

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

CLARICE FIEIRA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS LAGOAS DE TRATAMENTO
DO ATERRO MUNICIPAL DE FRANCISCO BELTRÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO, 2014.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

CLARICE FIEIRA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS LAGOAS DE TRATAMENTO DO
ATERRO MUNICIPAL DO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO**

Projeto Final, referente ao Trabalho de Conclusão do Curso de bacharelado Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Francisco Beltrão.
Orientador: Prof^a Priscila Soraia da Conceição.
Co-orientadores:
Prof^a Dra^a *Ticiane Sauer Pokrywiecki* e
Prof^a Dra^a *Morgana Suszek Gonçalves*.

FRANCISCO BELTRÃO, 2014.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão



Curso de Engenharia Ambiental

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC - 2

Avaliação da eficiência das lagoas de tratamento de chorume do aterro sanitário municipal de Francisco Beltrão-PR

por

Clarice Fieira

Monografia apresentada às **16:00 horas, do dia 27 de fevereiro de 2014** como requisito parcial para obtenção do título de **ENGENHEIRA AMBIENTAL**, Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, CâmpusFrancisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados e convidado. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

Prof. MsC. WAGNER DE AGUIAR

UTFPR - Convidado

Profª. MsC. PRISCILA S. DA CONCEIÇÃO

UTFPR Orientadora

Prof. Dr. JUAN CARLOS POKRYWIECKI

UTFPR - Convidado

Prof. Dr. Juan Carlos Pokrywiecki

Coordenador do TCC-2

A copia original encontra-se assinada na coordenação de Engenharia Ambiental

RESUMO: Inúmeros são os problemas ambientais encontrados no Brasil, e muitos deles, ocorrem devido ao acelerado crescimento dos setores produtivos e consequente geração de resíduos sólidos. Faz-se necessário a correta disposição desses resíduos, sendo a forma mais comumente utilizada, os aterros sanitários. Essa prática, porém, necessita de uma gama elevada de medidas de controle ambiental, estando entre elas, a preocupação com o tratamento do lixiviado produzido no processo de decomposição dos rejeitos. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar a eficiência do tratamento do lixiviado do aterro sanitário municipal de Francisco Beltrão, Paraná. Para isso, determinou-se três pontos distintos dentro do sistema de tratamento de chorume do aterro sanitário para coleta de amostras que seguiram para análises. Analisou-se os seguintes parâmetros físico-químicos: DBO, DQO, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, fósforo, sólidos sedimentáveis e pH. As análises foram realizadas no período de novembro de 2013 à fevereiro de 2014, totalizando três amostragens. Os resultados obtidos com as análises demonstraram divergências quanto a eficiência de funcionamento quando confrontado os resultados das análises com as legislações pertinentes .

Palavras chave: parâmetros, chorume, remoção, lixiviado.

ABSTRACT: Many environmental problems are found in Brazil, and many of them occur due to the rapid growth of the productive sectors and the consequent generation of solid waste. It is necessary to the proper disposal of these wastes, the most commonly used form, landfills. This practice, however, requires a high range of environmental control measures, being among them, the concern with the treatment of the leachate produced in the decomposition of the waste process. In this sense, the present work aimed to evaluate the efficacy of treatment of leachate from municipal landfill Francisco Beltran, Parana. For this, we determined three distinct points within the treatment of leachate from the landfill to collect samples for analysis system that followed. We analyzed the following physicochemical parameters: BOD, COD, total nitrogen, ammonia nitrogen, phosphorus, settleable solids and pH. The analyzes were carried out from November 2013 to February 2014, totaling three samplings. The results obtained from the analyzes showed differences as the working efficiency when presented the results of analyzes with the relevant laws.

Keywords: parameters, manure removal, leachate.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Imagem de satélite da extensão do aterro sanitário.....	23
FIGURA 2 - Célula aberta sendo utilizada para aterramento de resíduos no aterro sanitário do município de Francisco Beltrão – Pr.....	24
FIGURA 3 -Célula em operação.....	25
FIGURA 4 - Operação do aterro	25
FIGURA 5 -Imagem de satélite da extensão das lagoas de tratamento do aterro municipal de Francisco Beltrão.....	26
FIGURA 6 -Lagoa anaeróbia das células abertas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão - Pr.....	27
FIGURA 7 -Lagoa anaeróbia das células fechadas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão - Pr.....	27
FIGURA 8 - Lagoa facultativa do sistema de lagoas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão – Pr.....	28
FIGURA 9 - lagoa aerada do sistema de lagoas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão - Pr.....	22
FIGURA 10 - Lagoa seca do sistema de lagoas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão - Pr.....	29
FIGURA 11 -Representação esquemática do sistema de tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Francisco Beltrão – Pr, com indicação dos pontos de coleta.....	30

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1-Análise comparativa de vantagens e desvantagens da utilização de recirculação de chorume em aterros sanitários.....	22
QUADRO 2- Caracterização dos efluentes.....	32
QUADRO 3 -Taxa de biodegradabilidade $DBO_{5\text{dias}}/DQO$	33
QUADRO 4-Relação das médias de eficiência de remoção dos parâmetros utilizados nas análises.....	34
QUADRO 5-Comparativo de limites máximos permitidos entre as Resoluções da CEMA nº 86 e CONAMA nº 430.....	35

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
4.1 LEGISLAÇÃO VIGENTE SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	12
4.2. ATERROS SANITÁRIOS	15
4.3. EFLUENTE LÍQUIDO DE ATERROS SANITÁRIOS	17
4.3.1. FORMAS DE TRATAMENTO DO EFLUENTE LÍQUIDO.....	19
5 METODOLOGIA.....	24
5.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE E QUANTIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
7 CONCLUSÃO	38
8 SUGESTÕES FUTURAS.....	39
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar que a geração de resíduos sólidos urbanos é proporcional ao consumo, que se apresenta intimamente ligado com o nível de industrialização de uma comunidade e à elevação de seu poder aquisitivo (PEREIRA, 2011). Diante de tal realidade, o crescente volume de resíduos sólidos urbanos tornou-se objeto de preocupação das administrações municipais do Brasil e do mundo (MAGALHÃES, 2008).

O crescimento urbano desordenado, promoveu aumento da procura, por parte da população, pelos grandes centros urbanos. Essa procura foi motivada pela Revolução Industrial e pelo avanço do capitalismo, que também possibilitaram a produção em massa de bens de consumo.

Neste contexto, diversas externalidades negativas foram impostas ao meio, como o aumento de geração de resíduos. Esse aumento também é promovido pela busca contínua, por parte das indústrias, em projetar produtos com ciclos de vida baixos, inserindo no mercado bens menos duráveis, caracterizando a cultura dos descartáveis, que aumenta a necessidade de consumo. Situação essa, que acaba levando a maior produção de resíduos, tanto os oriundos do processo de produção, como posteriormente ao uso (WAGNER et. al, 2011).

Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), no ano de 2008, cada brasileiro gerava, em média, 1,1 quilograma de resíduos por dia, totalizando 188,8 toneladas coletadas diariamente.

Entretanto não se observa uma destinação adequada, do ponto de vista ambiental, para os rejeitos gerados. Apesar da melhora verificada no gerenciamento dos resíduos, no ano de 2010, apenas 27,7% dos resíduos eram destinados a aterros sanitários, 22,5% enviados a aterros controlados e, ainda, 50,8% são dispostos em vazadouros a céu aberto, os chamados “lixões” (IBGE, 2010).

De acordo com a Política de Saneamento Básico, no Brasil, os municípios são responsáveis por estabelecer planos específicos para os diferentes serviços de saneamento, incluindo o serviço de limpeza urbana e o de manejo de resíduos sólidos, atividade que inclui a instalação e operação de infraestruturas e instalações

operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final dos resíduos domésticos e originários da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas (BRASIL, 2007).

Dentro da realidade brasileira, a opção de destinação final mais adequada, técnica, econômica e ambientalmente, é o aterro sanitário, que, segundo a Norma Brasileira (NBR) 8419, é um método de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, que procura minimizar os impactos ambientais e os danos à saúde pública (ABNT, 1983; GOMES, 2009).

O método opera visando a diminuição das duas principais externalidades negativas associadas aos resíduos sólidos, a geração de gases e de lixiviado (chorume), ambos oriundos da decomposição da matéria orgânica aterrada (GOMES, 2009).

Tomando como base a necessidade crescente de otimização do processo de disposição final de resíduos sólidos, bem como, a preocupação com os impactos decorrentes da disposição inadequada do chorume de aterros, o trabalho, que visa avaliar a eficiência das lagoas de tratamento de chorume do aterro de Francisco Beltrão, se justifica.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliara eficiência do sistema de tratamento do chorume produzido no Aterro Sanitário Municipal de Francisco Beltrão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar informações e dados pertinentes sobre a situação do sistema de tratamento de chorume atual do aterro sanitário.
- Caracterizar o chorume produzido no aterro, quanto aos parâmetros DBO, DQO, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, fósforo total, pH e sólidos sedimentáveis.
- Caracterizar o lixiviado produzido no aterro, após o tratamento, quanto aos parâmetros anteriormente citados.
- Verificar a eficiência do sistema de tratamento.
- Verificar a adequação legal do aterro, quanto ao tratamento do efluente gerado.
- Contribuir com a administração pública e comunidade na avaliação dos possíveis impactos advindos do aterramento de resíduos.
- Contribuir para a adequação técnica e legal das exigências pertinentes ao manejo dos resíduos sólidos.

REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 LEGISLAÇÃO VIGENTE SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

No Brasil, a Lei Federal nº 11.445, de 2007, que estabelece diretrizes para o saneamento básico, definido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas, apresenta a importante relação entre a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos à manutenção da saúde pública e à proteção do meio ambiente (BRASIL, 2007).

Em seu artigo 7º, estabelece as atividades relacionadas ao serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos, que incluem a coleta, o transbordo e transporte dos resíduos; a triagem para fins de reuso ou reciclagem e a disposição final (BRASIL, 2007).

A Lei Federal nº 12.305, de 2010, dispõe sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Esta lei possui como foco a prevenção e redução da geração de resíduos, por meio da prática de hábitos de consumo sustentáveis e propõe vários instrumentos para propiciar o aumento da reutilização e da reciclagem dos resíduos sólidos, bem como a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

Em seu artigo 6º, apresenta os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dentre os quais o princípio da prevenção e precaução; do poluidor-pagador e o protetor-recebedor; da visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, englobando as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; o desenvolvimento sustentável; a ecoeficiência; a responsabilidade com o ciclo de vida dos produtos e o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania. (BRASIL, 2010).

Em seu Artigo 8º, a PNRS estabelece os instrumentos da sua execução, como a logística reversa, que consiste na recuperação de materiais após o consumo, dando continuidade ao seu ciclo de vida como insumo para a fabricação

de novos produtos. Essa recuperação se faz obrigatória às indústrias, lojas, supermercados, distribuidores, importadores e comerciantes de agrotóxicos; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes; seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010).

Outro aspecto relevante instituído pela lei é a erradicação de lixões, que deve acontecer até o ano de 2014, passando a exigir aterros que sigam normas ambientais, sendo proibida a catação, criação de animais e instalação de moradias nessas áreas.

Ainda, segundo a mesma norma, é de responsabilidade das prefeituras implantar a coleta seletiva de resíduo reciclável nas residências. Está previsto que os municípios devem realizar a implementação de sistemas de compostagem para resíduos orgânicos, visando à redução do volume de resíduo recebido diariamente pelos aterros (BRASIL, 2010).

O estado do Paraná possui leis próprias que regulamentam a questão, a Lei Estadual nº12493, de 1999, dispõe sobre as diretrizes relacionadas à gestão dos resíduos sólidos, abrangendo os procedimentos referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos rejeitos no estado, com o objetivo de controlar índices de poluição e contaminação, minimizando os impactos ocasionados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos (PARANÁ, 1999).

Referida lei, em seus artigos 5º e 9º, estabelece que os resíduos sólidos devem passar pelos processos de acondicionamento, transporte, tratamento e disposição final adequados nas áreas dos municípios e nas áreas conturbadas, sendo necessário que os processos atendam às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e às condições estabelecidas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), respeitando as demais normas legais vigentes (PARANÁ, 1999).

Segundo a lei, ficam proibidos o lançamento ou a queima a céu aberto de resíduos sólidos, seu lançamento em redes de drenagem, manguezais e corpos d'água. Estabelece ainda que o solo e o subsolo somente poderão ser utilizados para armazenamento, acumulação ou disposição final de resíduos de qualquer natureza, desde que sua disposição seja feita de forma tecnicamente adequada, obedecendo às condições e critérios estabelecidos pelo IAP e os depósitos

inadequados já existentes, obrigatoriamente, deveriam se adequar até o ano de 2000 (PARANÁ, 1999).

O estado ainda dispõe, pela Resolução Conjunta SEMA/IAP/SUDERHSA nº 01, de 2006, sobre requisitos, critérios técnicos e procedimentos para a impermeabilização de áreas destinadas à implantação de aterros sanitários, visando à proteção e à conservação do solo e das águas subterrâneas.

Quanto aos efluentes líquidos coletados no aterro, segundo o artigo 5º da Resolução, independente do tipo de tratamento empregado, deverão ser totalmente recirculados para a massa de resíduo aterrada, mantendo-se um sistema de tratamento em circuito fechado.

