



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Mariana Alves da Rocha Parente

## CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO LIXIVIADO DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS-TO

Palmas – TO

2017

Mariana Alves da Rocha Parente

CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  
DO LIXIVIADO DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em Engenharia  
Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

Palmas – TO  
2017

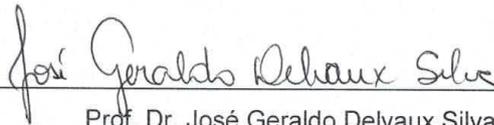
Mariana Alves da Rocha Parente  
CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  
DO LIXIVIADO DO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil pelo Centro Universitário  
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

Aprovado em: 19 / 05 / 2017

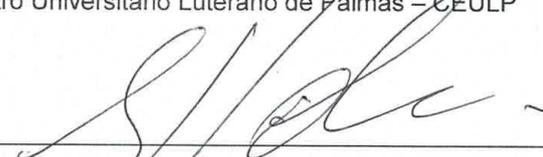
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.Sc. Joaquim José de Carvalho

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2017

Gostaria de dedicar essa conquista aos meus pais e minha irmã, que me deram a oportunidade de ingressar nesta faculdade e coragem para que pudesse enfrentar todas as dificuldades durante esses cinco anos, e a Deus. Que pela minha fé Nele me deu forças para que concluísse e não desistisse de mais uma etapa da minha caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Não seria possível chegar aonde cheguei sem as bênçãos de Deus. Ele que nos move, nos dá forças para levantar quando o desânimo se faz presente, que nos acolhe mediante tantas dificuldades e fracassos. Percebo quanto sou amparada por Ti, quando olho para trás e por inúmeras vezes pensei em desistir, e por várias vezes sussurrou pra mim: “Eu não perdi o controle da tua vida, está tudo no meu tempo. Não há nada atrasado. Aquietai-vos e sabeis que Eu sou Deus.” (Salmo 46:10).

Agradeço os meus pais, Geovane Martins Parente e Irani Alves da Rocha Parente, que um dia sonharam comigo, me amaram antes mesmo que eu existisse, acompanharam meu crescimento, trabalharam dobrado, sacrificando seus sonhos em favor dos meus. Que me fizeram vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade. Tudo que tenho feito é receber, então hoje lhes ofereço essa vitória.

Não poderia deixar de agradecer ao meu professor e orientador Dr. José Geraldo. E a todos que fizeram parte da minha vida acadêmica e torceram pela conclusão do meu curso, deixo aqui o meu muito obrigada.

## RESUMO

PARENTE, Mariana Alves da Rocha. **Avaliar os parâmetros físicos, químicos e biológicos do lixiviado no aterro sanitário de Palmas-TO**. 2017. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

O presente trabalho discute o aumento acelerado na geração de resíduos sólidos urbanos que traz consequências ao meio ambiente e à qualidade de vida da população. Para garantir uma proteção ao meio ambiente mais eficiente, as cidades se preparam com aterros sanitários. Onde é uma forma de deposição final de resíduos sólidos gerados pela atividade humana. Através do lixo, é gerado um percolato que é tratado por lagoas de estabilização.

Portanto, este trabalho consiste em avaliar os parâmetros físicos, químicos e biológicos para determinar se essa água residuária pode ser reutilizada para outros fins e por fim avaliar possíveis impactos decorrentes de um tratamento ineficiente de resíduos. E mostra que há uma ineficiência quanto a este tratamento. Uma má disposição de resíduos sólidos urbanos pode acarretar sérias consequências à saúde pública e ao meio ambiente, como a poluição das águas, do solo e do ar, etc.

Palavras-chave: Lixiviado. Aterro Sanitário.

## **ABSTRACT**

PARENTE, Mariana Alves da Rocha. **To evaluate the physical, chemical and biological parameters of the leachate at the Palmas-TO landfill.** 2017. 48 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2017.

The present work discusses the accelerated increase in the generation of solid urban waste that brings consequences to the environment and the quality of life of the population. To ensure a more efficient protection of the environment, cities prepare themselves with landfills. Where is a form of final deposition of solid waste generated by human activity. Through the garbage, a percolato is generated that is treated by stabilization ponds.

Therefore, this work consists of evaluating the physical, chemical and biological parameters to determine if this wastewater can be reused for other purposes and finally to evaluate possible impacts resulting from an inefficient waste treatment. And it shows that there is an inefficiency about this treatment. Poor disposal of municipal solid waste can have serious consequences for public health and the environment, such as pollution of water, soil and air, etc.

Keywords: Leachate. Landfill Sanitary.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização do aterro sanitário de Palmas-TO.....	29
<b>Figura 2:</b> Barreira verde.....	40
<b>Figura 3:</b> Impermeabilização.....	41
<b>Figura 4:</b> Lagoas de estabilização.....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01-</b> Destino Final Dos Resíduos Sólidos, Por Unidades De Destino Dos Resíduos.....	18
<b>Tabela 2 -</b> Composição Típica de Lixiviado de Aterros Jovens e Velhos.....	30
<b>Tabela3-</b> Característica mais provável do lixiviado de aterros brasileiros.....	31
<b>Tabela 4-</b> Protocolo de Pesquisa.....	33
<b>Tabela 5-</b> Resultados obtidos a partir da coleta.....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
P-TOTAL	Fósforo Total
pH	Potencial Hidrogeniônico
ST	Sólidos Totais
STV	Sólidos Totais Voláteis
STF	Sólidos Totais Fixos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 Problema de Pesquisa .....	13
1.2 Hipótese .....	13
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	14
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	14
1.4 Justificativa.....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS .....	16
2.1.1 <i>Classificação de resíduos sólidos</i> .....	16
2.2 DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .....	17
2.2.1 <i>Lixão</i> .....	19
2.2.2 <i>ATERRO CONTROLADO</i> .....	19
2.2.3 <i>Aterro Sanitário</i> .....	20
2.3 CONTROLE AMBIENTAL DO ATERRO SANITÁRIO.....	20
2.3.1 <i>Lixiviado</i> .....	20
2.3.2 <i>Drenagem do Lixiviado</i> .....	22
2.3.3 <i>Sistema De Drenagem De Águas Pluviais</i> .....	22
2.3.4 <i>Cinturão Verde</i> .....	23
2.4 POLUIÇÃO AMBIENTAL .....	23
2.4.1 <i>Poluição Do Solo</i> .....	24
2.4.2 <i>Poluição da Água</i> .....	24
2.5 IMPACTO AMBIENTAL .....	25
2.5.1 <i>Índice Da Qualidade Da Água (IQA)</i> .....	26
2.5.2 <i>Monitoramento De Águas Subterrâneas e de Mananciais</i> .....	27
2.5.3 <i>Emissão De Biogás</i> .....	28
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO ATERRO SANITÁRIO .....	28
3.2 MÉTODO DE ESTUDO.....	29
3.3 ESTUDO E ANÁLISE DE DADOS .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>
---------------------	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas ligadas à produção e ao consumo dos mais diversos materiais têm promovido um crescente acúmulo de resíduos e gerado mazelas ao planeta, pois dá um destino correto aos bilhões de toneladas de lixo gerados anualmente é um problema cada vez mais complexo, no qual são gerados detritos e muitos de difícil decomposição.

O mau condicionamento de resíduos sólidos gera consequências à saúde pública e ao meio ambiente, incluindo assim contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido ao lixiviado produzido na decomposição dos resíduos sólidos. O meio mais cabível seria a conscientização das pessoas a pratica da política dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), mas enquanto há o consumo exacerbado a melhor forma é destina-los ao aterro sanitário.

