



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANA MAYARA ANDRIOLA MEDEIROS**

**ANÁLISE DO CHORUME PRODUZIDO PELO ANTIGO LIXÃO DO ROGER, PÓS  
ENCERRAMENTO DAS ATIVIDADES**

**JOÃO PESSOA – PB  
Maio – 2019**

ANA MAYARA ANDRIOLA MEDEIROS

ANÁLISE DO CHORUME PRODUZIDO PELO ANTIGO LIXÃO DO ROGER, PÓS  
ENCERRAMENTO DAS ATIVIDADES

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como pré-requisito para a obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Ambiental pela  
Universidade Federal da Paraíba.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmem Lúcia  
Moreira Gadelha

JOÃO PESSOA – PB  
Maio – 2019

M488a Medeiros, Ana Mayara Andriola

Análise do chorume produzido pelo antigo Lixão do Roger, pós encerramento das atividades./ Ana Mayara Andriola Medeiros. – João Pessoa, 2019.

36f. il.:

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadelha.

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Chorume 2. Monitoramento 3. Parâmetros 4. Resíduos sólidos I.  
Título.

BS/CT/UFPB

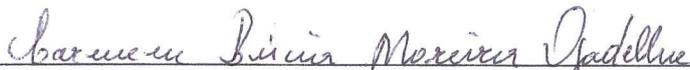
CDU: 2.ed. 628.4(043.2)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**ANA MAYARA ANDRIOLA MEDEIROS**

### **ANÁLISE DO CHORUME PRODUZIDO PELO ANTIGO LIXÃO DO ROGER, PÓS ENCERRAMENTO DAS ATIVIDADES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 07/05/2019 perante a seguinte Comissão Julgadora:



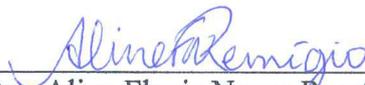
Professora Dra. Carmem Lucia Moreira Gadelha  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA



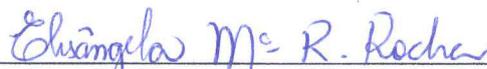
Professor Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA



Professora Dra. Aline Flavia Nunes Remigio Antunes  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA



Professora Dra. Elisângela  
Maria Rodrigues Rocha  
Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental

Elisângela M. R. Rocha  
Coordenadora de Eng. Ambiental  
CT/UFPB – Mat. 1821373

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pelo dom da vida e por toda a força que Ele me enviou diante das dificuldades enfrentadas até hoje.

Agradeço aos meus pais, Anaisa e Humberto, por tudo que me ensinaram, por toda dedicação e amor que sempre tiveram por mim. Jamais teria conseguido sem vocês.

À minha irmã, Alyne Andriola, por todo cuidado por mim e por ser minha companheira de alegrias e tristezas.

Ao meu namorado, Daniel Souto, por todo carinho, amor e união, por sempre incentivar e acreditar em mim.

Aos professores, em especial a professora Claudia Coutinho Nóbrega, pessoa admirável e excelente profissional, pela oportunidade em trabalhar com o tema, pelos diversos ensinamentos, atenção e amizade.

À professora Carmem Gadelha, orientadora deste trabalho, por toda ajuda, paciência e dedicação.

Aos colegas de turma, por todos os anos de convivência, em especial a Elder Porto, Lucas Fernandes e Lucas Miranda pela amizade sincera e por estarem sempre presentes nesta caminhada.

À SCIENTEC, onde tive a oportunidade de estagiar e aprender na prática vários conhecimentos que adquiri ao longo da graduação.

À banca examinadora pela gentileza em aceitar o convite.

À Universidade Federal da Paraíba, por ter proporcionado experiências, aprendizados e amadurecimento indispensáveis para minha carreira profissional.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desta etapa da minha vida.

Muito obrigada!

*“Não lastime as dificuldades que nos ensinam a viver, ninguém aprende sem lições” (EMMANUEL).*

## RESUMO

A disposição final dos resíduos sólidos em lixões acarreta diversos problemas de âmbito social, econômico, sanitário e ambiental. O antigo Lixão do Roger recebeu os resíduos de João Pessoa, capital da Paraíba, ao longo de 45 anos, e após sua desativação a Autarquia Municipal Especial de Limpeza Urbana (EMLUR) elaborou o projeto de recuperação/remediação da área degradada. O antigo lixão foi dividido em 05 células, mas apenas 02 células tiveram como concluídas as atividades de recuperação. O monitoramento das características do chorume é de extrema importância visto que o mesmo sofre diversas alterações em sua composição ao longo do tempo. Esta pesquisa teve como objetivo verificar através dos parâmetros o comportamento das alterações ocorridas com o chorume, durante o período após a desativação das atividades do lixão, entre 2006 a 2018. Para o monitoramento, foram realizadas coletas de chorume bruto nas células 1 e 2. Posteriormente, as amostras eram encaminhadas para laboratório para análises dos parâmetros. Neste estudo foram considerados os parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, chumbo, alumínio, mercúrio, óleos e graxas, amônia, nitrato, nitrito e fosfato. Depois de realizadas as análises, os resultados obtidos de cada parâmetro foram adicionados em tabelas no Excel para obtenção de gráficos. O chorume apresentou menor concentração de matéria orgânica biodegradável e elevada concentração de matéria orgânica refratária, sendo classificado em estabilizado quando relacionado de acordo com a “idade”. As concentrações baixas de chumbo, mercúrio e alumínio indicam a predominância de resíduos sólidos domiciliares. Os teores de amônia, nitrito e nitrato representam que ainda há processo de degradação da matéria orgânica na condição anaeróbia. O fosfato apresenta a maioria dos valores dentro do limite permitido para aterros consolidados, expressando também a estabilidade do chorume. O processo de decomposição da matéria orgânica está em fase avançada nas células 1 e 2, e a degradação ambiental se apresenta no meio superficial, subterrâneo e atmosférico.

**Palavras-chave:** Chorume. Monitoramento. Parâmetros. Resíduos sólidos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista aérea da região do antigo lixão do Roger.....	20
Figura 2 - Coleta do chorume bruto, realizado na célula 01 .....	21
Figura 3 - Coleta do chorume bruto, realizado na célula 02 .....	21
Figura 4 - Amostra do chorume bruto .....	22
Figura 5 - Poço entupido .....	23

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comportamento dos parâmetros DBO <sub>5</sub> e DQO na célula 01. ....	25
Gráfico 2 - Comportamento dos parâmetros DBO <sub>5</sub> e DQO na célula 02. ....	25
Gráfico 3 – Comportamento dos parâmetros Pb, Hg, Al, na célula 01.....	27
Gráfico 4 – Comportamento de Pb, Hg, Al com exclusão de três análises de Hg, célula 01.	28
Gráfico 5 - Comportamento dos parâmetros Pb, Hg, Al, na célula 02. ....	28
Gráfico 6 - Comportamento de Pb, Hg, Al com exclusão de três análises de Hg, célula 02.	29
Gráfico 7 - Comportamento dos parâmetros NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na célula 01.....	30
Gráfico 8 - Comportamento dos parâmetros NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> na célula 02.....	31

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ASMJP – Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMLUR – Autarquia Municipal Especial de Limpeza Urbana

LABSAM – Laboratório de Saneamento Ambiental

PL – Projetos de Lei

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RSU – Resíduo Sólido Urbano

SCIENTEC – Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

## LISTA DE SÍMBOLOS

Al – Alumínio

Hg – Mercúrio

NH<sub>3</sub> – Amônia Livre ou Não ionizada

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – Amônia Ionizada

Pb – Chumbo

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Nitrato

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Nitrito

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	11
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
2.1	Resíduos Sólidos e Disposição Final.....	11
2.2	Chorume.....	13
2.3	Importâncias do monitoramento.....	15
2.4	Parâmetros de análise de monitoramento de chorume.....	16
2.4.1	Demanda bioquímica de oxigênio.....	16
2.4.2	Demanda química de oxigênio.....	16
2.4.3	Amônia.....	16
2.4.4	Óleos e graxas.....	17
2.4.5	Chumbo.....	17
2.4.6	Alumínio.....	17
2.4.7	Mercúrio.....	18
2.4.8	Nitrato e Nitrito.....	18
2.4.9	Fosfato.....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1	Descrição geral da pesquisa.....	19
3.2	Lixão do Roger.....	19
3.3	Coleta do chorume.....	20
3.4	Análise dos resultados.....	22
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
4.1	DBO <sub>5</sub> e DQO.....	23
4.2	Metais pesados.....	26
4.3	Amônia, Nitrito, Nitrato.....	29
4.4	Fosfato e Óleos e graxas.....	31
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos sempre esteve intrinsecamente ligada ao homem, desde os primórdios, decorrente de inúmeras atividades diárias. Porém, com o passar dos anos, a sociedade sofreu processos de urbanização e industrialização de forma acelerada, tendo como consequência, um aumento exponencial na produção desses resíduos.