Os aterros sanitários existentes, implantados e licenciados anteriormente a publicação da lei, tiveram até o ano de 2007 para adequação, mediante aprovação prévia do IAP (PARANÁ, 2006).

Outra normatização estadual é a Resolução CEMA nº 086, que estabelece diretrizes e critérios relacionados ao licenciamento e outorga, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros sanitários, focando no controle e minimização da poluição e decorrentes impactos.

Em relação ao tratamento do chorume, em seu artigo 16º, a norma expõe as seguintes opções de tratamento: recirculação no próprio aterro, tratamento no local seguindo para lançamento em corpos hídricos, tratamento por empresas terceirizadas, combinação dos demais métodos e, ainda, outras tecnologias de tratamento validadas.

A resolução ainda determina, em seu artigo 17º, que os parâmetros, limites permitidos e monitoramento do chorume, águas superficiais e águas subterrâneas oriundo do aterro, devem obedecer às condições estabelecidas no Anexo X da respectiva lei (PARANÁ, 2013).

De acordo com o Anexo X, da referida lei, o modelo do relatório de monitoramento de disposição final de resíduos sólidos urbanos, deve ser dividido em 10 partes, apresentando informações gerais relacionadas com os métodos de operação, monitoramentos, licenças e demais documentações pertinentes à obra.

Quanto aos parâmetros de monitoramento de chorume, o anexo apresenta a frequência de análise exigida no relatório, que é relativo à capacidade de recebimento de resíduos do aterro. Parâmetros de lançamento exigidos, bem como

os limites máximos permitidos também se encontram no mesmo anexo (PARANÁ, 2013).

4.2. ATERROS SANITÁRIOS

Aterros sanitários consistem uma forma adequada de disposição final de resíduos sólidos no solo, permitindo um confinamento seguro em termos de controle de poluição ambiental.

O método se dá por meio do depósito dos resíduos em células no solo. Esses depósitos são constituídos em camadas de resíduos intercaladas com material inerte, geralmente de solo. As células possuem sua base e laterais devidamente impermeabilizadas com mantas de polietileno de alta densidade ou com argila compactada. Quando saturadas, as células são cobertas, utilizando solo (ROCHA, 2009).

O aterramento, seguindo-se os critérios apresentados, tem como objetivo impedir que substâncias tóxicas, advindas da decomposição do resíduo, entrem em contato com a água, solo e atmosfera, poluindo o meio ambiente. Para tal, durante a vida útil e posteriormente ao encerramento de suas atividades, se fazem necessários o monitoramento e o tratamento dos gases e dos líquidos percolados (SILVA, 2002).

A fim de garantir a proteção ambiental nas áreas de aterramento de resíduos, a ABNT publicou a Norma Brasileira (NBR) 8419, que fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, que inclui critérios técnicos, econômicos e sociais.

Esses critérios auxiliam na escolha do lugar mais adequado para a instalação do aterro. A área selecionada para implantação de aterros deve possuir características que permitam controlar os riscos de contaminação da água, do ar, e do solo. Dentre as exigências, estão o sistema de drenagem superficial, impermeabilização da área, sistema de drenagem de gás e o sistema de drenagem e tratamento do percolado (ABNT, 1983).

O sistema de drenagem de água superficial consiste em desviar o escoamento superficial das águas pluviais, que tendem a escoar para a área do aterro. A água pluvial não deverá ser misturada ao chorume, pois este necessitará de um tratamento mais complexo para ser lançada ao meio (NBR, 1983; CEMPRE, 2010).

Quanto à impermeabilização da área do aterro, que deve ser realizada na base e nas laterais, tem o objetivo de impedir que o líquido oriundo da massa aterrada atinja o solo e mananciais hídricos (ABNT, 1983; LANGE *et. al*, 2009; ROCHA, 2009).

Devem-se iniciar os serviços de impermeabilização na parte inferior do aterro, logo após a conclusão da remoção da camada de solo superficial da área operacional. Essa impermeabilização consiste, basicamente, na instalação da manta de polietileno de alta densidade (PEAD) ou na execução de uma camada de argila com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s e espessura superior a 80 cm, que pode ser substituída pelo terreno natural, desde que com as mesmas características (ABNT, 1983; MONTEIRO *et. al*, 2001).

O sistema de drenagem de gases oriundos da decomposição da matéria orgânica utiliza-se uma rede de drenos colocada em pontos estratégicos do aterro. Esses drenos atravessam todo o aterro no sentido vertical, partindo do sistema de impermeabilização de base até acima do topo da camada de cobertura. Junto aos drenos verticais, projetam-se drenos horizontais e subverticais. Os drenos são, normalmente, constituídos por linhas de tubos perfurados, sobrepostos, envolvidos por uma camada de brita (ABNT, 1983; CEMPRE, 2010).

Quanto ao sistema de drenagem de percolados, esse é responsável por coletar e conduzir a massa líquida que percola através dos resíduos até os pontos de tratamento. Esse líquido, conhecido como chorume, é oriundo da atividade de degradação biológicas dos resíduos aterrados e do teor de água natural contido nesses materiais.

A coleta do chorume é feita por drenos implantados sobre a camada de impermeabilização inferior e projetados em forma de espinha de peixe, com drenos secundários conduzindo o efluente para um dreno principal que irá levá-lo até um poço de reunião, de onde será bombeado para a estação de tratamento. Vale

ressaltar que os materiais utilizados na construção desses drenos não podem ser passíveis de degradação pelo material conduzido (NBR, 1983; SCHALCH, 2002).

A Figura 1 apresenta o corte da seção de um aterro sanitário onde apresenta uma panorama de três processos distintos de operação: setor em preparo, setor em execução e o setor concluído. A imagem ilustra um exemplo de forma de localização dos drenos de gás e de chorume, e a evolução do processo desde a construção da célula, até após a disposição dos resíduos e seu devido fechamento com a cobertura.



Figura 1: Corte da seção de um aterro sanitário.
Fonte: BAHIA, 2000.

4.3. EFLUENTE LÍQUIDO DE ATERROS SANITÁRIOS

Em função da degradação biológica dos resíduos, somado à infiltração de águas de chuva e à umidade natural dos resíduos aterrados, existe a formação dos efluentes líquidos dos aterros, conhecidos como chorume. Este resíduo apresenta aspecto escuro e turvo, com odores desagradáveis, possuindo em sua composição altos teores de substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA, 2002).

Segundo Baird (2011), o processo de decomposição de resíduos no aterro ocorre através de uma série de reações físico-químicas e biológicas, que podem ser divididas em três fases: a fase aeróbia, a fase acetogênica e a fase metanogênica.

O aterramento diário dos resíduos promove processos aeróbios de degradação da matéria, fase que tem duração de um dia a várias semanas, até que seja consumido todo o oxigênio contido no material. O percolato produzido nesta fase apresenta elevadas concentrações de sais.