Segundo a NBR 8419/1992 (1992, p.1), define aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos da seguinte forma:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Portanto o aterro sanitário evita concepções negativas do destino final do lixo, ou seja, surgimento de doenças, contaminação do lençol freático, proliferação de ratos, moscas, mau cheiro.

Quanto aos estudos de abordados para na fase de degradação e caracterização do lixiviado no aterro sanitário é bastante abrangente e se apresentam em adiantadas fases de consolidação. Por outro lado é carente de informações mais aprofundadas para o sistema de tratamento do percolado, pouco se encontra sobre avaliações de seu desempenho na remoção de poluentes, por conta da falta de monitoramento sistemático em aterros.

Para a legislação de lixiviados, sua inadequação é oriunda pela falta de estudos sobre o mesmo e seu tratamento, com isso uma atuação e fiscalização juntamente

com incentivos a pesquisas, diminuiriam a problemática da poluição causada por aterros sanitários.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O lixiviado oriundo do aterro sanitário pode ser tratado e reaproveitado como uma forma de minimizar o consumo de água de melhor qualidade?

Hoje em decorrência do déficit hídrico em diversas regiões do mundo, surge como uma oportunidade o reaproveitamento de diversas águas residuárias, sem que ocorra a contaminação do homem, do solo e da planta.

Bem como acontece no aterro sanitário, pois esta água que pode ser reutilizada é proveniente do lixiviado. Portanto prever a composição química destes efluentes é uma tarefa difícil devido aos grandes números de parâmetros que também variam com as condições climáticas. Mas quanto maior o conhecimento da composição do líquido gerado e a determinação das características físicas, químicas e biológicas melhor será a forma de destinação final, principalmente de como reaproveitar essa água.

## 1.2 HIPÓTESE

O lixiviado oriundo do aterro sanitário pode ser tratado e reaproveitado como uma forma de minimizar o consumo de água de melhor qualidade. Essa água poderá ser reutilizada para diversos fins, desde que seja conhecido o desempenho das lagoas de estabilização no processo de tratamento desse efluente.

Contudo conhecendo os fatores e as condições envolvidas na produção deste líquido consegue-se facilmente ter um monitoramento e controle, pois os maiores impactos ocorrem quando a água que passa através dos resíduos acumula vários contaminantes. Podendo entrar em contato com as águas subterrâneas e degradando assim a qualidade da mesma.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade do lixiviado nas lagoas de estabilização do aterro sanitário de Palmas, através das diversas análises físicas, químicas e biológicas.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar o tratamento do lixiviado que ocorrem nas lagoas de estabilização;
- Mensurar os principais impactos ambientais que são minimizados em municípios que disponibilizam de aterro sanitário;
- Avaliar os possíveis reusos do lixiviado originado do aterro sanitário.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Sabe-se que o aterro é a melhor forma de destinar os resíduos, mas tem por inconveniência à geração do lixiviado. Este que por sua vez, é proveniente de três fontes principais: água que sobra do processo de decomposição, líquido proveniente de materiais orgânicos e a umidade natural dos resíduos. Sabendo-se do grande risco que esse líquido pode trazer aos solos e a água, a melhor forma de não afetar essas principais matérias primas é tratando, e a alternativa mais viável destes efluentes são as lagoas de estabilização.

Apesar de muitas técnicas abordadas em estudo para o tratamento desses líquido a lagoa de estabilização mostra uma solução com reduzidos custos de implantação, manutenção e operação. E também é de fundamental importância conhecer os aspectos físicos, químicos e biológicos que os caracteriza e apresentar grande variabilidade e quantidade gerada, compostos orgânicos e substâncias tóxicas.

Contudo tratando esse efluente da maneira mais cabível, evita-se o surgimento de doenças e proliferação de ratos e moscas. Sendo assim a implantação de um sistema de tratamento do lixiviado é essencial, a fim de minimizar esse impacto que ele pode trazer ao meio ambiente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo Pichat (1995), a definição de resíduo surgiu no século XIV, é a tradução a se diminuir o valor de uma matéria ou um objeto até torna-la sem mais possível o uso. Que por sua vez não pode ser dispensado no meio ambiente sem criar poluição, alterar o meio ambiente ou trazer consequências graves para à biosfera.

Os resíduos sólidos diferenciam-se do lixo, pois este último, são objetos ou materiais que não possuem qualquer tipo de valor ou utilidade, não tem nenhuma significância econômica, já o resíduo sólido possui valor econômico agregado por possibilitar o reaproveitamento no próprio processo produtivo (DIAS; FILHO,2005)

Resíduos Sólidos são resíduos que se apresentam no estados sólidos e semi-sólido, que resultem das atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, ou de serviços (ABNT, 2004).

#### 2.1.1 Classificação de resíduos sólidos

A classificação dos resíduos sólidos foi aprovada com a publicação da lei federal nº 12.305, que instituiu Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), no Art. 13, incisos I e II, especifica a classificação quanto à origem em 11 (onze) categorias, e quanto à periculosidade, de acordo (BRASIL, 2010):

I - quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências Urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea "a".

## 2.2 DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Sabe-se que a disposição inadequada dos resíduos sólidos está gerando um grande impacto ambiental, e é um dos grandes problemas que a sociedade vem enfrentando. O consumo exacerbado, e geralmente supérfluo, vem trazendo consequências não muito boas ao ser humano, por falta do mau condicionamento dos resíduos sólidos urbanos, industriais, domésticos e hospitalares.

De acordo com a NBR 10004/2004, define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aquelas gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tomem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

E segundo também a NBR 10004/2004 estes resíduos podem ser classificados quanto à identificação ou atividades que lhes deu origem, para então definir qual será a melhor forma de disposição final destes resíduos.

Ainda conforme a NBR 10004/2004 os resíduos sólidos são classificados de acordo com a sua periculosidade. Os resíduos de classe I são classificados como

perigosos, por apresentarem em sua função física, química riscos à saúde pública ou ao meio ambiente quando apresentado de forma inadequada.

Os resíduos de classe II são denominados por serem não perigosos, são os resíduos de restaurante, sucatas sendo elas de metais ferrosos ou não, papelão e papel, plástico polimerizado, borracha, madeira, materiais têxteis, resíduos de minerais não metálicos, e dentre outros que não oferecem riscos.

Já os resíduos de classe IIA, são inertes, onde se caracteriza por apresentar funções de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, tendo também características de lixo domiciliar.

E por fim os resíduos de classe IIB, que são inertes, por mesmo mantendo contato com a água permanece potável, pelo fato de sua degradação ser de maneira lenta e a maior parte não reciclável. Pode-se citar como exemplo de resíduos inertes a pedra e areia de escavações, entulhos de demolições.

Quanto à disposição final dos resíduos, o IBGE revela, conforme a PNSB (2008)- pesquisa nacional de saneamento básico- que os lixões representam 50,8% da disposição final dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros. Isso mostra que a uma ineficiência quanto à gestão de cada município e conhecer um pouco mais para que seja transmitido a sociedade, e que haja uma conscientização da população na redução do consumo e aplicando a política dos 3r's.

**TABELA 01-** Destino Final Dos Resíduos Sólidos, Por Unidades De Destino Dos Resíduos.

Ano	Destino final dos resíduos sólidos, por unidades de destino dos resíduos (%)		
	Lixão	Aterro Controlado	Aterro Sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 1989/2008.

### **2.2.1 Lixão**

O lixão é também uma forma de armazenamento dos resíduos sólidos, porém, da pior forma de se descartar os resíduos, pois são jogados diretamente no solo, a céu aberto. Com isso vai gerando mazelas ambientais, que vão poluindo o solo, a água, o ar e trazendo junto problemas à saúde pública, contaminando a população, por vetores como ratos, baratas, moscas e podendo também acontecer de chegar uma água de má qualidade nas residências por contaminação dos lençóis freáticos.