O lixo contém compostos orgânicos e inorgânicos em sua composição, e quando disposto de forma ambientalmente inadequada, traz inúmeros problemas. É o caso dos lixões, local onde se deposita resíduos sólidos sem qualquer critério de engenharia, sem infraestrutura adequada, oferecendo riscos ao meio ambiente e a saúde pública.

O lixão é uma fonte potencial de contaminação devido à produção de chorume e de gases oriundos do processo de decomposição da matéria orgânica. Como consequência, tem-se que a percolação do chorume pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas.

De acordo com Mendonça (2010 apud NASCIMENTO, 2017) o chorume apresenta composição bastante variável, sendo influenciado diretamente pela composição dos resíduos, pela idade do aterro, por fatores geográficos e climáticos, e por comunidades geradoras.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, instituída pela Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, no capítulo I, Art. 13, parágrafo II, classifica os resíduos quanto à periculosidade, sendo categorizado em perigosos e não perigosos.

a) resíduos perigosos: são 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;

É sabido que o resíduo sólido doméstico pode conter produtos que são classificados como perigosos, e sua disposição juntamente aos não perigosos é preocupante, pois agregam características peculiares ao chorume do local, que passará a conter não só elevadas concentrações de matéria orgânica, mas também contaminantes inorgânicos como sais e metais pesados, podendo apresentar alta toxicidade (WISZNIOWSKI et al., 2006; MENDONÇA, 2010 apud NASCIMENTO, 2017).

Devido ao uso indiscriminado dos lixões em vários municípios brasileiros, essas áreas devem ser investigadas e monitoradas para se aferir seus impactos relevantes para o homem e ao meio ambiente e assim montar um banco de dados para fins futuros de gestão urbana e ambiental (MEDEIROS, 2008).

Neste contexto, no município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, os resíduos sólidos urbanos eram dispostos de forma inadequada. O antigo Lixão do Roger, assim conhecido, recebeu os resíduos da capital paraibana durante um período de 45 anos, aproximadamente.

Dessa forma, faz-se necessário avaliar os dados de monitoramento e comportamento do Lixão, relacionados ao chorume. Vale salientar que esse monitoramento vem sendo realizado desde o ano 2006 até os dias atuais. Sendo assim, no presente trabalho foram analisadas as variações das principais características do chorume ao longo do tempo, a fim de obter informações acerca da estabilidade do lixão.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

- Avaliar o comportamento do chorume do Lixão do Roger por meio de série histórica, num período de 12 anos (2006 a 2018), considerando os parâmetros obtidos no monitoramento.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar as características do chorume do antigo Lixão ao longo do tempo, após a sua desativação;
- Verificar, através da série histórica, as alterações ocorridas com o chorume ao longo do tempo, definindo a estabilidade do lixão.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Resíduos Sólidos e Disposição Final

A crescente geração de resíduos sólidos é uma das principais causas de impactos ambientais, e tem sido associado ao desenvolvimento econômico e tecnológico, gerando maior demanda no consumo. Souza et al. (2018) afirmam que essa problemática tem implicado em algumas mudanças, provocado uma reflexão em relação aos problemas ambientais e instigado à procura por alternativas que possam amenizá-las.

Os estudos sobre a poluição gerada pelos resíduos sólidos e também a preocupação da população do planeta, têm aumentado após a descoberta dos inúmeros danos ambientais resultantes da produção intensa e de práticas inadequadas da disposição dos resíduos (RAMOS et al., 2018). Segundo Becegato (2015), também existem outros fatores que podem influenciar a geração dos resíduos, como por exemplo, variações climáticas, sazonais, hábitos e costumes da população, entre outros.

Comumente denominado de lixo, o resíduo sólido urbano (RSU), pode ser considerado como uma das causas agravantes da crise ambiental (SOUZA et al., 2018).

Cabe ressaltar que os termos “resíduos” e “rejeitos” diferem entre si devido a suas propriedades relacionadas ao reaproveitamento. Essa diferença é explicitada pela Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), onde define no Capítulo II, em seu Art. 3º:

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;  
XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Duarte (2018), ao discutir sobre essa temática, menciona que independente do método de disposição dos RSU ou dos rejeitos, é necessário avaliar desde os procedimentos administrativos para destino final de tais resíduos até os riscos e impactos socioambientais que provocam quando a destinação é ambientalmente inadequada.

A possibilidade de contaminação ambiental, associada à necessidade de grandes áreas para a disposição e tratamento dos resíduos sólidos urbanos, transformou a solução em problema, sendo um dos desafios mais sérios para as administrações públicas municipais (MORAES et al., 2017). De modo geral, a disposição final dos resíduos sólidos podem seguir diferentes caminhos, sendo os dois mais adotados: os aterros sanitários e lixões.

Para Gouveia e Prado (2010), os aterros sanitários utilizam tecnologias que minimizam os impactos ambientais e os possíveis riscos à saúde humana, como, por exemplo, a impermeabilização do solo para evitar a infiltração dos líquidos percolados. Nos aterros controlados, o lixo é apenas coberto por terra sem medidas para a coleta e o tratamento do chorume e do biogás, ou seja, é um lixão, pois não há tratamento. Já, o lixão, a deposição dos resíduos não segue normas operacionais e é feita a céu aberto.

Os lixões compreendem áreas que recebem o resíduo sem nenhum tipo de manejo ou preparação adequada. Assim, é evidente que a falta da capacidade de suporte da área gera problemas ambientais, tais como: emissão de chorume e do gás metano, contaminando o lençol freático e o ar. Problemas de ordem social, além da proliferação de vetores (como moscas, ratos, insetos, etc.), também ocorrem em seu entorno (DUARTE, 2018).

Acrescenta-se a esta situação o total descontrole dos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se até mesmo a disposição de dejetos originados de serviços de saúde e de indústrias. Comumente, ainda associam-se aos lixões a criação de animais e a presença de pessoas (catadores), os quais, algumas vezes, residem no próprio local (CEMPRE, 2018).

A Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu Art. 54, proíbe a disposição final em lixões nos municípios brasileiros depois de agosto de 2014. A elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos é de competência das esferas do Poder Público, Estadual e Municipal, além de estarem previstas metas para eliminação e recuperação de lixões (BRASIL, 2010).

Devido ao não cumprimento da referida Lei, Projetos de Lei (PL) tramitam no Congresso Nacional a fim de modificar os prazos estabelecidos na Lei vigente. O Projeto de Lei nº 7.462, de 2017, dispõe acerca de novos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e para a elaboração de planos estaduais de resíduos sólidos e de planos municipais de gestão integrada (BRASIL, 2017).

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) em sua publicação mais recente sobre o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, relata que no ano 2017 foi registrado um índice superior a 40% na disposição final em unidades inadequadas, sendo destinado um percentual de 22,9% aos aterros controlados, e o equivalente a 18% dispostos em lixões. Juntos, correspondem a cerca de 80 mil toneladas de resíduos por dia, ou 29,2 milhões de toneladas por ano. O montante de RSU encaminhado para os aterros sanitários foi de 59,1% (ABRELPE, 2017).

## 2.2 Chorume

O chorume origina-se através da decomposição da massa de resíduo orgânica e possui características peculiares e de elevado potencial poluidor. É um líquido fétido e de coloração escura, constituído por substâncias orgânicas e inorgânicas, sendo em sua maioria

por água rica em sais inorgânicos, matéria orgânica e metais pesados (chumbo, mercúrio, alumínio, entre outros).

Os metais pesados reagem com ligantes difusores e com macromoléculas, o que lhes confere propriedades de bioacumulação, de biomagnificação na cadeia alimentar e persistência no ambiente, causando distúrbios nos processos metabólicos e danos aos sistemas biológicos de todos os seres vivos. Todos os metais bivalentes reagem facilmente com as proteínas através dos grupos tiois e amino, competindo com nutrientes essenciais (RIGUETTI et al., 2015).

Cassini et al. (2014) explicaram que a matéria orgânica presente no chorume contém quantidades significativas de substâncias húmicas e substâncias recalcitrantes; estas, por sua vez, são refratárias à biodegradação. A biodegradabilidade é medida através da razão entre a Demanda Biológica de Oxigênio e a Demanda Química de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>/DQO).

Para Costa (2002), a concentração da matéria orgânica do chorume pode chegar a níveis de até 100 vezes o valor da concentração de matéria orgânica em esgotos domésticos. As concentrações presentes no lixiviado dependem da composição dos resíduos sólidos e das condições ambientais locais, como o pH, a temperatura, a umidade e o oxigênio disponível.

A variabilidade de composição do chorume é provocada por diferentes processos físicos e químicos que afetam constantemente a sua composição, exercendo, assim, influência sobre as suas características (LESSA, 2017).