Em seguida, devido ao consumo de todo oxigênio presente na massa, inicia-se a fase anaeróbia, com a ação dos microrganismos anaeróbios facultativos e as bactérias acetogênicas. Esses microrganismos convertem, primeiramente, por meio da hidrólise, os materiais orgânicos particulados em compostos dissolvidos. Após a hidrólise, inicia-se a fermentação, processo pelo qual as bactérias obtêm energia com a metabolização da matéria orgânica hidrolisada.

Nesta fase, além do chorume apresentar valores de DBO superiores a 10g/L, elevadas concentrações de ácidos graxos voláteis e nitrogênio amoniacal são identificadas (CEMPRE, 2010). Esses ácidos atuam na diminuição do pH, que atinge valores entre 4 e 6, auxiliando na solubilização de materiais inorgânicos, além de propiciar a liberação de odores decorrentes da produção de gás sulfídrico (H_2S) e amônia (NH_3) (BAIRD, 2011).

Na última fase, a fase metanogênica, os subprodutos da fase anterior, começam a ser consumidos por microrganismos estritamente anaeróbios, as bactérias metanogênicas, dando origem ao metano (CH_4) e ao gás carbônico (CO_2).

Nessa fase, a massa de resíduos, em função do consumo dos ácidos acetogênicos, apresenta elevação do pH, favorecendo as atividades metanogênicas. Por sua vez, o chorume apresenta redução da DBO e acúmulo de substâncias de difícil degradação biológica, como ácidos fúlvicos e húmicos, que contribuem para a coloração escura do chorume (CEMPRE, 2010).

A divisão em fases facilita o entendimento dos processos de degradação que ocorrem na massa de resíduos, porém, na prática, as fases não se apresentam bem definidas, uma vez que diariamente há o aterramento de resíduos sólidos novos, variando a idade do material disposto.

Depois de encerrada a operação do aterro, ocorre um processo de maturação, verificando-se a conversão lenta dos materiais orgânicos resistentes aos

microrganismos em substâncias húmicas complexadas com metais. Nesse momento, o lixiviado tende a possuir um pH em torno de 7, com concentrações relativamente baixas de compostos orgânicos e inorgânicos. Devido à massa de resíduo no aterro ser finita, a tendência, após o encerramento do aterro, é que ocorra a redução gradativa da concentração dos diversos componentes do lixiviado (SOUTO, 2009 apud SILVA, 2009).

Segundo Lange e Amaral (2009), a composição do lixiviado pode variar de um local para outro e em épocas diferentes do ano, pois suas características físicas, químicas e biológicas dependem de fatores como o tipo de resíduo aterrado, o grau de decomposição, o clima, a estação do ano, a idade do aterro, a profundidade do resíduo aterrado, o tipo de operação do aterro, dentre outros fatores.

4.3.1. FORMAS DE TRATAMENTO DO EFLUENTE LÍQUIDO

O chorume, por possuir caráter altamente tóxico, deve ser submetido a tratamentos adequados antes de ser lançado ao ambiente ou a redes coletoras de esgoto. Dentre os métodos mais utilizados destacam-se o tratamento biológico, a recirculação através do aterro sanitário e o tratamento físico-químico (NAKAMURA, 2012).

O tratamento biológico consiste na degradação da matéria orgânica e de compostos de difícil degradação por microrganismos, na ausência ou presença de oxigênio. Diferentes tratamentos biológicos podem ser aplicados ao chorume dos aterros, destacando-se as lagoas de estabilização e o sistema de lodos ativados (CEMPRE, 2012).

As lagoas de estabilização são consideradas um tratamento biológico muito eficiente, com mecanismos de fácil operação, emprego de poucos equipamentos e manutenção relativamente barata.

As lagoas são reservatórios escavados no solo, com a devida proteção de taludes e fundo. A técnica depende da área disponível, da topografia, do grau de eficiência desejado e da verba disponível. Apresenta como principal desvantagem a necessidade de extensas áreas para a sua efetiva instalação (TELLES et. al, 2010).

No Brasil, devido às condições climáticas favoráveis e disponibilidade de territórios, as lagoas são utilizadas em larga escala, tendo-se observado boa eficiência quanto à qualidade do efluente tratado (MARTINS, 2010).

Para alcançar a estabilização da matéria, os mecanismos que agem nas lagoas baseiam-se na atividade metabólica de microrganismos, predominantemente algas e bactérias. As primeiras produzem oxigênio por meio da fotossíntese, que é consumido pelas bactérias para oxidação do material. Na ausência de oxigênio, bactérias anaeróbias transformam o material, por meio do processo de digestão anaeróbia. Desta forma, diversas configurações podem ser utilizadas para as lagoas de estabilização, as anaeróbias, facultativas, lagoas aeróbias e de maturação (VON SPERLING, 2005).

As lagoas anaeróbias constituem-se em uma forma de tratamento no qual a existência de condições estritamente anaeróbias é essencial. São lagoas com profundidade da ordem de 3 a 5 metros, visando a minimização da entrada de oxigênio. A degradação da matéria orgânica é realizada por bactérias formadoras de ácidos orgânicos e por bactérias metanogênicas (VON SPERLING, 1996).

Essa forma de tratamento deve ser aplicada na etapa inicial, pois, como acontece com os demais reatores anaeróbios, produz efluente com ausência de oxigênio dissolvido e concentrações indesejáveis de amônia e sulfetos, fazendo-se necessária uma etapa posterior de tratamento com base em processos biológicos aeróbios (CASTILHO *et. al*, 2009).

Segundo Von Sperling (1996), devido à taxa reprodutiva das bactérias anaeróbias serem baixas, a estabilização, em tais condições, ocorre de forma lenta. Desta forma, a eficiência de redução da DBO é em torno de 50 a 60%, apresentando valores mais elevados com temperaturas acima de 15°C.

As lagoas facultativas consistem em um método de tratamento simples, fundamentado na retenção de efluentes líquidos por um longo período para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam (VON SPERLING, 2002). Nessas lagoas, criam-se condições favoráveis à ocorrência distinta de processos biológicos, condições aeróbias na parte superior da lagoa e anaeróbias, no fundo da lagoa. Sua eficiência pode chegar a valores de 70 a 90% na remoção de DBO, desde que exista um elevado período de detenção (TELLES *et. al*, 2010).

As lagoas aeradas são semelhantes às lagoas naturais, porém possuem um sistema de aeração mecânica, cuja principal finalidade é introduzir oxigênio ao meio líquido. Além do fornecimento de oxigênio, o uso desses aeradores promove a mistura da massa líquida, impedindo a estratificação das camadas e volatilização de compostos tóxicos, como a amônia. Porém, como desvantagem, a introdução desses equipamentos eleva a complexidade e demanda por manutenção mais rigorosa dos sistemas, além do gasto com energia elétrica (VON SPERLING, 2002).