Segundo Rocha (2015, p.21 apud GONÇALVES, 2013) define lixão como um local onde são depositados os resíduos sólidos gerados pela população, sem haver um controle ambiental, com isso o solo e o lençol freático sofrem diretamente com os impactos que chorume causa, quando não é devidamente tratado.

Contudo o lixão é um nome dado à disposição final inadequada dos resíduos, são atos provocados pela sociedade e até mesmo gestores municipais. Onde traz vários fatores prejudiciais como a proliferação de animais, mau odor, contaminação de águas subterrâneas entre outros (ROCHA, 2015, p.21 apud MACHADO, 2009).

### **2.2.2 ATERRO CONTROLADO**

De acordo com a NBR 8849/1985 o aterro controlado é:

É uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

O aterro controlado é uma forma errônea que se tem de achar que está resolvendo os problemas ambientais causados pelos lixões. Onde na verdade o que é feito é cobrir o lixo com um grande volume de massa de terra, mas sem que haja uma cautela com o solo e a água, pois não é feita uma impermeabilização para que estes não sejam afetados e não há um sistema de tratamento do percolado ou de extração e queima controlada dos gases gerados. E conseqüentemente não deixa de trazer danos à população com a proliferação de animais e contaminação do lençol

freático e dos solos. Portanto este aterro é preferível ao lixão, mas apresenta qualidades inferiores quanto ao aterro sanitário.

### **2.2.3 Aterro Sanitário**

O aterro sanitário é a melhor forma de disposição final dos resíduos sólidos, pois permite uma disposição correta e tem uma grande capacidade de recepção destes resíduos. E tem vantagens por reduzir os riscos de poluição ambiental e mostrar melhores soluções, pois evita a transmissão de doenças, evitando a contaminação dos lençóis freáticos, do solo e do ar.

Segundo Rocha (2015, p. 20 apud Fundação Estadual do Meio Ambiente-FEAM, 2005) o aterro sanitário apesar de ser uma técnica simples de destinação final exige cuidados especiais que vão desde a escolha até o seu monitoramento. Onde apesar do aterro ter uma vida útil entorno de dez anos, o seu monitoramento deve acontecer mesmo após o seu encerramento por no mínimo uns dez anos.

E tem como partes constituintes a camada de impermeabilização, drenagem e escoamento das águas superficiais, sistema de drenagem do chorume, sistema de tratamento do chorume pelas lagoas de estabilização e sistema de drenagem dos gases. Portanto todas essas técnicas permitem um confinamento seguro dos resíduos, evitando danos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais.

## **2.3 CONTROLE AMBIENTAL DO ATERRO SANITÁRIO**

### **2.3.1 Lixiviado**

O lixiviado é um líquido escuro, com odor desagradável, contendo alto índice de carga orgânica e inorgânica, onde essas características dependem do tipo de resíduos a serem depositados no aterro e do manuseio do processo de decomposição que ocorrem no interior das células. E o impacto que ele pode causar ao meio ambiente é bastante acentuado, principalmente no lençol freático e nos solos.

De acordo com Silva (2007, p. 6 apud MELO, 2000) é importante poder conhecer a produção deste efluente para o dimensionamento e avaliação do sistema de coleta e tratamento destes no aterro sanitário. Evitando assim impactos negativos ao meio ambiente e também à saúde pública.

Silva (2007, p.6 apud ROCHA et al., 2005) afirma que a determinação das características físico-químicas e a biodegradabilidade do lixiviado são etapas fundamentais na decisão técnico-econômica, em uma gestão integrando os resíduos e os seus subprodutos gerados.

Selecionar e projetar um sistema de tratamento para o chorume não é tão simples. Porém são levados em consideração para esta tarefa as características do efluente, alternativas de descarga e tecnológicas disponíveis na região, custos e os padrões para emissões do lixiviado (SILVA, 2007, p.8 apud QASIM; CHIANGE, 1994).

Lima (2009, p.17 apud LINS *et al.*, 2005; ROCHA *et al.*, 2005) conclui que alguns trabalhos uma grande relação do regime pluviométricos com o volume de lixiviados gerados no aterros sanitário. Onde ocorrendo uma precipitação na escassez pode não ocorrer uma aumento um aumento da vazão. Por outro lado durante o período chuvoso nota-se um aumento da vazão que é quase simultâneo à precipitação, trazendo assim como consequências a variação do tempo de detenção de sistemas que utilizam de lagoas no tratamento do percolado; mudanças nos valores de pH, temperatura e oxigênio dissolvido; dificuldades no desenvolvimento de bactérias endêmicas e entre outras.

E conclui-se assim que um estudo minucioso das características hídricas da região onde se localiza o aterro sanitário é de importância para caracterização do volume gerado do líquido, minimizando assim problemas futuros sujeitos ao sistema de tratamento, principalmente os que utilizam de lagoas de estabilização.

O chorume gerado durante o tempo em que o aterro estiver ativo é influenciado por diversos fatores, sendo eles, climatológicos e correlatos, precipitação anual, escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração e temperatura, as características que compõem os resíduos sólidos e as características de permeabilidade, densidade e teor de umidade do aterro (SANTOS, 2016, p.21 apud ALVES et al., 2000).

As concentrações de matéria orgânica presentes no aterro sanitário são medidas como DQO (demanda química de oxigênio), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), COT (carbono orgânico total) e AGV (ácidos graxos voláteis) e também por quantidades de substâncias inorgânicas, como metais pesados, variação do pH. Com isso o chorume pode ser considerado como uma água residuária industrial por conter altos índices de metais e outros compostos, lembrando que a sua composição muda

de acordo com o aterro, em função da qualidade e características dos resíduos sólidos apresentados (SANTOS, 2016, p.22 apud TORRES et al., 1997).

### **2.3.2 Drenagem do Lixiviado**

O sistema de drenagem do efluente tem como objetivo coletar e encaminhar, para estação de tratamento, os líquidos percolados, evitando assim impactos nos corpos hídricos superficiais por causa da sua alta carga poluidoras existentes. No entanto esse sistema é fundamental para uma eficiência do aterro.

E esse sistema se baseia na execução de drenos horizontais, que são construídos em cada célula, onde coleta o lixiviado e os gases também. Esses drenos se interligam com os drenos verticais do gás, levando o lixiviado até a base do aterro. Portanto deve-se coletar o líquido percolado, reduzindo suas pressões sobre as massas de lixo, minimizando-se o potencial de migração para o subsolo.

### **2.3.3 Sistema De Drenagem De Águas Pluviais**

Durante o processo construtivo do aterro a água pode atrapalhar na fase de compactação, impossibilitar a cobertura dos resíduos e pode acontecer na fase de encerramento do aterro uma erosão na sua estrutura. No entanto a função deste sistema de acordo com Nogueira et al (2011, p.22 e 23) é recolher e desviar as águas da bacia de contribuição para fora do aterro sanitário, reduzindo assim o volume de percolado gerado e permitindo uma segurança contra possíveis erosões e deteriorações nos taludes.

Ainda segundo os autores citados, afirmam que, para os projetos de aterros sanitários deve ser levada em consideração a execução de uma rede de drenagem eficiente para evitar poluição ou contaminação ambiental. Contudo há algumas premissas básicas para esse sistema ser concebido, que são elas:

- Permitir um rápido escoamento da água, para que não chegue na área do aterro;
- Evitar alagamentos, em áreas planas;
- Proteger o aterro dos encostamentos das águas;

- Interceptar os afluxos provenientes das encostas para evitar o seu escoamento sobre as células do aterro sanitário;

### **2.3.4 Cinturão Verde**

De acordo com Nogueira et al (2011, p.34) o cinturão verde é uma faixa de proteção que tem como objetivo minimizar os impactos da poluição gerada pelo aterro como odores, poluição visual. Com isso diz que o plantio deverá ter três metros entre linhas e três metros entre colunas. E, além disso, é preferível o uso de espécies nativas, para que haja um ambiente ecologicamente equilibrado e mais próximo do original.