O chorume possui elevada carga de poluentes orgânicos e inorgânicos e, ao entrar em contato com o solo, pode modificar de forma intensa, suas características, bem como as das águas subterrâneas, caso consiga alcançá-las (LEITE; BERNARDES; OLIVEIRA, 2004). A ação das chuvas colabora com a infiltração do chorume no solo, sendo carregado superficialmente contaminando solo e as águas superficiais e subterrâneas (ALMEIDA; ANGELIS, 2016).

Nos lixões, a contaminação do solo, do ar, e das águas superficiais e subterrâneas não são as únicas influências negativas da qualidade ambiental, há também a proliferação de vetores, que são responsáveis pela transmissão de diversas doenças que impactam diretamente a saúde da população (LEITE; BERNARDES; OLIVEIRA, 2004).

Após a desativação do lixão, o conjunto de problemas não cessa, visto que a geração de chorume pode alongar-se além de quinze anos, dependendo de vários fatores (POSSAMAI et al., 2007). A geração do chorume e seu escoamento são, sem dúvida

nenhuma, um dos problemas ambientais e de saúde públicas mais relevantes associados ao lixo (CEMPRE, 2018). Já Diniz (2016) afirma que quanto maior o tempo que a matéria orgânica fica aterrada, mais complexa vai se tornando a composição química do chorume.

O encerramento e a remediação de lixões compreende o processo que objetiva reduzir, o máximo possível, os impactos ambientais negativos causados pela deposição do resíduo, considerando-se a decisão de encerrar a operação no local, estabilizar a área e destiná-lo a uma utilização adequada no futuro (CEMPRE, 2018).

### 2.3 Importâncias do monitoramento

Existe uma sequência de providências mais econômicas que permitem minimizar impactos ambientais na remediação e fechamento dos lixões inativos, como: eliminar fogo e fumaça; limpar a área; providenciar cobertura final; drenar águas superficiais; drenar o biogás e o percolado do lixo; coletar o biogás e o percolado; efetuar monitoramento geotécnico e ambiental; efetuar manutenção das estruturas do aterro; elaborar projeto paisagístico e de uso futuro da área (ARAÚJO, 2015).

Depois de encerrada as atividades dos lixões, faz-se necessário o monitoramento da área desativada, pois, a decomposição dos resíduos sólidos depositados perdurará por décadas, alterando ambientalmente o local onde se encontra a área de recebimento de resíduos e o entorno, provocando a geração de gases, e a formação de chorume, que é o principal meio de contaminação do solo e das águas (FÁVARO, 2014).

Athayde Jr, et al. (2009) constataram em seus estudos que os lixões podem contaminar as águas subterrâneas e o monitoramento destas, nas proximidades dos lixões, deve ser mantido para a segurança da população que consome essas águas.

Para Nóbrega (2008) o monitoramento do chorume tem como objetivo analisar o comportamento da massa de resíduos remanescente disposta na célula e dessa forma, verificar a continuidade do processo de biodegradação da massa de lixo após a desativação do lixão. Assim, é possível verificar por meio de parâmetros a evolução do processo de decomposição da matéria orgânica, devido às características físico-químicas do lixiviado, em função da idade e dos eventos que ocorreram.

## 2.4 Parâmetros de análise de monitoramento de chorume

Devido à elevada complexidade e toxicidade do chorume, os parâmetros físicos e químicos como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), amônia, óleos e graxas, chumbo, alumínio, mercúrio, nitrito, nitrato e fosfato devem ser monitorados.

### 2.4.1 Demanda bioquímica de oxigênio

O chorume contém grande quantidade de matéria orgânica. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) expressa a quantidade de oxigênio que se faz necessário para degradar a matéria orgânica presente no líquido, através da decomposição microbiana aeróbica.

A “ $DBO_{5,20}$ ” ou “ $DBO_5$ ” é a representação dada para a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C. Dessa forma, valores altos deste parâmetro revelam uma elevada concentração de matéria orgânica, e conseqüente diminuição dos valores de oxigênio dissolvido (ANA, 2019).

### 2.4.2 Demanda química de oxigênio

A Demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro indispensável, pois ele avalia a quantidade de oxigênio necessário para degradar a matéria orgânica através de um agente químico. O uso de produtos químicos se faz necessário devido à resistência de certas substâncias aos microrganismos, portanto é considerado um processo de oxidação químico.

A relação entre a DQO e a  $DBO_5$  reflete a biodegradabilidade, ou seja, a fração biodegradável dos compostos orgânicos presentes no chorume (PACHECO, 2004). Os valores da DQO normalmente são maiores que os da  $DBO_5$ , sendo o teste realizado num prazo menor (CETESB, 2014).

### 2.4.3 Amônia

Silva et al. (2015) afirmam que a amônia, um dos subprodutos gerados pela decomposição dos resíduos sólidos, também pode causar toxicidade ao meio. Em elevadas concentrações ela torna-se tóxica, dificultando os processos de degradação. A amônia pode inibir os processos anaeróbios de decomposição (SILVA, 2016).

O nitrogênio na sua forma amoniacal, apresenta-se como amônia livre ou não-ionizada ( $\text{NH}_3$ ) e ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ), sendo a amônia total referente à soma destas formas (SILVA, 2016). Ainda referente a estudos do mesmo autor, a presença de nitrogênio amoniacal ocorre principalmente no lixiviado que, por conter altos teores dessa substância, dificulta a degradação biológica.

#### 2.4.4 Óleos e graxas

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São provenientes de despejos e resíduos industriais, resíduos sólidos, efluentes de oficinas mecânicas (CETESB, 2014).

Quando essas substâncias estão presentes em excesso, há dificuldade de degradação por microrganismos, pela sua baixa solubilidade.

#### 2.4.5 Chumbo

O chumbo (Pb) está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos (CETESB, 2014). É considerado um elemento abundante na natureza, e um dos metais mais antigos utilizados pelo homem. Desta maneira, o chumbo tem ampla aplicação industrial, e é empregado em grande parte na fabricação de baterias, fabricação de armas, composição de tintas, impressão, revestimento de cabos, construção civil e dispositivos para proteger radiografias (ATSDR, 2007 apud ROCHA, 2016).

Consequentemente, após o uso, grande parte torna-se rejeito sendo, posteriormente encaminhados à disposição final em lixões, aterros controlados e aterros sanitários. O lixiviado engloba compostos inorgânicos, como o chumbo, que possui propriedades de resistência no ambiente e bioacumulação.

#### 2.4.6 Alumínio

Valores elevados de alumínio (Al) existentes nos resíduos sólidos constituem potencial perigoso de elevada toxicidade, comprometendo o meio ambiente no qual está inserido, visto que, os resíduos sólidos continuam se degradando e contaminando as fontes externas (SILVA, 2015).

#### 2.4.7 Mercúrio

A disposição final inadequada desse metal causa inúmeros problemas ambientais. Materiais diversos, como PVC, pilhas, lâmpadas fluorescentes, interruptores, produtos farmacêuticos, entre outros, são fontes potenciais de mercúrio (Hg) (SPINOLA, 2004).

A principal via de exposição humana ao mercúrio é por ingestão de alimentos contaminados. O metal é altamente tóxico ao homem, apresenta efeito cumulativo e provoca lesões cerebrais (CETESB, 2014).

#### 2.4.8 Nitrato e Nitrito

A presença de nitritos e nitratos no meio é indicativa de ambientes aeróbios resultante do processo de nitrificação (MAIA, 2015), que corresponde um processo biológico que converte íons amônio em nitrito, e posteriormente em nitrato. O processo de nitrosação é a conversão de íons amônio em nitritos, e a nitrificação é a conversão de nitritos em nitratos.

De acordo com Von Sperling (2007 apud FLECK et al., 2015) caso a poluição seja recente, o nitrogênio pode aparecer na forma de nitrogênio orgânico ou amônia, e caso a poluição seja antiga, o nitrogênio pode aparecer geralmente como nitrato, visto que, as concentrações de nitrito são normalmente mais reduzidas.

Em relação à saúde pública, o nitrato está associado à doença conhecida como metahemoglobinemia e o nitrito pode ser responsável pela formação de substâncias carcinogênicas (BARBOSA, 2010).

#### 2.4.9 Fosfato

Os fosfatos orgânicos são a forma em que o fósforo compõe moléculas orgânicas, sendo um dos principais nutrientes para os processos biológicos. Entre as fontes de fósforo, destacam-se a matéria orgânica fecal e os detergentes superfosfatados, utilizados em grande escala (CETESB, 2014).

Altas concentrações de fosfatos podem promover o processo de eutrofização, sendo o mesmo considerado um parâmetro indispensável para caracterização de efluentes (CETESB, 2013 apud SAMPAIO, 2017).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição geral da pesquisa

Segundo Gerhardt e Silveira (2009) para se realizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciência, a metodologia é primordial, pois é o estudo da organização e dos caminhos a serem percorridos.