Essas lagoas podem ser classificadas em dois tipos, lagoas aeradas aeróbias e lagoas aeradas facultativas. As lagoas aeradas aeróbias são aquelas em que o oxigênio necessário em toda a lagoa é suprido, impedindo também a precipitação dos sólidos em suspensão. Nas lagoas aeradas facultativas, a quantidade introduzida de oxigênio na matéria líquida é a necessária para o processo de degradação, porém não é o suficiente para impedir a sedimentação da maior parte dos sólidos. Em função disso, os sólidos se sedimentam e passam a sofrer digestão anaeróbia no fundo da lagoa. Deste modo, nas lagoas aeradas facultativas, apresentam sempre atividade de degradação biológica em condições aeróbias e anaeróbias (CEMPRE, 2010).

Quanto às lagoas de maturação, essas são empregadas, geralmente, como o último estágio de tratamento. São lagoas predominantemente aeróbias, com profundidades de 0,8 a 1,5m. Apresentam como objetivo principal a destruição dos organismos patogênicos, promovida pela penetração dos raios solares, elevado pH e elevada concentração de oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2002).

Em alguns casos, para se alcançar a eficiência desejada no tratamento de efluentes, não se utilizam lagoas isoladas, e sim sistemas compostos por lagoas em série. A metodologia mais difundida é o sistema composto por lagoas anaeróbias, seguidas por lagoas facultativas, conhecido como sistema australiano (TELLES *et. al*, 2010).

Outro tipo de tratamento biológico utilizado para o tratamento de lixiviados em aterros sanitários é o processo de lodos ativados. Nesse processo, a síntese celular e a oxidação das substâncias orgânicas ocorrem nos reatores, contendo uma massa já estabelecida de microrganismos. O metabolismo de degradação é o aeróbio e o oxigênio dissolvido é fornecido por borbulhamento de ar ou oxigênio puro, por meio de aeradores mecânicos ou difusores (VON SPERLING, 1997).

Este processo pode ser adaptado para todos os tipos de águas residuárias. Apresenta uma remoção de DBO que pode atingir valores entre 90 a 98%. Porém, como desvantagens, apresenta custo de operação relativamente alto, em função do fornecimento de oxigênio dissolvido, geração de grande quantidade de lodo e uma baixa eficiência na remoção de cor (RITA, 2002).

Outra metodologia aplicada ao tratamento de efluentes de aterros é a recirculação da massa líquida através dos resíduos aterrados. Dentre as vantagens do método pode-se apresentar a redução do volume por evaporação, aumento das taxas de degradação anaeróbia no interior do aterro, com a conversão dos ácidos orgânicos em metano e dióxido de carbono, pois promove a distribuição, de forma uniforme, dos nutrientes e da umidade pelo aterro (SILVA, 2002).

Além de promover a redução na concentração de DQO, a recirculação também favorece a diminuição de COT (carbono orgânico total), ácidos voláteis, fosfatos, nitrogênio amoniacal e sólidos totais dissolvidos (CEMPRE, 2010).

Contudo, segundo alguns autores, o reciclo do chorume não deve ser aceito como alternativa de tratamento, em função de problemas como a possibilidade do lixiviado atingir concentrações de compostos tóxicos ao processo biológico acima de limites toleráveis, o que causa retardamento ou a interrupção da degradação do resíduo e a possibilidade de acúmulo de líquido no interior do aterro, que pode atingir o ponto de inundação, por meio do encharcamento da massa de resíduo (POHLAND, 1980 apud RITA, 2002). A tabela 2 apresenta uma análise comparativa da técnica em questão:

Tabela 2: Análise comparativa de vantagens e desvantagens da utilização de recirculação de chorume em aterros sanitários.

Recirculação	
Vantagens	Desvantagens
Redução do custo de tratamento do chorume, devido abiodegradação e as reações físico-químicas que ocorrem no aterro.	Redução do período de monitoramento após o encerramento do aterro devido à aceleração da biodegradação dos resíduos.
Redução do teor dos compostos orgânicos medidos como DBO e DQO.	Redução do período de monitoramento após o encerramento do aterro devido à

	aceleração da biodegradação dos resíduos.
Aceleração da degradação do aterro devido ao aumento da umidade no interior das células.	Aumenta no chorume o teor de compostos orgânicos recalcitrantes aos processos de biodegradação.
Aumento da quantidade e qualidade do biogás produzido.	Requer aplicação sobre áreas abertas do aterro, pois não pode ser aplicado sobre as partes impermeabilizadas.
Redução do volume de chorume a ser tratado devido à evaporação.	
Redução do período de monitoramento após o encerramento do aterro devido à aceleração da biodegradação dos resíduos.	
Fonte: GIORDANO et. al , 2011.	

5 METODOLOGIA

5.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido no aterro sanitário do município de Francisco Beltrão. O município, localizado na região do Sudoeste do Paraná, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2012 possuía uma população aproximada de 80.700 habitantes.

A economia local apresenta valor fundamental para a região, concentra diversos tipos de serviços bancários, educacionais e médicos, além de possuir diversificados e amplos estabelecimentos comerciais. No quadro industrial, destaca-se pela produção agroindustrial, têxtil e moveleira (SOUZA, 2012).

O aterro está localizado na Comunidade Rural Menino Jesus, a 11 km do centro de Francisco Beltrão, possui uma instalação total de 19,7 ha com vida útil prevista para o ano de 2030. Desta área, 5 ha encontram-se impermeabilizadas para disposição e aterramento de resíduos, 2,5 ha destinados as lagoas de tratamento do efluente líquido, aproximadamente 4 ha de área de reserva legal e o restante é utilizado para escavações e instalações de benfeitorias (Figura 2).



Figura 2: Imagem de satélite da extensão do aterro sanitário

Fonte: Modificado do Google Earth (2014).

Segundo dados do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do município, 60 toneladas de resíduos são dispostos diariamente no aterro, totalizando 1440 toneladas de resíduo ao mês (SOUZA, 2012).

Quanto à operação do aterro, diariamente, os resíduos urbanos coletados no município são dispostos na célula em operação (Figura 3), seguido do espalhamento deste material em camadas de aproximadamente 2 metros de altura. Posteriormente, a massa de sólidos é compactada e coberta com uma camada de solo (Figuras 4).



Figura 3: Célula em operação



Figura 4: Operação do aterro

O chorume produzido na massa aterrada é captado através de drenos, que encaminham o lixiviado até o sistema de lagoas. O sistema de drenos é construído sob forma de espinha de peixe, contendo dreno principal, associado a

tubulações secundárias. Nos drenos, utiliza-se pedra rachão e a membrana geotêxtil, impedindo a intrusão do solo na tubulação.