O autor também afirma que as espécies para revegetação da área verde do aterro sanitário deverão ser nativas e comuns para unidade fito ecológica, para que se possa reduzir os prejuízos pela mortandade e desenvolvimento de indivíduos não adaptados ou pouco adaptados a esses ambientes.

## **2.4 POLUIÇÃO AMBIENTAL**

Guimarães (2009, p. 4 apud OLGA, 1996) diz que a poluição ambiental abrange vários aspectos que vão desde a contaminação do solo e água até a desfiguração da paisagem. Onde acaba por comprometendo a saúde e a sobrevivência do homem, quando se trata de uma qualidade de vida melhor.

Discute-se os termos contaminação e poluição, onde são substâncias químicas ou biológicas que excedem as concentrações naturais e podem causar adversos nos seres vivos ou no ecossistema. Ou seja, a poluição é qualquer alteração qualitativa ou quantitativa na biosfera que afeta o ser humano, os animais, vegetais e minerais (GUIMARÃES, 2009, p.4 apud PASSARELI, 1996 apud SILVA, 2002).

E um dos impactos ambientais que devem ser avaliados nos aterros sanitários é a ruptura da paisagem, quando não há uma compatibilidade do aterro com a área a sua volta. E o que já vem sendo observado por pesquisadores é que há uma desvalorização das áreas que se encontram nas proximidades dos aterros sanitários (GUIMARÃES, 2009, p. 4 apud SISINNO, 1995).

### **2.4.1 Poluição Do Solo**

A poluição do solo é um problema mundial causado pelo lixo, e também por produtos químicos usados na agricultura, onde são jogados na atmosfera e disseminados pelas chuvas. No ecossistema natural o lixo orgânico é reciclado por organismos decompositores que se tem no solo, portanto com o lixo urbano não é da mesma forma, não há uma reciclagem natural. O lixo das cidades, acumulados, gera muita poluição alimentar, da água, do ar, do solo e afetando assim a saúde humana por conta da proliferação de vetores que transmitem doenças (GUIMARÃES, 2009, p.8 apud MONTEIRO, 2006).

O que pode acontecer com o solo é que com a presença de substâncias químicas diferente do natural gera um desequilíbrio físico-químico onde haverá várias transformações nessa massa de solo até que se possa atingir um novo equilíbrio. Pois o solo natural já tem esse equilíbrio da fração sólida com a líquida e gasosa que já está presente nele.

A poluição do solo se dá pela alteração das suas características naturais, ocorrendo assim mudanças no aspecto estrutural físico, isso acontece por conta de fenômenos naturais ou ação humana. Então os cuidados a serem tomados estão associados ao contato da água com o solo e a sua preservação quanto à qualidade (GUIMARÃES, 2009, p.8 apud MONTEIRO, 2006).

No aterro sanitário a contaminação do solo se dá na infiltração dos lixiviados através das camadas impermeabilizantes. A interação solo e contaminante é muito complexa, e isto implica mudanças nos dois agentes envolvidos, em relação às condições naturais. No entanto essas mudanças refletem no arranjo estrutural da massa, onde a propriedade mais sensível do solo a mudanças é a sua permeabilidade. Com isso o movimento dos poluentes não depende do fluxo do fluido, mas sim de todas as substâncias que as compõem (GUIMARÃES, 2009, p.9 apud COELHO, et al. 2003).

### **2.4.2 Poluição da Água**

É através da água que ocorre a lixiviação das substâncias poluidoras e contaminantes do lixo para o solo. A lixiviação tem como função separar as

substâncias por meio de lavagens ou percolação. Com isso os resíduos sólidos tem a funcionalidade de uma esponja, ou seja, absorvem a água até sua retenção e o que sobra dessa água resulta na percolação (GUIMARÃES, 2009, p.5).

A contaminação da água em aterros sanitários pode ocorrer através do escoamento em taludes de despejo de lixo, com isso carrega o líquido para águas superficiais, sofrendo assim uma percolação. Essa percolação é a infiltração de líquidos no solo ou de resíduos sólidos. Lembrando que no período de seca a evaporação é maior que a percolação, já nos períodos de chuvas isso se inverte. Sabendo-se que toda água que é lançada no solo atinge algum corpo d'água, principalmente se a infiltração for constante, no caso de percolados em aterros sanitários (GUIMARÃES, 2009, p.6 apud SCHALCH, 1984).

A poluição da água pelo chorume ocorre por conta de alterações de concentrações de matérias orgânicas, onde acaba afetando a fauna e a flora destes ambientes. O chorume em contato com a água acaba por diminuído sua potabilidade, e dependendo do volume do chorume altera-se também sua turbidez (GUIMARÃES, 2009, p.6 apud OLIVEIRA; BRITO 1998).

## 2.5 IMPACTO AMBIENTAL

Sabe-se que as atividades humanas têm relações diretas com os impactos ambientais, isso ocorre por conta de uma disposição incorreta dos resíduos sólidos, onde acaba afetando os solos, a água, e o ar, afetando assim uma qualidade de vida melhor que tanto a sociedade busca.

Segundo Rocha (2015, p.25 apud CASTILHO JÚNIOR, 2003) os impactos causados pela má disposição dos resíduos no aterro podem ser minimizados através de drenagens, captações e tratamento do lixiviado. Contudo o aterro armazena o lixiviado em poços, onde é feito um controle e armazenamento para que em seguida possa ser tratado. Com isso esses poços servem de amostragem para quando houver um monitoramento.

Rocha (2015, p.25 apud TOMMASI, 1994) conclui que o impacto ambiental é uma alteração física ou funcional, essa alteração pode ser de uma maneira favorável ou desfavorável ao ecossistema ou a sociedade. Os impactos no meio físico e biótico podem ser: contaminação do lençol freático, estabilidades e recalques dos maciços,

emissão de gases e odores, contaminação do solo, interferência com as comunidades animais, deslocamento de aves e animais silvestres entre outros.

### 2.5.1 Índice Da Qualidade Da Água (IQA)

A qualidade da água está ligada ao uso que se deve dar a esta água. Há uma necessidade de identificar os propósitos de utilização de um corpo hídrico, como abastecimento humano em uso doméstico, para uso industrial, irrigação de plantações, saciar a sede animal, pesca, lazer, entre outros e, então, estabelecer os critérios da qualidade da água. Assim, são determinados os atributos biológicos e químicos da água necessários para atingir os usos atribuídos (SANTOS, 2016, p.24).

A proposta do índice de qualidade de água é reunir as variáveis analisadas, de forma a possibilitar uma análise de evolução da qualidade da água no tempo e no espaço. Contudo serve para facilitar a interpretação dos indicadores ou variáveis (SANTOS, 2016, p.38 apud ANA, 2005).