O presente estudo tem propósito explicativo, que Gil (2002) define que o objetivo primordial da pesquisa explicativa é identificar fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de fenômenos. Quanto à abordagem, caracteriza-se como quantitativa, pois sua interpretação foi obtida por observação de séries históricas e analisadas com o auxílio de métodos estatísticos. A pesquisa é classificada como documental e experimental, pois além da mesma ser desenvolvida em laboratório também dispõe de arquivos e relatórios de órgãos públicos e instituições privadas (GIL, 2002).

Para a pesquisa, foram realizadas coletas de chorume bruto nas células que tiveram finalizadas o processo de recuperação/remediação ambiental do antigo Lixão do Roger, na cidade de João Pessoa. Assim, as amostras seguiram para análise em laboratório, dos principais parâmetros físicos e químicos que compõe o chorume: demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), amônia, óleos e graxas, chumbo, alumínio, mercúrio, nitrito, nitrato e fosfato.

Depois de realizadas as análises dos parâmetros mencionados, os resultados foram adicionados e dispostos em tabelas que já apresentavam os dados da série histórica. Dessa forma, observou-se a variação do comportamento dos parâmetros através de gráficos.

#### 3.2 Lixão do Roger

Situado na região metropolitana de João Pessoa, no bairro Roger, o antigo lixão possui área de 17 hectares, estando assentado no manguezal adjacente ao rio Sanhauá, um dos mananciais mais importantes da cidade. O lixão que deveria ter vida útil de 03 anos funcionou ao longo de 45 anos (de 1958 a 2003). Quatro (04) anos antes de ser desativado, além de receber os resíduos sólidos urbanos da capital paraibana, também passou a receber os resíduos gerados pelos municípios de Bayeux e Cabedelo, totalizando em média 900 T.dia<sup>-1</sup> de lixo (ATHAYDE JR *et al.*, 2009).

Após sua desativação, em 2003, a Autarquia Municipal Especial de Limpeza Urbana (EMLUR) elaborou um projeto de recuperação/remediação ambiental da área degradada.

Assim, o antigo lixão foi dividido em 05 células para a realização das atividades de recuperação, que inclui a instalação de drenos para coleta de gases e de chorume. Apenas as células 01 e 02 foram finalizadas (PMJP, 2014), como pode ser observado na Figura 1:

Figura 1 - Vista aérea da região do antigo lixão do Roger



Fonte: Adaptado Google Earth.

Atualmente, o município de João Pessoa dispõe os resíduos sólidos no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP).

### 3.3 Coleta do chorume

O monitoramento foi realizado desde o ano 2006 nas células em que se apresentam concluídos os trabalhos de recuperação ambiental da área degradada, que correspondem, como já mencionado, às células 01 e 02.

A primeira coleta para análise do chorume bruto foi realizada em 13/09/2006 e a última (até o presente trabalho) foi na data de 06/11/2018, resultando em 12 anos de monitoramento ininterrupto, e totalizando 74 coletas executadas por mais de uma década. A autora participou de cinco campanhas de coletas. O estudo deste monitoramento faz parte do projeto de pesquisa denominado “Monitoramento Ambiental do Antigo Lixão do Roger”.

Dessa forma, como exemplo, a coleta de chorume bruto mais recente ocorreu nos poços das células 01 e 02, respectivamente. Em seguida, o líquido foi armazenado em garrafas de vidro e também em garrafas plásticas, como mostram as Figuras 2 e 3:

Figura 2 - Coleta do chorume bruto, realizado na célula 01



Fonte: arquivo pessoal (2018).

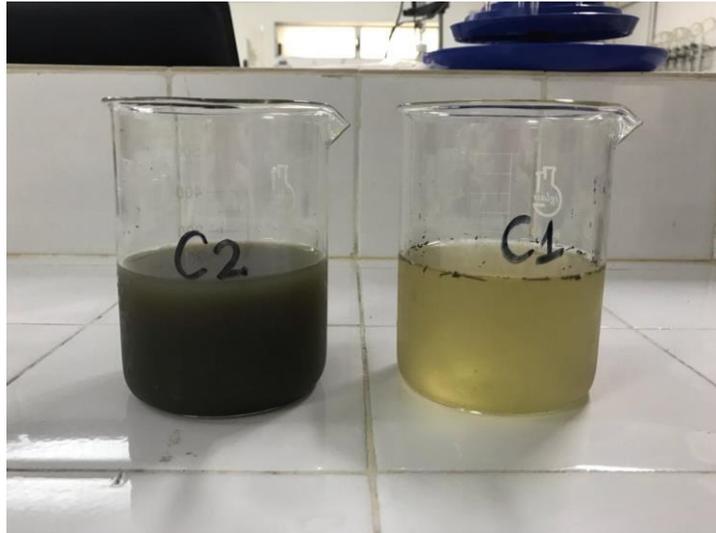
Figura 3 - Coleta do chorume bruto, realizado na célula 02



Fonte: arquivo pessoal (2018).

Depois de finalizada a coleta, o chorume foi encaminhado com as devidas medidas de segurança para a realização das análises físicas e químicas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LABSAM) da UFPB – Centro de Tecnologia, e armazenado sob refrigeração. A Figura 4 mostra o aspecto do chorume coletado.

Figura 4 - Amostra do chorume bruto



Fonte: arquivo pessoal (2018).

Todas as análises do chorume seguiram os procedimentos conforme o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 2012).

### 3.4 Análise dos resultados

Depois de finalizadas as análises no LABSAM, os resultados obtidos de cada parâmetro foram adicionados em tabelas no Excel que dispõem de dados históricos do Lixão desde o ano 2006.

Em seguida, foram elaborados gráficos considerando os parâmetros relacionados. Assim, para análise do comportamento do chorume, foram submetidos três tipos de gráficos para cada célula, sendo:

- Gráfico 1: DBO<sub>5</sub> e DQO
- Gráfico 2: Metais pesados (Chumbo, Mercúrio, Alumínio)
- Gráfico 3: Amônia, Nitrito, Nitrato

Importante esclarecer que houve descontinuidade no monitoramento do chorume devido a problemas que quase sempre tem acontecido durante a coleta, sendo a mais comum a obstrução de poços. Como mostra a Figura 5:

Figura 5 - Poço entupido



Fonte: arquivo pessoal (2018).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DBO<sub>5</sub> e DQO

É possível observar nos Gráficos 1 e 2 que durante todo o período de monitoramento a DQO apresentou valores mais elevados que a DBO<sub>5</sub>, expressando predominância da fração inerte (não biodegradável).

O lixão não é mais alimentado, ou seja, não recebe resíduo sólido desde sua desativação, no ano de 2003. Dessa forma eventuais valores altos de DBO<sub>5</sub> após o encerramento das atividades expressam inconsistência nos dados. Os picos isolados de DBO<sub>5</sub> podem ser interpretados como interferência de que fatores externos ocorreram durante as análises, como falta a de energia no laboratório.

Desde o início do monitoramento, os valores de DQO para a célula 01 ficaram entre: 160 e 6.870,5 mg.L<sup>-1</sup>, e para a célula 02 entre: 243,9 e 2.587,5 mg.L<sup>-1</sup>. De acordo com o Centro Empresarial para Reciclagem - CEMPRE (2018) os aterros que possuem chorume

com faixa de variação de DQO de 500 a 4.500 mg.L<sup>-1</sup> compreendem a fase metanogênica. Assim, consideram-se nessa fase as células 01 e 02, pois apresentam, respectivamente, 86,57% e 83,58%, dentro do intervalo citado.