O sistema de tratamento do chorume é constituído por 5 lagoas (Figura 5).



Figura 5: Imagem de satélite da extensão das lagoas de tratamento do aterro municipal de Francisco Beltrão

As duas primeiras são anaeróbias, sendo que a primeira destina-se à contribuição do chorume das células em operação (Figura 6) e a segunda destinada ao efluente produzido das células já encerradas (Figura 7).



Figura 6: Lagoa anaeróbia das células abertas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão.



Figura 7: Lagoa anaeróbia das células fechadas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão.

A terceira lagoa trata-se de uma facultativa (Figura 8), a quarta, de uma lagoa aerada (Figura 9).



Figura 8: Lagoa facultativa do sistema de lagoas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão.



Figura 9: Lagoa aerada do sistema de lagoas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão.

A quinta e última lagoa do sistema de tratamento, trata-se de uma lagoa seca (Figura 10).



Figura 10: Lagoa seca do sistema de lagoas do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE E QUANTIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Para a caracterização do efluente e posterior determinação da eficiência do sistema de tratamento, realizaram-se coletas de amostras do efluente na entrada das duas lagoas anaeróbias e na saída do sistema, totalizando três pontos de coleta.

Os dois pontos amostrais de efluente bruto se justificam por serem contribuições diferenciadas, uma advinda das células fechadas do aterro e outra contribuição das células ainda em operação. O terceiro ponto de amostragem, referente ao efluente tratado, foi situado na saída da lagoa aerada (Figura 11).

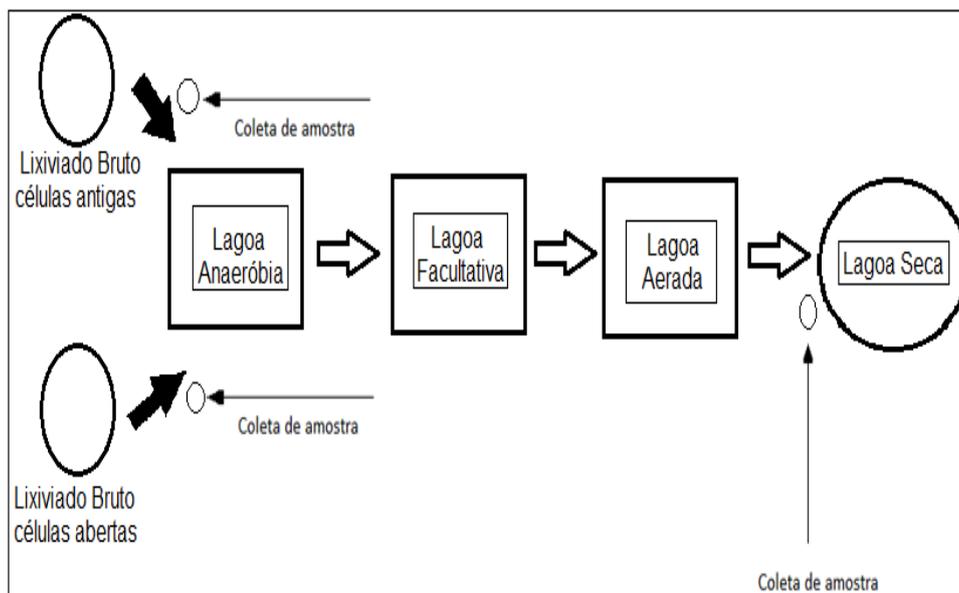


Figura 11: Representação dos pontos de coleta.

Fonte: Autoria própria.

As amostras foram avaliadas quanto aos parâmetros DBO, DQO, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, fósforo total, pH e sólidos sedimentáveis. As análises foram realizadas segundo a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998), no Laboratório de Análises de Efluentes LAQUA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

As amostras foram armazenadas em garrafas de politereftalato de etileno (PET), previamente lavadas com solução de ácido clorídrico, de concentração de 50% (HCl 1:1), acondicionadas em caixa de isopor e devidamente refrigeradas para se realizar o transporte até os laboratórios de análises.

A avaliação do desempenho do sistema de tratamento foi estruturada calculando-se as eficiências de remoção para cada parâmetro analisado, exceto pH, utilizando-se a equação de eficiência geral (Equação 1) (VON SPERLING, 2002).

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde,

E= Eficiência de remoção (%);

C_o= valor do parâmetro no efluente bruto;

C_e= valor do parâmetro no efluente tratado.

Com as eficiências obtidas, comparou-se os resultados com limites exigidos na Resolução CEMA nº 086, de 2013; na Resolução Conjunta SEMA/IAP/SUDERHSA nº 01 e com a Resolução CONAMA 430, de 2011, que normatizam o lançamento de efluentes no meio ambiente.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do efluente

As médias dos resultados obtidos das análises a partir das três coletas de cada tipo de efluente estão representados no quadro 2.

Quadro 2: Caracterização dos efluentes

Parâmetros	Efluente das células encerradas	Efluente das células em operação	Efluente Tratado
pH	9,11	8,77	8,81
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO _{5dias}	381,67 mg/L	617,00 mg/LO	134,33 mg/L
Demanda Química de Oxigênio – DQO	685,33mg/L	1116,00 mg/L	249,67 mg/L
Nitrogênio Total	267,00 mg/L	298,30 mg/L	5,67 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	234,00 mg/L	253,17mg/L	43,37 mg/L
Fósforo	72,67 mg/L	56,66mg/L	64,66 mg/L
Sólidos sedimentáveis	<0,5mL/L	<0,5mL/L	<0,5 mL/L

Os valores de pH do efluente, bruto e tratado, mantiveram-se em uma faixa elevada, com caráter alcalino. O pH mais baixo, de 8,81, foi obtido no efluente tratado, enquanto que os valores mais elevados foram observados no efluente oriundo das células já encerradas, o que pode ser justificado por uma fase adiantada de degradação anaeróbia, fase metanogênica, onde o pH se eleva devido ao consumo dos ácidos acetogênicos e o chorume reduz a DBO e acúmulo de ácidos húmicos e fúlvicos (CEMPRE, 2010).

No momento da realização das coletas, próximo a região das lagoas não foi identificado mau cheiro excessivo, comum em lagoas anaeróbias em funcionamento. Segundo Von Sperling (2002), quando o sistema encontra-se equilibrado, a

ocorrência de mau cheiro diminui, pois a liberação de gás sulfídrico (H_2S) (responsável pela liberação de odores fétidos) diminui.

Da mesma forma, se o pH encontra-se próximo a faixa de neutralidade, a maior parte dos sulfetos encontrar-se-ão na forma do íon bissulfeto (HS^-), que não produz odores (VON SPERLING, 2005).