Segundo Rocha (2015, p.28 apud ANA, 2005) o IQA é composto por nove parâmetros, cada um com a sua função e importância para a conformação global e com seus respectivos pesos ( $w$ ), sendo eles: **Oxigênio dissolvido, com  $w= 0,17$** . Que é vital para a preservação da vida aquática, pois precisam do mesmo para respirar. As águas que são poluídas por esgoto, apresentam baixas concentrações de oxigênio dissolvido por conta do processo de decomposição da matéria orgânica. Diferente do que acontece com águas mais limpas, onde essa concentração é mais elevada, exceto se houverem condições naturais que possam baixar esse valor; **Coliformes fecais, com  $w= 0,15$** . São indicadores de poluição por esgotos domésticos, não são patogênicas, mas se encontrada em grandes quantidades há possibilidade de micro-organismos patogênicos responsáveis por doenças de veiculação hídrica; **Potencial hidrogeniônico (pH) de  $w= 0,12$** . De acordo com a Resolução CONAMA 357 estabelece que o pH deve estar entre 6 e 9 para proteção da vida aquática. E ocorrendo alterações no pH pode aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para seres aquáticos; **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), com  $w= 0,10$** . Representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição. O aumento de valores nesse parâmetro provoca uma diminuição de oxigênio dissolvido provocando assim

mortandade de peixes e também de outros seres aquáticos; **Temperatura de w= 0,10**. Influência parâmetros físico-químicos da água causando assim impactos no crescimento e reprodução na vida aquática. Sendo assim o lançamento de efluentes com altas temperaturas podem causar impactos significativos nos corpos d'água; **Nitrogênio total, w= 0,10**. Seu lançamento em grandes quantidades em corpos d'água, junto com outros nutrientes, causa a eutrofização, que prejudica o abastecimento público e a preservação de animais; **Fósforo total, w= 0,10**. Do mesmo modo que o nitrogênio, o fosforo é um importante nutriente para os processos biológicos, e se excesso pode causar a eutrofização das águas; **Turbidez, com w= 0,08**. Indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. E o seu aumento faz com que uma quantidade maior de produtos químicos sejam utilizada nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos. Além disso, afeta também a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e atividade de recreação; **Resíduo total, de w= 0,08**. É a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura.

### 2.5.2 Monitoramento De Águas Subterrâneas e de Mananciais

O monitoramento de mananciais só é necessário quando há área de influência direta do aterro, nascentes de águas, rios, córregos, lagos, represas ou algo semelhante. Sabe-se que de alguma forma esses corpos hídricos podem ser afetados pelo funcionamento do aterro, com isso devem ser monitoradas, onde os pontos para amostragem são definidos de acordo com a sua localização de influência (ROCHA, 2015, p.27 apud CASTILHO JÚNIOR, 2003).

Já para as águas subterrâneas o objetivo do monitoramento é detectar a influência do resíduo na qualidade da água do subsolo. De acordo com Rocha (2015, p.26, apud NBR 13895/1997) são feitos poços de monitoramento com pelo menos um ponto na montante da instalação, para que se possa avaliar a qualidade original da água, mantendo assim uma distância considerável para que não haja contaminação da água por conta de uma difusão remontante.

Essas análises devem ser feitas ao menos quatro vezes ao ano em cada poço, sendo que deve ter no mínimo três a jusante e que não estejam alinhados, enquanto

o aterro estiver ativo. Portanto o aterro tem que ser operado de certa forma que garanta uma boa qualidade de água, proporcionando abastecimento público e atendendo os padrões de portabilidade (ROCHA, 2015, p.27 apud NBR 13895/1997).

### **2.5.3 Emissão De Biogás**

O biogás é uma mistura de gases produzidos através de uma ação biológica na matéria orgânica em condições anaeróbicas, e é formada principalmente de dióxido de carbono e metano em composições variáveis. É necessário se ter um controle da emissão de biogás para reduzir a possibilidade de instabilidade do aterro e diminuir o odor para a população que mora próxima ao aterro (ROCHA, 2015, p.21 apud CETESB, 1997).

O sistema de drenagem de gás pode ser interligado ao mesmo sistema de drenagem do líquido percolado, onde esse sistema tem um objetivo de retirar o gás que é produzido no interior do aterro com a intenção de evitar explosões, combustão interna e também estabilização do aterro (ROCHA, 2015, p.25 apud GUEDES, 2007).

Rocha (2015, p.25 apud PERCOLATO *et al.*, 2008) afirma que a taxa de geração e formação dos componentes do biogás é variável e esta taxa em condições normais consegue atingir um pico no primeiro e segundo ano, e tem uma recaída constante nos anos subsequentes, e esta geração do biogás é prolongada em um período de 20 anos.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO ATERRO SANITÁRIO**

O objeto deste estudo foi o aterro sanitário de Palmas-TO, que se localiza a 25km da parte central da capital, entre as coordenadas 10°12'46" de latitude e 48°21'37" de longitude oeste. Ocupa uma posição da superfície terrestre de aproximadamente 96 hectares, conforme a Figura 1.

**Figura 1:** Localização do aterro sanitário de Palmas-TO.



**FONTE:** JOÃO MARQUES.

### 3.2 MÉTODO DE ESTUDO

Inicialmente foi feito uma pesquisa bibliográfica sobre aterro sanitário, posteriormente visitas *“in loco”* para um melhor entendimento de como é o funcionamento do aterro e a sua importância para com a sociedade. Com o objetivo de demonstrar o funcionamento no tratamento do chorume nas lagoas de estabilização e a disposição dos resíduos no aterro.

### 3.3 ESTUDO E ANÁLISE DE DADOS

Com base em revisões bibliográficas sobre a temática resíduos sólidos urbanos, pode-se detectar os principais impactos de um tratamento não adequado para o chorume, para uma reutilização desta água residuária. Observa-se que o aterro minimiza os impactos ambientais, sabendo-se que um perfeito funcionamento, evita contaminações do solo, da água e do ar, garantindo assim uma qualidade melhor à saúde pública.

Através de visitas técnicas ao aterro sanitário foi avaliado relatório de análise de uma amostra de água das lagoas de estabilização. Onde informa os valores dos parâmetros físicos, químicos e biológicos encontrados na amostra. E a partir destes

dados foram feitas análises dos resultados de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, pela composição típica de lixiviado de aterros jovens e velhos, apresentado na Tabela 2 abaixo, e pela característica mais provável do lixiviado de aterros brasileiros, apresentado na Tabela 3 a seguir.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Efluentes da Odebrecht Ambiental (Saneatins), registrado no CRQ 12ª Região sob nº 002422 e responsabilidade técnica da profissional Francielly Moreira da Silva Martins, CRQ nº 12100808, 12ª Região.

As características do lixiviado mudam com o passar do tempo, onde, na medida em que o aterro envelhece, ocorre uma mudança de breve período aeróbico para um longo período de decomposição anaeróbico, que apresenta duas fases distintas, uma fase ácida, que é caracterizado por altos valores de poluentes orgânicos, onde apresenta baixos valores de pH e elevadas concentrações de DBO, DQO, nutrientes e metais pesados. Seguida por uma fase metanogênica, que reduzem a carga orgânica do lixiviado, onde nesta fase o pH apresenta valores entre 6,5 e 7,5, enquanto os valores de DBO, DQO e nutrientes são menores quando comparados a fase ácida (FERREIRA, 2010, p.30 apud DIAMADOPOULOS, 1994).

**Tabela 2 - Composição Típica de Lixiviado de Aterros Jovens e Velhos**

CONSTITUINTE	UNIDADE	ATERRO JOVEM ( < 2ANOS)		ATERRO VELHO (>10 ANOS)
		VALOR MÉDIO	VALOR TÍPICO	
DBO	mg/L	2000-30000	10000	100-200
DQO	mg/L	3000-60000	18000	100-500
SST	mg/L	200-2000	500	100-400
N-ORGÂNICO	mg/L	10-800	200	80-120
N-AMONICAL	mg/L	10-800	200	20-40
NITRATO	mg/L	5 - 40	25	5 - 10
P-TOTAL	mg/L	5-100	30	5 - 10
pH		4,5-7,5	6	6,6-7,5

Fonte: Adaptado de TCHOBANOGLOUS, THEISEN e VIGIL, 1993.