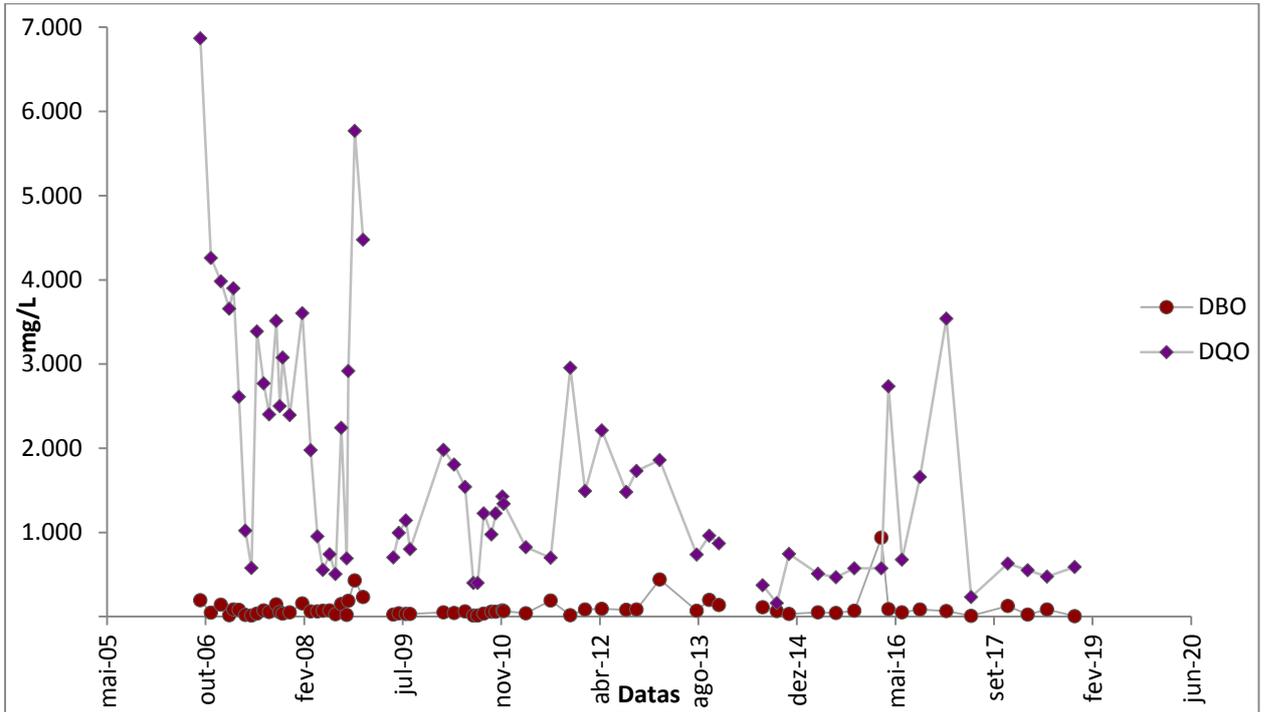
Os valores reduzidos de DBO<sub>5</sub> nas duas células confirmam que o chorume é proveniente de uma massa de resíduos antiga. As células 01 e 02 estão 88,06% e 74,63%, respectivamente dentro do intervalo de 20 a 550 mg.L<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub> que CEMPRE (2018) considera como sendo fase metanogênica.

A fase metanogênica é a etapa do processo de degradação da matéria orgânica biodegradável e é caracterizada pelas bactérias anaeróbias que consomem os compostos orgânicos simples, formados na fase acetogênica, resultando na geração de metano e dióxido de carbono.

Segundo Castilhos Jr. (2002, apud BUSSMANN, 2014) pode-se diferenciar as fases acetogênica e metanogênica através do valor da relação DBO<sub>5</sub>/DQO=0,4. Valores inferiores a 0,4 indicam a fase metanogênica e superiores a 0,4 determinam a predominância da fase acetogênica.

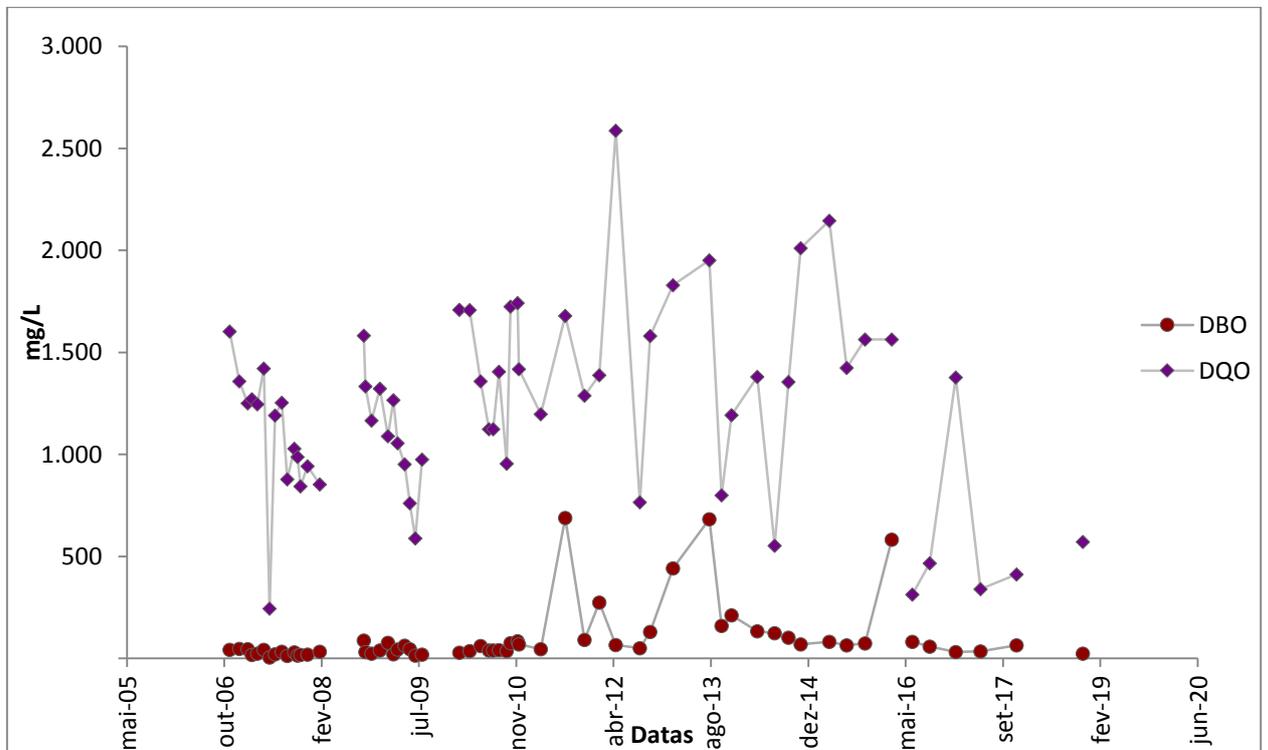
O aterro pode ser relacionado de acordo com a “idade”, podendo ser classificado em novo ou estabilizado. É caracterizado como estabilizado quando apresenta menor concentração de matéria orgânica biodegradável e elevada concentração de matéria orgânica refratária, apresentando relação DBO<sub>5</sub>/DQO<0,1 (GOMES et al., 2009 apud SANTOS, 2010). A relação DBO<sub>5</sub>/DQO encontrada foi de 0,01 para a célula 1 e de 0,04 para a célula 2, indicando processo de decomposição avançado, restando apenas material predominantemente recalcitrante.

Gráfico 1 - Comportamento dos parâmetros DBO<sub>5</sub> e DQO na célula 01



Fonte: elaboração própria (2019).

Gráfico 2 - Comportamento dos parâmetros DBO<sub>5</sub> e DQO na célula 02



Fonte: elaboração própria (2019).

## 4.2 Metais pesados

De acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011 que complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/2005, dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes. No parágrafo 1, Art. 16, estabelece que os efluentes oriundos de sistemas de disposição final de resíduos sólidos devem atender às condições e padrões definidos (BRASIL, 2011).

Os parâmetros chumbo e mercúrio estão presentes na referida Resolução, possuindo valores máximos de lançamento de ordem:  $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$  Pb e  $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$  Hg, respectivamente. Utilizando como base as condições limites foi possível comparar e verificar o comportamento dos dois parâmetros.

Os valores de chumbo permaneceram menores que o limite na célula 01 e foi excedido apenas uma vez na célula 02, com valor de  $0,75 \text{ mg.L}^{-1}$  em 16/09/2014. Já o mercúrio apresentou inconsistência nos resultados durante as primeiras campanhas de coletas, no fim de 2006 e início de 2007, apresentando valores muito acima do permitido, expressando um erro na execução da referida análise. Além disso, os valores encontrados apresentaram constância e foram bem abaixo do permitido para ambas as células.

Visto que a Resolução CONAMA nº 430/2011 não reporta sobre os valores máximos do alumínio presente no efluente, e como também o estado da Paraíba não possui legislação acerca dos padrões de lançamento de efluentes, os teores deste parâmetro foram comparados de acordo com a Resolução do Conselho Estadual Do Meio Ambiente – CONSEMA nº 355/2017 que dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos no estado do Rio Grande do Sul.