A média do pH de lançamento ao meio que ficou em torno de 8,7, apresentado na quadro 3, encontra-se dentro dos máximos limites permitidos de ambas as Resoluções, CEMA nº 86 e CONAMA nº 430, que é de 5 a 9.

Em relação a quantidade de nitrogênio amoniacal do efluente tratado, o efluente esta sendo disposto no meio com em média 43 mg/L NH_3 , como descreve o quadro 2, não apresentando conformidade com a Resolução CEMA nº 86, onde o limite máximo permitido é de 20 mg/L NH_3 .

Os resultados de DBO, DQO e nitrogênio amoniacal apresentaram um decréscimo de valores na análise do efluente oriundos das células já encerradas (Quadro 2). Isso mostra que esses parâmetros tendem a decrescer com o aumento da idade da célula.

Segundo Ferreira (2006), quando o lixiviado de um aterro possui uma relação $DBO_{5\text{dias}}/DQO$ variando de 0,3 a 0,6, este trata-se de um lixiviado biodegradável, característico de aterros jovens. Ao analisar as taxas de biodegradabilidade (Quadro 3), nota-se que os efluentes dos três pontos do aterro estão na faixa apresentada. Isso demonstra que, mesmo o efluente das células antigas, enquadra-se como um efluente biodegradável, passível de tratamento por mecanismos biológicos, como o tratamento empregado no aterro.

Quadro 3: Taxa de biodegradabilidade $DBO_{5\text{dias}}/DQO$

Efluentes	Relação $DBO_{5\text{dias}}/DQO$
Efluente Das Células antigas	0,56
Efluente Das Células novas	0,55
Efluente Tratado	0,54

Análise de eficiência do sistema de tratamento

Antes de dar início as discussões pertinentes aos resultados obtidos nas análises, vale ressaltar que perante a Resolução Conjunta SEMA/IAP/SUDERHSA nº 01 de 2006, o aterro sanitário de Francisco Beltrão encontra-se em situação ilegal de funcionamento em relação ao sistema de tratamento de lixiviados. O sistema não realiza a recirculação sobre sua massa de resíduos, que é a condição exigida pela presente resolução.

O objetivo do tratamento biológico nos aterros sanitários é mineralizar os constituintes orgânicos, com remoção eficiente de inúmeros parâmetros, possuindo uma atenção especial para a DBO, DQO e nitrogênio amoniacal (LINS, et. al, 2005).

Na literatura relacionada ao tratamento de efluentes, existem valores médios de remoção de DBO para lagoas anaeróbias e facultativas. Segundo Telles et al, (2010), devido a ocorrência distinta de processos biológicos nas lagoas facultativas, a remoção de DBO pode chegar a 90%. Já em relação a remoção de DBO nas lagoas anaeróbias, Von Sperling (1996) cita que a remoção através do tratamento anaeróbio pode chegar a 60%. A média de remoção de DBO obtida no sistema de tratamento foi de 71,06 % (Quadro 4), desta forma, analisando as eficiência que cada lagoa poderia contribuir para o efetivo tratamento, pode-se concluir que nenhuma lagoa esta em funcionamento com sua eficiência total.

Quadro 4:Relação das médias de eficiência de remoção dos parâmetros utilizados nas análises.

Parâmetros	Remoção (%)
pH	-
Demanda Química de Oxigênio – DQO	70,26
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO ₅ dias	71,06
Nitrogênio Total	28,67
Nitrogênio Amoniacal	57,58
Fósforo	23,54
Sólidos sedimentáveis	-

Contudo, segundo a Resolução CEMA nº 86, de abril de 2013 (Quadro 5), o sistema não apresenta eficaz funcionamento, esta exige que se obtenha no mínimo 80% de remoção durante o tratamento de DQO e DBO respectivamente e o lixiviado tratado possui uma remoção de aproximadamente 70% de DBO e DQO (Quadro 4).

Quadro 5: Comparativo de limites máximos permitidos entre as Resoluções da CEMA nº 86 e CONAMA nº 430.

Parâmetro	Limite máximo permitido para: Resolução CEMA nº 86	Limite máximo permitido: CONAMA nº 430
pH	Entre 5 – 9	Entre 5 - 9
DBO	80% de redução do valor de entrada	Remoção mínima de 60%
DQO	80% de redução do valor de entrada	-
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L	20,0 mg/L

No entanto, ao confrontar os resultados com a Resolução nº 430 de maio de 2011, considerando o parâmetro de DBO, o sistema trabalha de maneira eficaz, pois o limite máximo exigido pela presente resolução é de 60% de remoção de ambos os parâmetros (Quadro 5).

Nas legislações vigentes relativas aos padrões de lançamento de efluentes, os limites máximos de disposição ou eficiência de remoção dos parâmetros fósforo, sólidos sedimentáveis e nitrogênio total não encontram-se estabelecidos.

A remoção do fósforo nos efluentes, conforme cita Von Sperling (2002), somente ocorre em lagoas de estabilização de duas formas: através da retirada de algas que possuem fósforo em sua constituição, ou através da precipitação de fosfatos em condições de pH a cima de 9. Na primeira análise o fósforo apresentou uma eficiência de remoção de 70,63%, isso pode ser explicado pelos valores apresentados de pH, que variou de 8,71-9 .

O efluente apresentou uma alta remoção de nitrogênio amoniacal e baixa remoção de nitrogênio total (Quadro 4), conclui-se assim, que o nitrogênio existente

foi convertido com o processo de decomposição da matéria orgânica acumulada no efluente.

Contudo, conforme apresentado já anteriormente, a eficiência de remoção do nitrogênio total, não foi o suficiente para ocorrer o atendimento às Resoluções do CONAMA e CEMA.

Vale ressaltar que as respectivas leis referem-se a padrões de lançamento em corpos hídricos, o que não é o caso do sistema de tratamento utilizado que dispõe o efluente tratado em uma lagoa seca para a efetiva infiltração no solo.

Os sólidos sedimentáveis não apresentaram mudança de comportamento com o sistema de tratamento utilizado. Resultados iguais foram obtidos em todas as análises.

Outro dado pertinente ao assunto é a questão da frequência de coleta de amostras para realização de boletins informativos sobre a constituição do lixiviado. Segundo a Resolução CEMA nº 86 de abril de 2013, aterros sanitários que recebam mais de 50 ton/resíduo/dia, devem realizar análises básicas bimestrais e análises completas quadrimestralmente. Situação essa que não vem sendo executada no aterro de estudo.

7 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através da caracterização dos efluentes do aterro sanitário do município de Francisco Beltrão demonstraram que o sistema realiza a remoção da maioria dos parâmetros analisados.

Para a Resolução CONAMA nº 430, o sistema trabalha de forma eficiente, atingindo o limite estabelecido de eficiência de remoção do parâmetro de DBO.