**Tabela 3** - Característica mais provável do lixiviado de aterros brasileiros

VARIÁVEL	UNIDADE	FAIXA MÁXIMA	FAIXA MAIS PROVÁVEL	FVMP*
pH		5,7-8,6	7,2-8,6	78%
DBO	mg/L	< 20-30000	< 20-800	75%
DQO	mg/L	190-80000	190-22300	83%
N-AMONÍACAL	mg/L	0,4-3000	0,4-1800	72%
N-ORGÂNICO	mg/L	5-1200	400-1200	80%
N-NITRITO	mg/L	0-50	0-15	69%
N-NITRATO	mg/L	0-11	0-3,5	69%
P-TOTAL	mg/L	0,1-40	0,1-15	63%
ST	mg/L	3200-21900	3200-14400	79%
STV	mg/L	630-20000	630-5000	60%
STF	mg/L	2100-14500	2100-8300	74%
SST	mg/L	5 - 2800	5-700	68%
SSV	mg/L	5-530	5-200	62%

\*FVMP: Frequência de ocorrência dos valores mais prováveis. Fonte: SOUTO e PONVINELLI, 2007.

### 3.3.1 Biodegradabilidade do Lixiviado

Varia de acordo com a idade do aterro e pode ser verificada pela relação DBO/DQO. A princípio essa relação é igual ou maior que 0,5, onde valores entre 0,4 e 0,6 indicam que a matéria orgânica presente no percolado é altamente biodegradável.

Já em aterros velhos está razão está entre 0,05 a 0,2, o que justifica essa queda de valores é a quantidade de ácidos fúlvicos e húmicos que são facilmente biodegradáveis.

A razão STV/ST não são indicativos de dificuldades de biodegradação. A matéria orgânica corresponde aos sólidos volatéis, já a biodegradabilidade corresponde a fração de sólidos voláteis que é consumida, independente da concentração de sólidos fixos. A DBO será alta se os sólidos voláteis forem facilmente biodegradáveis, caso contrario será recalcintrantes.

### 3.3.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Esta análise baseia-se no fato de que toda matéria orgânica, com poucas exceções, pode ser oxidada através da ação de um forte agente oxidante sob condições ácidas. Os valores de DQO são quase sempre maiores que os valores de DBO e essa diferença tende a torna-se quando se tem quantidades significativas de matéria orgânica resistente à oxidação biológica.

O método utilizado para obtenção do resultado de DQO foi por digestão por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em refluxo fechado.

### **3.3.3 pH**

Conforme a resolução CONAMA 375/2005 as condições de lançamento do pH tem que obedecer o intervalo de 5 a 9. Em aterros velhos ou com elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal, tende a levar os valores de pH para faixas alcalinas, com valores próximos de 7. Porém valores menores que 5,5 causam inibição total da produção de todos os gases do aterro, devido a inibição total da atividade biológica.

Para obtenção deste resultado foi utilizado pelo método eletrométrico, onde utiliza de um potenciômetro e eletrodos.

### **3.3.4 Temperatura**

De acordo com a resolução do CONAMA 357/2005, as condições de lançamento quanto a temperatura deve ser inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura.

### **3.3.5 Materiais Sedimentáveis**

A resolução do CONAMA 357/2005 afirma que até 1,0ml/L para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes.

### **3.3.6 Substâncias Solúveis em Hexano**

O CONAMA 357/2005 diz que para as condições de lançamento as substâncias solúveis em hexano tem que ser até 100mg/L.

**Tabela 4-** Protocolo de Pesquisa

### VISÃO GERAL DO PROJETO

**Objetivo:** Analisar o sistema de disposição e as qualidades físicas, químicas e biológicas do lixiviado no aterro sanitário de Palmas-TO.

**Assuntos do estudo de caso:** Aterro Sanitário, Controle Ambiental, Lixiviado.

### PROCEDIMENTOS DE CAMPO

**Apresentação das credenciais:** Estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas-TO (CEULP/ULBRA-PALMAS-TO).

**Acesso ao local:** Visita ao aterro sanitário de Palmas-TO.

**Fonte de dados:** Primárias, no aterro sanitário. E secundárias, por fontes bibliográficas

### QUESTÕES DE ESTUDOS

Levantamento bibliográfico

Coleta de informações através de visitas ao aterro

Disposição dos resíduos sólidos no aterro

Sistema de drenagem do lixiviado para as lagoas de tratamento

### ESBOÇO PARA O RELATÓRIO FINAL DOS ESTUDOS DE CASO

Avaliar o monitoramento do aterro sanitário de Palmas, através das diversas análises físicas, químicas e biológicas.

Analisar o tratamento do lixiviado que ocorrem nas lagoas de estabilização.

Avaliar os possíveis reuso do lixiviado originado do aterro sanitário.

Mensurar os principais impactos ambientes que são minimizados em municípios que disponibilizam de aterro sanitário.

---

**Fonte:** Autor, adaptado Yin (2017).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os parâmetros analisados juntamente com o CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento dos corpos de água superficiais e caracterização físico-química do lixiviado, na Tabela 5 abaixo são apresentados os valores obtidos dos parâmetros convencionais de caracterização do lixiviado.

**Tabela 5 – Resultados obtidos a partir da coleta**

Parâmetro	Unidade	Chorume <i>in natura</i> - 100488	Chorume tratado – 100489	% REMOÇÃO
pH	-	7,6	8,35	-
Temperatura	°C	32,6	26,7	-
Materiais Sedimentáveis	mL/L	1,0	< 0,1	> 90
DBO	mg/L	2600	180	93,08
DQO	mg/L	4039	959	76,26
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1,80x10 <sup>5</sup>	1,80x10 <sup>3</sup>	99
Materiais Flutuantes	-	virtualmente ausentes	virtualmente ausentes	-
Fósforo Total	mg/L	4,040	2,055	49,13
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	137,605	123,125	10,52
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	301	146	51,50
Nitrato	mg/L	2,0	2,5	0
Nitrito	mg/L	< 0,1	< 0,1	0
Sólidos Totais	mg/L	7147	4203	41,19
Sólidos Fixos	mg/L	3936	2980	24,29
Sólidos Voláteis	mg/L	3211	1224	61,88
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	96,0	38,0	60,42
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	205	108	47,32
Substâncias Solúveis em Hexano	mg/L	8,8	8,4	-

Fonte: Autor.

### 4.1. Avaliação dos parâmetros segundo a resolução do CONAMA 357/2005

De acordo com o CONAMA, para efeitos da resolução são adotados algumas definições sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos.

O aterro sanitário de Palmas-TO é classificado como uma ambiente lântico, que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado. E quanto a composição típica de lixiviado é considerado um aterro velho (> 10anos).

#### **4.1.1 Parâmetros Físicos**

##### **4.1.1.1 Temperatura**

Para condições e padrões de lançamentos de efluentes obedeceram as condições previstas no CONAMA, onde a temperatura tem que ser inferior a 40°C, no chorume tratado foi de 26,7°C é um fator positivo à tratabilidade desta água residuária, sendo que a temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura.

Dependendo da temperatura, se tem uma condição favorável à proliferação de microorganismo. Onde ocorrendo uma variação brusca, acaba morrendo uma comunidade e nascendo outra. E tendo uma grande variação seria desfavorável para uma criação de vidas aquáticas, por exemplo.

#### **4.1.2 Parâmetros Químicos**

##### **4.1.2.1 pH**

O valor de pH encontrado no chorume tratado foi de 8,35, onde está dentro do intervalo dos valores permitidos pela resolução que é de 5,0 a 9,0. Onde apresenta uma leve alcalinidade.