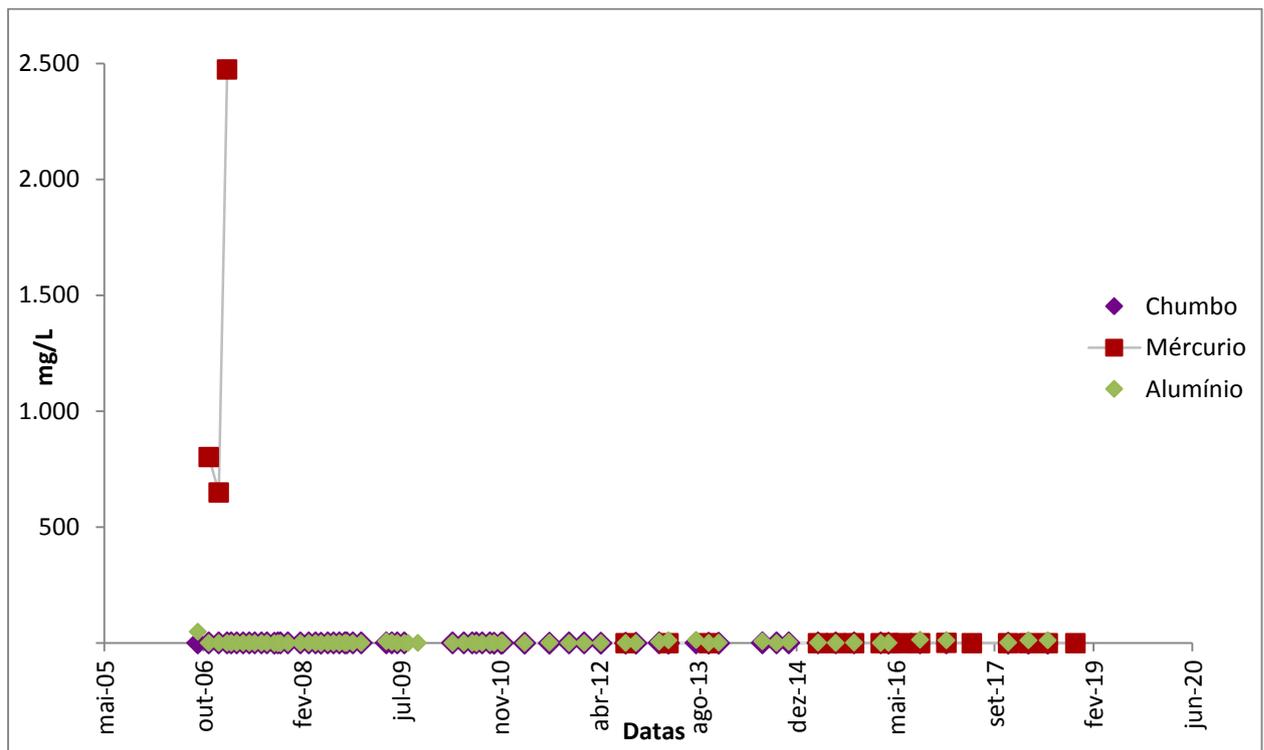
Segundo a referida resolução, o padrão de emissão do alumínio não deve ultrapassar  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ . Foram analisados que na célula 01, seis amostras ultrapassaram o valor limite, sendo cinco entre os anos de 2013 e 2018. Na célula 02, apenas em 09/04/2014 não ficou dentro do intervalo limite, registrando  $14,16 \text{ mg.L}^{-1}$ . Avaliando todo o período de monitoramento, pôde-se verificar que os teores de alumínio foram considerados relativamente baixos.

No geral, houve sempre uma correspondência entre os valores de chumbo, mercúrio e alumínio para as células. Os Gráficos 3 e 5 mostram os valores dos três parâmetros, já os Gráficos 4 e 6 desconsideram os eventuais valores elevados de mercúrio que foram

registrados no início do monitoramento, para que seja melhor observado o comportamento ao longo do tempo.

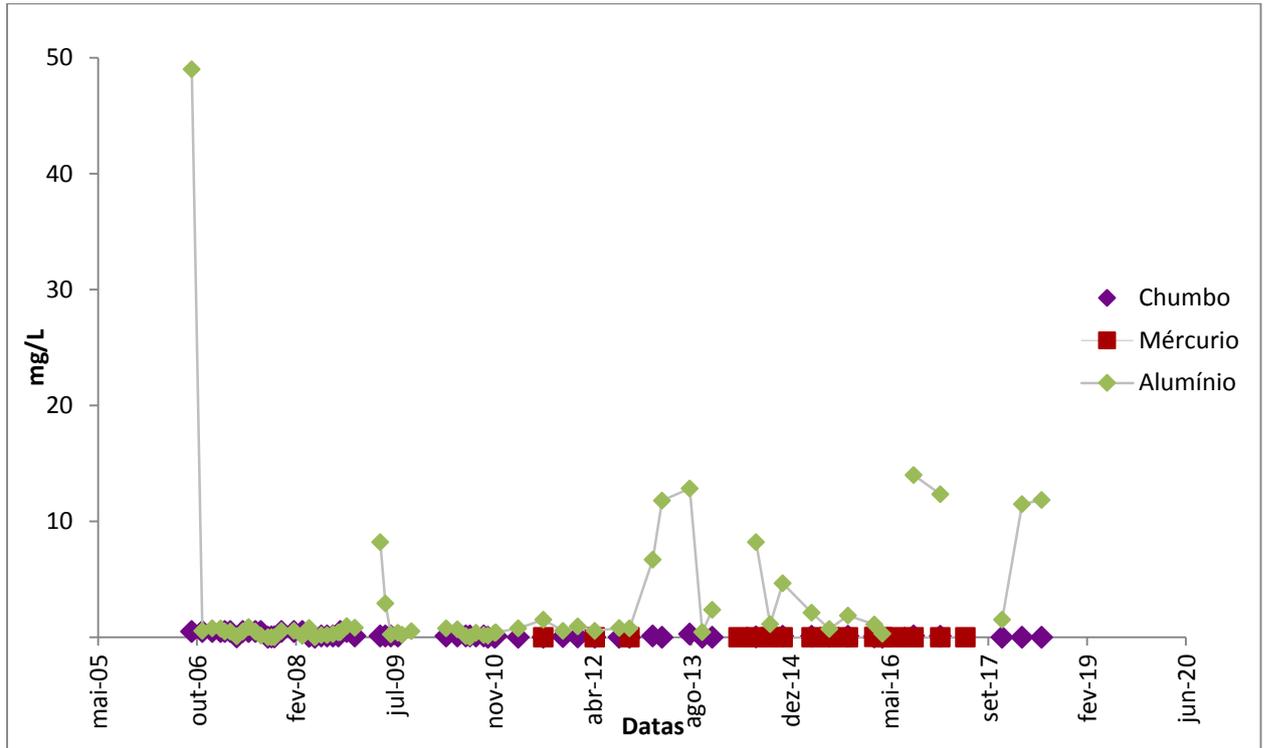
As concentrações de metais pesados presente no chorume tem relação com o tipo de resíduo recebido, sendo teoricamente concentrações menores com o resíduo sólido domiciliar e maiores com o resíduo sólido industrial.

Gráfico 3 – Comportamento dos parâmetros Pb, Hg, Al, na célula 01



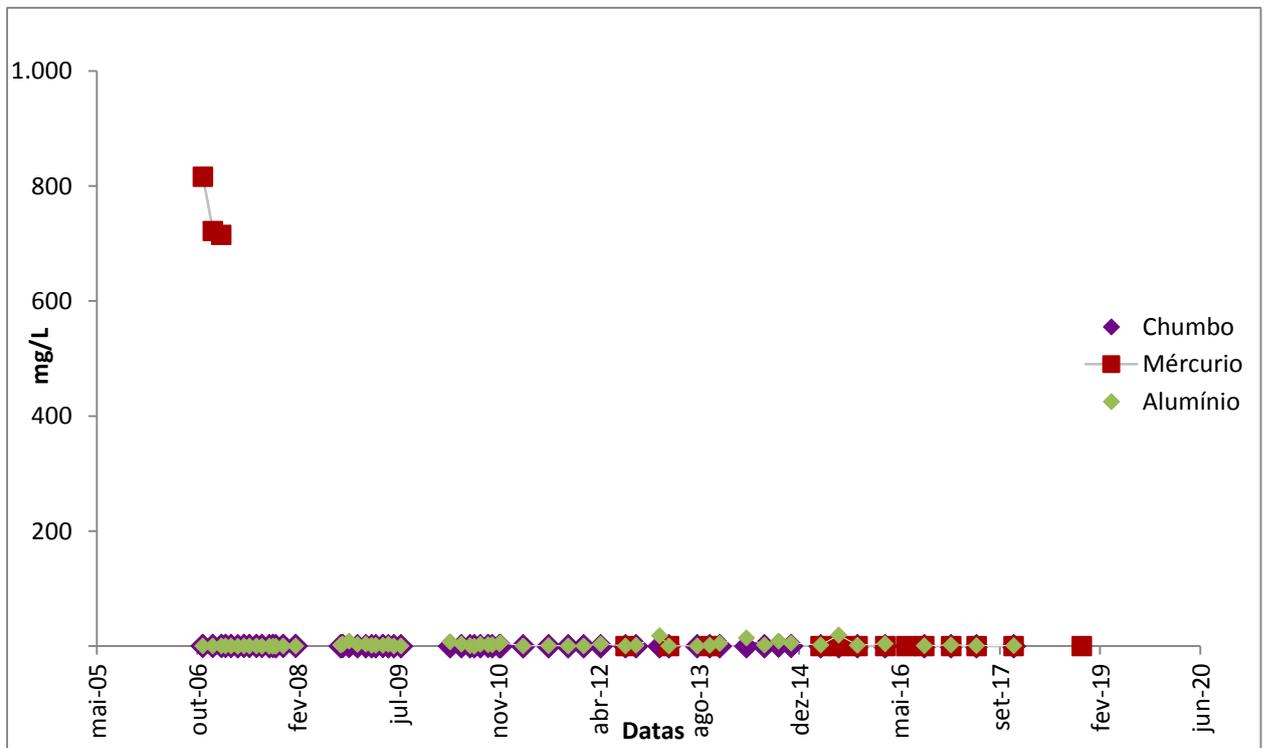
Fonte: elaboração própria (2019).