Contudo, perante a Resolução CEMA nº 86 o sistema não apresentou eficaz funcionamento em relação a eficiência de remoção de DQO e DBO estabelecido pela respectiva lei, e por se tratar de uma resolução estadual, esta deveria ser seguida.

Para a Resolução Conjunta SEMA/IAP/SUDERHSA nº 01 de 2006, o aterro sanitário também encontra-se em situação ilegal de funcionamento em relação ao sistema de tratamento de lixiviados, pois o mesmo não realiza 100% de recirculação sobre sua massa de resíduos.

Os dados obtidos com a pesquisa realizada possuem elevado grau de importância para a prefeitura local, por alertá-los da real situação de funcionamento do sistema de tratamento utilizado. Os resultados obtidos nos demonstraram que o sistema não atende as resoluções estaduais respectivas aos padrões de lançamento, situação essa que deve servir de alerta a administração pública para que realize as modificações necessárias.

8 SUGESTÕES FUTURAS

De forma a vir contribuir com a futura eficiência do sistema de tratamento utilizado no aterro sanitário estudado, sugere-se a utilização da inserção de macrófitas aquáticas removedoras de nutrientes nas lagoas de tratamento. Essa técnica sugerida, apresenta uma remoção eficiente de nutrientes como Nitrogênio e Fósforo, já que não apresentaram considerável remoção com o tratamento utilizado.

Além de se destacar por sua eficiência, a implantação desse tipo de plantas não necessita altos investimentos, e nem de uma mão-de-obra muito elevada, o que facilitaria o emprego do procedimento no sistema em questão.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**: apresentação de projetos de aterro sanitário. Rio de Janeiro, 1983.

BAHIA. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia. Companhia do desenvolvimento urbano – CONDER. **Manual de operação de aterros sanitários**. Bahia, 2000. 28 p.

BAIRD, Colin. **Química ambiental**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007**. Institui a Política Nacional de Saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 14 jun. 2013.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui A Política Nacional De Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

CEMPRE. **Manual de gerenciamento integrado**. 3 ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.

CASTILHOS, Armando Borges, et al. **Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário em Sistema de Lagoas**. In. GOMES, L. P. (Coord.) **Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as condições Brasileiras**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Cap5, p. 141-171.

FERREIRA, M. A. S. **Aplicação de modelos de avaliação qualitativa e quantitativa dos percolados gerados em um aterro sanitário**. 2006. 212p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

GIORDANO, Gandhi *et. al.* **Coletânea em saneamento ambiental: série temática tecnologias ambientais**. 1 ed. Universidade do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

GOMES, Paula Luciana **Resíduos Sólidos: Estudos de caracterização de tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras**. PROSAB, Ed. 1, Rio de Janeiro, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE**. de 2008. Disponível em: <
<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>>
Acesso em: out. 2013.

LANGE, Liséte Celina; AMARAL, Mírian Cristina S. **Geração e característica do lixiviado**. In. **GOMES, L. P. (Coord.) Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições Brasileiras**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Cap2, p. 26-59.

LANGE, Liséte Celina, et al. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água**. In. **GOMES, L. P. (Coord.) Prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Cap4, p. 109-209.

LINS, Eduardo Antonio Maia, et al. **Monitoramento de lagoas de estabilização do tratamento de chorume: aterro de Muribeca**. Pernambuco. 2005. Disponível em: <
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-237.pdf>> Acesso em: fev. de 2014.

MAGALHÃES, Débora N. **Elementos para o diagnóstico e Gerenciamento dos resíduos sólidos Urbanos do município de dores de Campos – MG**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso do Curso de Especialização em Análise Ambiental), Universidade Federal De Juiz De Fora. Juiz de Fora, 2008.

MARTINS, Cláudia. Lavina. et al. **Desempenho de sistema de tratamento de lixiviado de aterro sanitário com recirculação do efluente.** Revista **EngSanitAmbient**v.15, n.4, p. 401-410, out/dez 2010.

MELO, Josette Lourdes S. et al. **Avaliação da remoção de nitrogênio orgânico e amoniacal em amostras de esgoto doméstico submetido a pós-tratamento em tabuleiros irrigados.** Natal: RN. 1998 Disponível em: <<http://www.quimlab.com.br/PDFA/Processo%20%20de%20remo%E7%E3o%20%20de%20nitrog%EAnio%20org%E2nico%20e%20amoniacaal.pdf>> Acesso em 18 de fev. de 2014.

MONTEIRO, José Henrique P.et al.**Manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NAKAMURA, Cláudia Yukie. **Estudo de um sistema de lagoas de estabilização no tratamento do lixiviado e da água subterrânea no entorno de aterros sanitários em Minas Gerais.** 145 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2012.

PARANÁ. **Lei nº 12493, de 22 de janeiro de 1999.** Institui a lei de resíduos do estado do Paraná. Disponível em: <<http://www.lixo.com.br/documentos/leiparana.pdf>>. Acesso em: 04 de agos. De 2013.

PARANÁ. **Resolução conjunta nº 01/2006 – sema/iap/suderhsa, Curitiba, 21 de agosto de 2006.** Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_SUDERSHA_01_2006.pdf. > Acesso em: 06 de agos. de 2013.

PARANÁ. **Resolução CEMA nº 086, de 02 de abril de 2013.**Disponível em: http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/CERH__RESOLUCOES/resolucao_86_aprovacao_pacto.pdf> Acesso em: 29 de jan. de 2014.

PEREIRA, Suellen Silva. **A problemática dos resíduos sólidos urbanos e os instrumentos de gestão do meio ambiente na cidade de Campina Grande/PB.** In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XIV, n. 93, out 2011.

SILVA, Norma L. **Aterro sanitário para resíduos sólidos urbanos - rsu- matriz para seleção da área de implantação.** Dissertação (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil). Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana. 2011.

SCHALCH, Valdir et al. Curso sobre gerenciamento de resíduos sólidos. 2002.

SILVA, Alessandra Cristina. **Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado.** Dissertação (Mestrado em engenharia civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002.

SILVA, Fernanda Barbosa. **Tratamento combinado de lixiviados de aterros sanitários.** Dissertação (Mestrado em tecnologia dos processos químicos e bioquímicos) Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.

SPERLING, Marcos V. **Lodos ativados.** Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

SPERLING, Marcos V. **Lagoas de estabilização.** Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

SPERLING, Marcos V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.** 2 ed. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SOUZA, Fernando, et al. **Plano de Gerenciamento integrado de resíduos sólidos do município de Francisco Beltrão – PGIRSM.** Francisco Beltrão, 2012.

TELLES, Dirceu D. et al. **Reuso da água: conceitos e práticas**. 2 ed. rev., atual. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 2010.

WAGNER, Diego, et al. **FORA DE CONTROLE: UMA SOCIEDADE VICIADA EM CRESCIMENTO**. Blumenau, SC. 2011