As alterações nos valores de pH afetam o metabolismo de várias espécies e também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas, tais como os , metais pesados.

##### **4.1.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio**

O resultado da amostra de chorume tratado foi de 180mg/L, porém conforme o CONAMA o máximo permitido é de 120mg/L, sendo que este limite só pode ser

ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção de 60%, contudo teve uma porcentagem de remoção de 93,08%.

De acordo com o valor apresentado mediante a composição típica do lixiviado seria classificado com um aterro velho (>10 anos), dentro do valor médio de 100-200. Isso mostra que há um lançamento de cargas orgânicas, causando uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, caso fosse uma água destinada a criatórios de peixes iria provocar uma mortandade e eliminação de outros organismos aquáticos.

#### **4.1.2.3 Demanda Química de Oxigênio**

A análise de DBO é dependente da DQO, onde tem que ser feita antes, pois tem estudos que comprovam que a DBO tem que dar metade da DQO, ou bem abaixo. Isso é confirmado, onde seu resultado foi de 959mg/L.

Quanto à composição típica do lixiviado deu alto comparado com o aterro velho. Mostrando que há uma grande quantidade de matéria orgânica degradável, caracterizando o efluente como difícil biodegradabilidade.

#### **4.1.2.4 Nitrogênio Amoniacal**

O valor encontrado foi de 123,125mg/L, onde de acordo com a resolução o valor máximo permitido é de 20mg/L. Não foi atendido conforme o CONAMA.

De acordo como foi apresentado o pH, para que se fosse uma água com uma classificação como a água doce, o nitrogênio amoniacal deveria apresentar o respectivo valor máximo permitido de 1,0mg/L, com o pH obedecendo este intervalo de  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ .

Apresenta também um valor alto quanto à composição típica do lixiviado, dentro do intervalo de 10-800mg/L para aterro jovem, onde o ideal seria para aterro velho no intervalo de 20-40mg/L. Porém está dentro da faixa mínima na característica mais provável do lixiviado de aterros sanitários brasileiros. E mostra que é o maior contribuinte para geração de alcalinidade nos lixiviados.

#### **4.1.2.5 Nitrito**

O valor de nitrito encontrado no chorume tratado foi menor de 0,1mg/L. Logo se manteve dentro do limite da faixa mais provável quanto a característica mais provável do lixiviado de aterros sanitários brasileiros. E este valor estaria abaixo do limite estabelecido pela resolução, caso estivesse na classificação para usos destinados à águas doces que é 1,0mg/L.

#### **4.1.2.6 Nitrato**

O valor de nitrato encontrado foi de 2,5mg/L. Logo manteve-se abaixo do que é estabelecido na composição típica de lixiviado de aterros jovens e velhos, mas está dentro da faixa mais provável quanto a característica mais provável do lixiviado de aterros brasileiros com intervalo de 0 - 3,5mg/L.

#### **4.1.2.7 Fósforo Total**

Foram encontrados 2,055mg/L de fósforo total no chorume tratado. Onde se encontra dentro do intervalo para aterros velhos quanto à composição típica de lixiviado e quanto à característica mais provável do lixiviado de aterros brasileiros apresenta dentro dos valores estabelecidos. Porém, caso fosse para o uso da classificação de águas doces está abaixo do limite estabelecido que são de 10mg/L.

#### **4.1.2.8 Sólidos Totais**

O resultado foi de 4203mg/L para o chorume tratado. Onde o valor apresentado está dentro da faixa mais provável quanto à característica mais provável do lixiviado de aterros brasileiros, com intervalo de 3200-14400mg/L.

A alta concentração de sólidos reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e das algas, esse desenvolvimento reduzido de planta pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes, por exemplo, (CETESB, 2013). Que pela resolução CONAMA 430/2011 é de 500mg/L para classificação quanto ao uso nas águas doces. E não apresenta muita variação no período chuvoso.

#### **4.1.2.9 Sólidos Fixos**

Apresenta um valor de 2980mg/L no chorume tratado, representa cerca da metade da concentração dos sólidos totais. Está dentro do intervalo de valores na faixa mais provável do lixiviado em aterros brasileiros que é de 2100-8300mg/L.

Elevadas concentrações de sólidos totais fixos é um indicativo de alta salinidade, em concentrações muito elevadas podem ter efeito inibitório para micro-organismos, por causa do efeito osmótico (CONTRERA,2008).

#### **4.1.2.10 Sólidos Voláteis**

O valor encontrado no chorume tratado foi de 1224mg/L, onde elevadas concentrações sugerem a altas concentrações de matéria orgânica. Na característica mais provável do lixiviado de aterros brasileiros está dentro do intervalo da faixa mais provável que varia de 630-5000mg/L.

#### **4.1.2.11 Sólidos Suspensos Totais**

O valor encontrado no chorume tratado foi de 146mg/L. Para característica mais provável do lixiviado, se encontra na faixa mais provável com valores de 5-700mg/L. Isso sugere que todo lixiviado gerado no aterro se encontra em fase de degradação da matéria orgânica. E a precipitação pode influencia no seu comportamento.

#### **4.1.2.12 Sólidos Suspensos Voláteis**

Apresenta um valor de 108mg/L no chorume tratado, onde para as características mais prováveis do lixiviado se encontra na faixa mínima no intervalo de 5-530mg/L. Onde a maior parte de sólidos suspensos totais se encontra na forma de sólidos suspensos voláteis.

#### **4.1.2.13 Substancias Solúveis em Hexano**

De acordo com a resolução CONAMA o valor máximo permitido é de 100mg/L, e obedeceu a norma quanto ao padrão de lançamento do efluente, pois teve um valor de 8,4mg/L em chorume tratado.

#### **4.1.2.14 Materiais Sedimentáveis**

A resolução permite até 1,0ml/L para o lançamento em lagos e lagoas, cuja a velocidade de circulação seja praticamente nula, e os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes. Onde o chorume *in natura* apresenta um valor exatamente em cima do limite permitido, 1,0ml/L, e já o chorume tratado apresenta uma quantidade quase nula , < 0,1ml/L.

### **4.2 Biodegradabilidade do Lixiviado**

#### **4.2.1 Razão Sólidos Totais Voláteis/Sólidos Totais (STV/ST)**

Com base nos dados apresentados de STV e ST essa razão obteve um valor de 0,3. Ou seja, possui uma média biodegradabilidade e se encontra numa fase de degradação da matéria orgânica. Mas não são indicativos de dificuldades de biodegradação, é um indicativo de quantidade de matéria orgânica no lixiviado, porém não é a melhor relação para o efluente.

#### **4.2.2 Razão DBO/DQO**

De acordo com os valores apresentados para DBO e DQO, a razão entre os dois valores foi de 0,2. Apesar de apresentar uma razão baixa, não significa que os compostos presentes são poucos biodegradáveis. E sim que alguns microorganismos presentes durante o ensaio não foram capazes de consumi-lo.

No entanto a estabilização desta razão não depende do processo de lixiviação e sim da degradação do resíduo (FERREIRA, 2010, p.44 apud KJELDEN e CHRISTOPHERSEN, 2001).

### 4.3 Aterro Sanitário de Palmas

#### 4.3.1 Disposição dos resíduos

O Aterro Sanitário de Palmas recebe todos os dias cerca de 240 toneladas de lixo e seu funcionamento acontece todos os dias da semana. A sua vida útil é estimada em torno de 35 a 40 anos, dependendo de como vai ser feita a sua operação durante essa estimativa. A sua administração é de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Palmas-TO, sendo o engenheiro responsável João Marques, e atende a resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

Ao redor do aterro foram plantadas 4,5 mil mudas de eucaliptos, podendo chegar a uma altura de 20m. Formando assim uma barreira verde, que tem como objetivo minimizar impactos com a produção de gás metano que são eliminados pelo lixo, diminuindo assim odores. Como pode ser mostrado na Figura 2 abaixo.