Gráfico 4 – Comportamento de Pb, Hg, Al com exclusão de três análises de Hg, célula 01



Fonte: elaboração própria (2019).

Gráfico 5 - Comportamento dos parâmetros Pb, Hg, Al, na célula 02



Fonte: elaboração própria (2019).

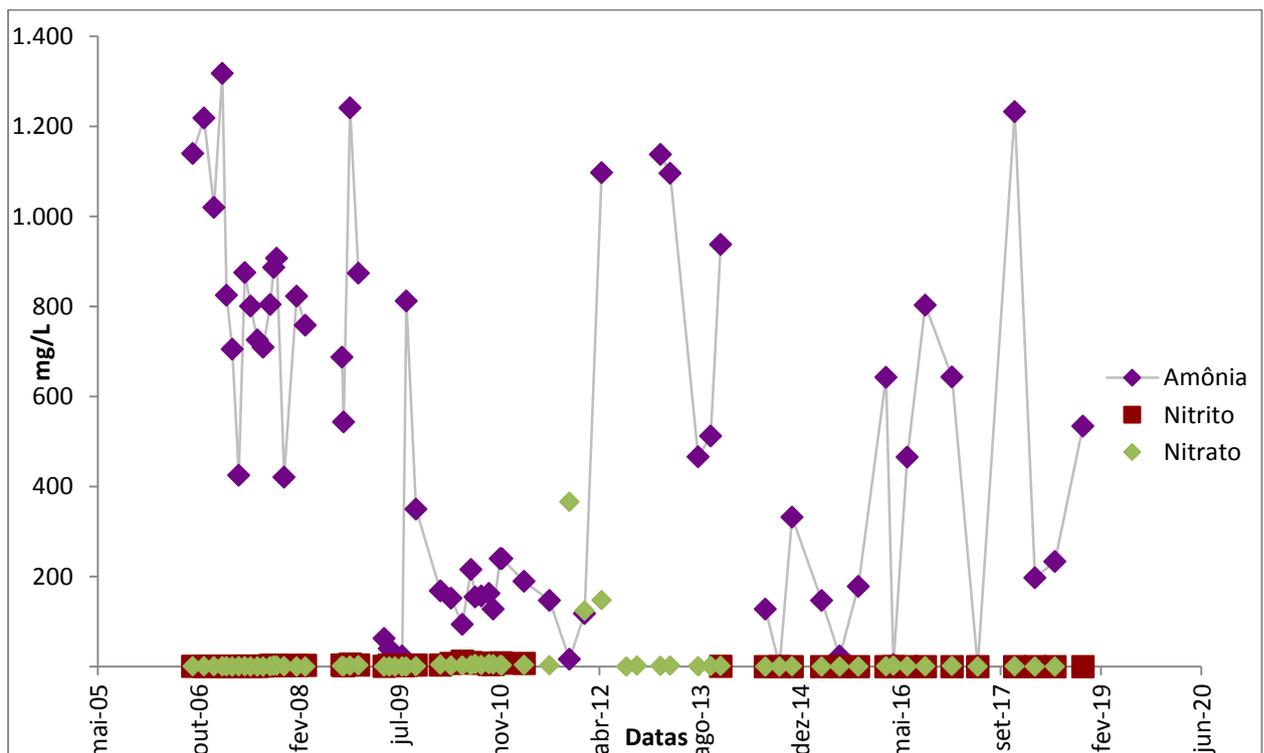


respectivamente  $1.318 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $1.729,6 \text{ mg.L}^{-1}$ , apresentando valores próximos aos mencionados anteriormente.

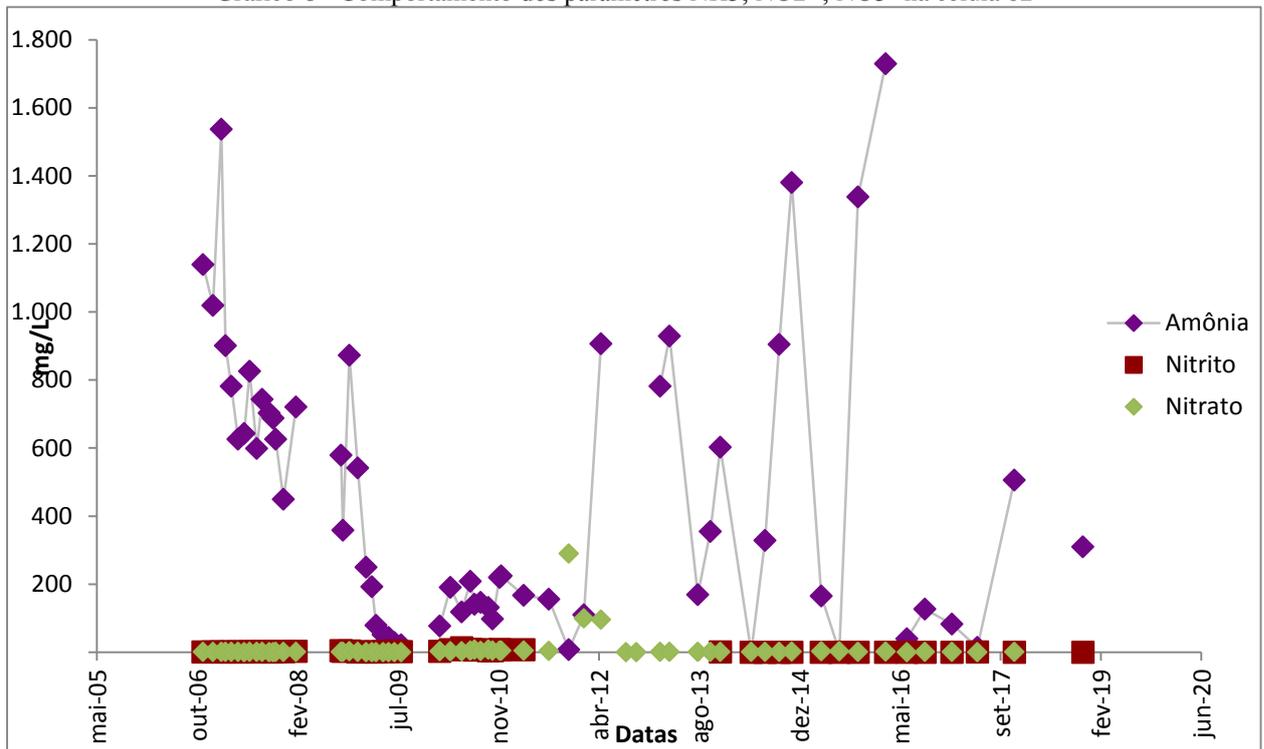
De acordo com CEMPRE (2018) para aterros consolidados com mais de 10 anos, os valores de nitrato devem ficar dentro da faixa de variação  $5\text{-}10 \text{ mg.L}^{-1}$ . Durante 12 anos de monitoramento os limites deste parâmetro foram ultrapassados apenas três vezes em coletas seguidas, para ambas as células, nas datas: 03/11/2011, 18/01/2012, 12/04/2012. As concentrações registradas nestas coletas foram cerca de 100 vezes maiores do que os outros valores de nitrato, indicando que ocorreu um possível erro de leitura e/ou execução nas análises.

Os valores de nitrito foram predominantemente maiores que os valores de nitrato, indicando que a condição anaeróbia predomina. Os Gráficos 7 e 8 mostram o comportamento dos parâmetros mencionados:

Gráfico 7 - Comportamento dos parâmetros  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  na célula 01



Fonte: elaboração própria (2019).

Gráfico 8 - Comportamento dos parâmetros NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na célula 02

Fonte: elaboração própria (2019).

