. L., Martinelli, M., Gonçalves, R. S., Oliveira, E. R., Brasil, J. L., Araújo, M. A., & Borges, A. C. A. (2001). Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Revista Química Nova**, 24(3), 419-423.

Aquino, M. H. G., & Gutierrez, R. H. (2012). Aspectos relevantes das normas de gestão ambiental e responsabilidade social para a tomada de decisão. **Anais do VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 19.

Barbieri, J. C. (2011). **Gestão Ambiental empresarial: conceitos, métodos e instrumentos**. 3. ed. atual. e ampl. São Paulo: Saraiva. 376 p.

Barros, C. J. (2002). **Os resíduos sólidos urbanos na cidade de Maringá: um modelo de gestão**. Tese de doutorado, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil.

Barroso, H. C. M. P., & Costa, F. (2005). A gestão voltada para a responsabilidade ambiental: considerações sobre as instituições educacionais. **Revista Ciências Administrativas**, 11(2), 250-257.

Beuren, I. M. (2004). **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade. Teoria e prática** (2a ed.). São Paulo: Atlas.

Braga, B., Hespanhol, I., Conejo, J. G. L., Mierzwa, J. C., Barros, M. T. L., Veras, M., Porto, M., Nucci, N., Nucci, J., Juliano, N., & Eiger, S. (2005). **Introdução à Engenharia Ambiental** (2a ed.). São Paulo: Prentice Hall.

Brasil. (2007). **Constituição da República Federativa do Brasil** (40a ed.). São Paulo: Saraiva.

Brasil. (2006). **Manual de Saneamento** (3a ed.). Brasília: Fundação Nacional de Saúde.

Davignon, A., Pierre, C. V., Kligerman, D. C., Silva, H. V. O., Barata, M. M. L., & Malheiros, T. M. M. (2002). **Manual de auditoria ambiental de estações de tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: Qualitymark.

Farrugia, B. (2013). Conheça como funciona uma estação de tratamento de efluentes. **Revista TAE**, 2(12).

Ferraz, D. F. M. (2014). **Eficiência de um ETE em escala real composta por reator UASB seguido de lodo ativado**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

Gil, A. C. (2010). **Como elaborar projetos de pesquisa** (5a ed.). São Paulo: Atlas.

Gil, A. C. (1994). **Métodos e técnicas de pesquisa social** (4a ed.). São Paulo: Atlas.

Guimarães, J. R., & Nour, E. A. A. (2001). Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, 1(1), 19-30.

Hallmich, C., & Gehr, R. (2010). Effect of pre- and post-UV disinfection conditions on photoreactivation of fecal coliforms in wastewater effluents. *Water Research*, 44, 2885-2893.

Hjort, L. C., Pujarra, S., & Moretto, Y. (2016). Aspectos da gestão ambiental pública e privada: análise e comparação. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, 3(1), 73-81.

Jordão, E. P., & Pessoa, C. C. (2005). **Tratamento de esgotos domésticos** (4a ed.). Rio de Janeiro: SEGRAC.

Jungfer, C., Schwartz, T., & Obst, U. (2007). UV-induced dark repair mechanisms in bacteria associated with drinking water. *Water Research*, 47, 188-196.

Kinlaw, D. C. (1997). **Empresa competitiva e ecológica**. São Paulo: Makron Books.

Layrargues, P. P. (2000). Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. **Revista de Administração de Empresas**, 40(2): 80-88.

Lei n. 5.326, de 7 de setembro de 2007. Dispõe sobre a política municipal de saneamento básico, cria o Conselho Municipal de Saneamento e o Fundo Municipal de Água e Esgoto. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/prefeitura/sc/chapeco?q=5326>

Lei n. 6.503, de 22 de dezembro de 1972. Dispõe sobre a promoção, proteção e recuperação da Saúde Pública. Recuperado de al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXT0&Hid_TodasNormas=35819&hTexto=&Hid_IDNorma=35819

Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm

Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. São Paulo: RT.

Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n. 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm

Lei n. 14.675, de 13 de dezembro de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina, estabelece e dá outras providências. Recuperado em: <http://www.sc.gov.br>

Mazzer, C., & Cavalcanti, O. A. (2004). Introdução à gestão ambiental de resíduos. **Infarma**, 16(11-12), 67-77.

Metcalf, L., & Eddy, H. P. (2003). **Wastewater engineering: Treatment, disposal, reuse** (4a ed.). New Delhi: McGraw-Hill.

Mota, S. (2003). **Introdução a engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES.

Nuvolari, A. (2011). Lançamento in natura e seus impactos. In Nuvolari, A. (Org.), **Esgoto sanitário, coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola** (pp. 203-207). São Paulo: Brucher.

Pereira, S. S., & Curi, R. C. (2012). Meio Ambiente, impacto ambiental e desenvolvimento sustentável: conceituações teóricas sobre o despertar da consciência ambiental. **Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, 2(4), 35-57.

Pimenta, H. C. D. (2008). **A produção mais limpa como ferramenta em busca da sustentabilidade empresarial: um estudo de múltiplos casos em empresas do estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação de mestrado, Programa de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

Resolução Conama n. 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Recuperado de <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5956>

Resolução Conama, n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução 357/2005. Recuperado de http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/8Legislacao/Res_CONAMA/Resolucao_CONAMA_430_2011.pdf

Resolução Conama, n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Recuperado de http://www.simae.sc.gov.br/admin/arquivos_download/resolucao-conama-n-3572005.pdf

Resolução Conama, n. 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Recuperado de <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>

Richter, C. A., & Netto, J. M. A. (2007). **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher.

Rodrigues, F. L., & Cavinatto, V. M. (1997). **Lixo: de onde vem? Para onde vai?** (7a ed.). São Paulo: Moderna.

Rodriguez, R. A., Bounty, S., Beck, S., Chan, C., McGuire, C., & Linden, K. G. (2014). Photoreactivation of bacteriophages after UV disinfection: role of genome structure and impacts of UV source. *Water Research*, 55, 143-149.

Sant'Anna Jr., G. L. (2010). **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência.

Scottá, J. (2015). **Avaliação e otimização de uma estação de tratamento de esgoto com sistema fossa e filtro de um município da serra gaúcha**. Monografia de conclusão de curso, Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, RS, Brasil.

Seiffert, M. E. B. (2007). **Gestão Ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. São Paulo: Atlas.

Silva, J. R. N. (2010). Lixo eletrônico: um estudo de responsabilidade ambiental no contexto no Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM Campus Manaus Centro. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Bauru, SP, Brasil, 1.

Silva, S. A., & Oliveira, R. (2001). **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande: ABES.

Sorrentino, M. (2002). Desenvolvimento sustentável e participação: algumas reflexões em voz alta. In Castro, R. S. et al. (Org.), **Educação Ambiental: repensando o espaço da cidadania** (pp. 15-21). São Paulo: Cortez.

Souza, R. S. (2002). Evolução e condicionantes da gestão ambiental nas empresas. **READ**, 8(6), 1-22.

Tucci, C. E. M. (2013). **Hidrologia: ciência e aplicação** (4a ed.). Porto Alegre: UFRGS.

Valle, C. E. (2004). **Qualidade Ambiental: ISO 14000** (5a ed.). São Paulo: SENAC.

Von Sperling, M. (2005). **Princípios do Tratamento biológico de águas residuárias. Vol.1. Introdução à qualidade de águas e o tratamento de esgotos** (3ª ed.). Belo Horizonte. UFMG.

Yin, R. K. (2014). **Case Study Research Design and Methods** (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença Creative Commons - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), no qual, os artigos podem ser compartilhados desde que o devido crédito seja aplicado de forma integral ao autor (es) e não seja usado para fins comerciais.