**Figura 2:** Barreira Verde



Fonte: Autor.

Antes de dar entrada ao aterro o lixo é pesado na guarita para que haja um controle do volume diário e mensal do que é depositado no aterro. Logo após esse controle o caminhão faz o depósito nas trincheiras, que tem dimensões de 18x200m e 2,5 metros de profundidade, e em seguida ocorre o espalhamento e compactação dos resíduos, sendo o lixo coberto com uma camada de solo de espessura de aproximadamente 15 cm.

O solo utilizado para cobertura provém dos materiais excedentes das operações de cortes/escavação executadas na fase de execução das jazidas, e esta cobertura tem como objetivo impedir que a ação do vento espalhe o lixo, evitando assim a disseminação de odores e a proliferação de vetores como; ratos, moscas, baratas. E para fazer estes serviços utiliza-se de trator de esteira, pá mecânica, retroescavadeira e caminhão basculante.

A base e as laterais do aterro são impermeabilizadas com uma manta geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), antes de dar início a sua composição. Onde evita a contaminação do solo e do lençol freático, como mostra na Figura 3.

**Figura 3:** Impermeabilização



Fonte: João Marques.

### 4.3.2 Drenagem do lixiviado

Quando o lixo é compactado ele entra em processo de decomposição, que resulta em um líquido tóxico, o lixiviado, onde é tratado. O aterro possui um sistema de coleta do efluente que é interligado ao sistema de coleta de gases, levando este líquido as lagoas de estabilização, onde recebe tratamento.

Ao longo desse processo, ele passa por três lagoas de tratamento: Uma anaeróbia e duas facultativas. Então, após a remoção de suas cargas orgânicas através das ações das bactérias e do tempo em que é depositado nas lagoas, o líquido adquire condições ideais para que seja lançado em um corpo receptor sem que haja contaminação, e dar-se início ao processo natural de autodepuração. A Figura 4 mostra como é o sistema de tratamento pelas lagoas de estabilização.

**Figura 4:** Lagoas de estabilização



Fonte: Autor

## 5 CONCLUSÃO

Analisando os dados coletados e suas correlações pode-se chegar à conclusão que o Aterro Sanitário de Palmas-TO apresenta uma difícil tratabilidade biológica. Onde mesmo sendo coletado em período chuvoso, em que as concentrações deviam apresentar valores mais baixos, devido ao efeito de diluição este fato não aconteceu. Caracterizando assim um lixiviado intermediário, com tendência a recalcitrância, e que a chuva carregou matéria orgânica e substâncias dissolvidas de difícil degradabilidade.

O Aterro é considerado como velho, por ter mais de 10 anos de uso, porém alguns parâmetros mostraram valores bem acima do limite e enquadrando-se como aterro jovem. Onde deveria ter uma concentração menor de matéria orgânica, onde deveria estar em uma fase adiantada de decomposição anaeróbica. Por apresentar características de lixiviado “novo” tratamentos biológicos aeróbicos e anaeróbicos podem reduzir a alta concentração de matéria orgânica facilmente degradável, se apresentasse características de lixiviado “velho” o tratamento físico-químico poderia ser empregado, pois uma grande quantidade de matéria orgânica teria sido consumida.

Pelo fato da relação DBO/DQO uma elevada biodegradabilidade tem uma grande tendência à recalcitrância e essa característica pode limitar o desempenho das lagoas de estabilização, tornando assim não satisfatório, prejudicando assim o processo biológico natural das lagoas na remoção da matéria orgânica. Ou seja, é necessário um tratamento complementar as lagoas devido as altas concentrações de compostos inorgânicos, como foi apresentado por DQO.

Contudo, para que essa água residuária seja para fins de usos domésticos, a comunidades aquáticas, a recreação ou até mesmo irrigação de hortaliças e plantas frutíferas são necessárias coletas sistemáticas para mostrar a importância do tempo de retenção hidráulico e de carga para o bom funcionamento do sistema a variação das concentrações de DBO, DQO e Sólidos Suspensos, afetam a eficiência do sistema.

A falta de normas técnicas para o tratamento de chorume, que possui características específicas, dificulta a correta avaliação de qualquer sistema de tratamento de lixiviado.

## 6 REFERÊNCIAS

ALBERTE, Elaine; CARNEIRO, Alex; KAN, Lin. Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Diálogos e Ciências – Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciência de Feira de Santana**. Ano II, n.5, jun., 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419 – **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8849 – **Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos – Procedimentos**. Rio de Janeiro 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113 - **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

FERREIRA, Adriana Gonçalves. **Estudos dos lixiviados das frações do aterro sanitário de São Carlos-SP por meio da caracterização físico-química**. 2010. 152 f. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

GUIMARÃES, Cláudia. **Aplicação de indicadores de qualidade ambiental em um aterro sanitário no norte de Mato Grosso**. 2009. 62 f. Dissertação (Pós-graduação em física ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

LIMA, José (coordenador). **Projeto de implantação para a ampliação do aterro sanitário metropolitano de Caucaia- CE**. Fortaleza, RIMA. 2011.

LIMA, Wesley Schettino de. **Avaliação de remoção de poluentes de lixiviado: um estudo de caso para o sistema de tratamento do aterro municipal de Betim-Minas Gerais**. 2006. 129 f. Dissertação (Pós-Graduação em saneamento, meio

ambiente e recursos hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

ROCHA, Kássio. **Controle ambiental do aterro sanitário de Palmas-TO**. 2015. 51 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas-TO, Palmas, 2015.

SANTOS, Andrea. **Avaliação dos parâmetros químicos, físicos e biológicos de uma lagoa de piscicultura do aterro sanitário de Palmas-TO**. 2016. 67 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas-TO, Palmas, 2016.

SILVA, Joel. **Tratamento de lixiviados de aterro sanitário por lagoas de estabilização em série – Estudo em escala piloto**. 2007. 166 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

## ANEXOS

report.html

file:///C:/Users/Mariana/Downloads/report.html

Documentos candidatos

- sanebavi.com.br/temp... [2,1%]
- siam.mg.gov.br/sia/d... [1,4%]
- mma.gov.br/port/cona... [1,4%]
- sna.saude.gov.br/leg... [1,4%]
- mma.gov.br/port/cona... [1,4%]
- siam.mg.gov.br/sia/d... [1,3%]
- mma.gov.br/port/cona... [1,3%]
- agencia.cnptia.embra... [1,1%]
- iap.pr.gov.br/module... [0,5%]
- bsjoi.ufsc.br/files/... [0,1%]

Arquivo de entrada: tcc2\_Mariana\_Alves\_Rocha\_Parente\_final1.docx (7349 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
sanebavi.com.br/temp...	Visualizar 12440	411	2,1
siam.mg.gov.br/sia/d...	Visualizar 3127	154	1,4
mma.gov.br/port/cona...	Visualizar 1424	126	1,4
sna.saude.gov.br/leg...	Visualizar 1439	126	1,4
mma.gov.br/port/cona...	Visualizar 5188	176	1,4
siam.mg.gov.br/sia/d...	Visualizar 5205	173	1,3
mma.gov.br/port/cona...	Visualizar 3068	142	1,3
agencia.cnptia.embra...	Visualizar 474	88	1,1
iap.pr.gov.br/module...	Visualizar 340	42	0,5
bsjoi.ufsc.br/files/...	Visualizar 711	16	0,1

file:///C:/Users/Mariana/Downloads/report.html#

CPU GPU HD  
??? ??? ???

15:41  
08/05/2017