#### 4.4 Fosfato e Óleos e graxas

O CEMPRE (2018) estabelece para aterro consolidado com mais de 10 anos, o limite de 8 mg.L<sup>-1</sup> para o ortofosfato. Pode-se considerar o mesmo valor característico para o parâmetro fosfato. Dessa forma, as concentrações de fosfato apresentaram-se satisfatórias para a célula 1 e 2, estando, respectivamente 83,08% e 79,03% dentro do limite considerado.

Os óleos e graxas apresentaram valores menores no início do monitoramento até o ano 2008, obtendo posteriormente valores maiores durante o fim de 2008 até início de 2013, e, voltando a decair e estabilizar até a última coleta. Atualmente, para este parâmetro não existe resolução que estabelece padrões de lançamento de efluentes.

## 5 CONCLUSÃO

As relações obtidas de DBO<sub>5</sub>/DQO foram: 0,01 para a célula 1 e de 0,04 para a célula 2, pode-se classificar o chorume de ambas as células como estabilizado.

Devido ao material recalcitrante e valores altos de DQO, as águas subterrâneas apresentam risco de contaminação caso haja percolação.

As concentrações de chumbo, mercúrio e alumínio foram baixas, indicando que os resíduos sólidos provenientes do Lixão do Roger eram predominantemente domiciliares.

As concentrações de amônia, nitrato e nitrito indicam que ainda há o processo de degradação da matéria orgânica em condição anaeróbia. Valores altos de amônia podem matar ou inibir os microrganismos, comprometendo assim, a degradação microbiológica.

Os valores de fosfato no chorume são característicos de um aterro consolidado, sendo mais um fator que expressa a estabilidade do chorume.

De acordo com os parâmetros analisados é possível afirmar que o processo de decomposição da matéria orgânica se encontra em fase avançada nas massas de resíduos das células 1 e 2.

As atividades realizadas no antigo Lixão do Roger provocaram degradação do solo, poluição do ar e grande risco de contaminação das águas subterrâneas.

Vale ressaltar que no Brasil a legislação específica que dispõe sobre condições e padrões para efluentes aborda poucos parâmetros.

## 6 REFERÊNCIAS

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo. 2017. Relatório.

ALMEIDA, N. C.; ANGELIS, D. F. Chorume gerado em Aterros Sanitários: interferências na saúde ambiental, 2016.

ANA (Agência Nacional das Águas). **Portal da qualidade das águas**. Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (iqa), 2019. <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>

APHA – AWWA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20. ed. USA. 1998.

ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; NÓBREGA, C. C.; GADELHA, C. L. M.; SOUZA, I. M. F.; FAGUNDES, G. S. Efeito do antigo Lixão do Roger, João Pessoa, Brasil, na qualidade de água subterrânea local. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 142-155, 2009.

BARBOSA, J. S. B. **Remoção biológica de nitrogênio de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos por nitrificação e desnitrificação via nitrito**. Dissertação (Mestrado) – Tecnologia ambiental e recursos hídricos – Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

BECEGATO, V. R. Monitoramento dos níveis de metais pesados e aplicação da técnica gamaespectrométrica no lixão desativado de Lages-SC. Palhoça, 2015.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010.

BRASIL. Projeto de Lei N. 7.462, de 2017 (Câmara dos Deputados). Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário da Câmara dos Deputados**, Brasília, 2017. Acesso em: <  
[http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=2A986D8590DDC34C44A1A68704BA6838.proposicoesWebExterno1?codteor=1547766&filename=PL+7462/2017](http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=2A986D8590DDC34C44A1A68704BA6838.proposicoesWebExterno1?codteor=1547766&filename=PL+7462/2017)>

BUSSMANN, J. Variação da carga orgânica relacionado ao volume do lixiviado gerado em aterro sanitário. Monografia – Graduação em Engenharia Ambiental – Centro Universitário Univates. Lajeado, 2014.

CASSINI, A. S.; ALVES, L. R.; TESSARO, I. C. Estudo do aumento da biodegradabilidade de chorume de aterro sanitário. Florianópolis, 2014.

CEMPRE (Compromisso Empresarial Para Reciclagem). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado** / Coordenação geral André Vilhena. – 4. ed. – São Paulo (SP), 2018.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais**. Apêndice D - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade, 2014.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 430/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Brasil, 2011.

CONSEMA – Conselho Estadual Do Meio Ambiente. Resolução CONSEMA n° 355 de 2017. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. **Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**, Porto Alegre, 2017. Acesso em: < [http://www.laboratoriogreenlab.com.br/images/pdf\\_gerais/Consema\\_355-2017.pdf](http://www.laboratoriogreenlab.com.br/images/pdf_gerais/Consema_355-2017.pdf)>

COSTA, P. O. S. **Avaliação em Laboratório, do Transporte de Contaminantes no Solo do Aterro Sanitário de Sauipe/BA**. Dissertação (Mestrado) - Pontifício Católico, Rio de Janeiro, 2002.

DINIZ, L. C. C. Avaliação do impacto do chorume produzido pelo aterro sanitário da cidade de Ponta Grossa na qualidade das águas da bacia do Rio Cará-Cará. Ponta Grossa, 2016.

DUARTE, M. B. C. P. **Os impactos socioambientais decorrentes de lixões: Estudo de caso do Sítio Gulandin – Limoeiro de Anadias**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2018.

FÁVARO, B. L. Avaliação ambiental de propriedades químicas do solo em lixão desativado do município de Rolândia-PR. Londrina, 2014.

FLECK, L.; TAVARES, M. H. F.; EYNG, E. Remoção biológica de nitrogênio em efluentes líquidos: uma revisão. Revista EIXO, v. 4, n. 2, julho-dezembro, Brasília-DF, 2015.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**/[organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOUVEIA, N.; PRADO, R. R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. **Revista Saúde Pública**, p. 859-866, 2010.

LEITE, C. M. B.; BERNARDES, R. S.; OLIVEIRA, S. A. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.111-115, 2004 Campina Grande, PB.

LESSA, A. C. V. Caracterização do chorume do centro de gerenciamento de resíduos de Sergipe. Aracaju, 2017.

LIMA, J. S. Avaliação da contaminação do lençol freático do lixão município de São Pedro da Aldeia – RJ. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

LINS, M. C. M. Avaliação microbiológica e fitotóxica do chorume da estação de tratamento do aterro da Muribeca – PE. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.

MAIA, I. C et al. Avaliação do tratamento biológico de lixiviado de aterro sanitário em escala real na Região Sul do Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.4, out/dez, p. 665-675, 2015.

MEDEIROS, G. A.; REIS, F. A. G. V.; SIMONETTI, F. D. et al. Diagnóstico da qualidade da água e do solo no lixão de Engenheiro Coelho, no estado de São Paulo. **Revista Engenharia Ambiental** – Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 2, p. 169-186, mai/ago, 2008.

MORAES, C. L.; LAVNITCKI, L., BECEGATO, V. R.; BAUM, C. A., BECEGATO, V. A.; PAULINO, A. T.; HENKES, J. A. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e biológicos da água e do chorume na área de influência do lixão desativado do município de Lages-SC. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 149-164, out./dez. 2017.

MORAIS, J. L.; SITORI, C.; ZAMORA, P. G. P. Emprego de processos oxidativos avançados visando o aumento da biodegradabilidade de chorume de aterro sanitário. ICTR, 2004 – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e desenvolvimento sustentável. Florianópolis, 2004.

NASCIMENTO, D. S. Qualidade ambiental do solo no lixão desativado de Cidade Nova, Natal-RN. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. Natal-RN, 2017.

Nóbrega, C. C.; Ferreira, J. W. O.; Athayde Jr., G. B.; Gadelha, C. L.; Costa, M. D. Monitoramento de chorume no antigo lixão do Roger em João Pessoa – Paraíba – Brasil. **Revista REDISA**, I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2008.

PACHECO, J. R. Estudo de certas potencialidades de processos oxidativos avançado para o tratamento de percolado de aterro sanitário. Dissertação (Mestrado em Química Analítica), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA (PMJP). **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS):** Diagnóstico. João Pessoa: Prefeitura do Município de João Pessoa, 2014.

POSSAMAI, F. P. et. al. Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente. **Revista de Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p. 171-179, Janeiro/Março 2007.

RAMOS, P. V. T. A.; GUARIDO, C. E. M.; PIRES, G. D.; SILVEIRA, C. R. D. A. A gestão ambiental: melhoria do processo produtivo no tratamento de resíduos sólidos urbanos

com recuperação energética. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 4, n. 5, Edição Especial, p. 2081-2096, ago. 2018.

RIGUETTI, P. F.; CARDOSO, C. A. L.; CAVALHEIRO, A. A.; LENZI, E.; FIORUCCI, A. R.; SILVA, M. S. Manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e crômio no chorume de aterro sanitário em Dourados, MS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, vol. 10 n. 1 Taubaté – Jan. / Mar. 2015.

ROCHA, T. M. Determinação das concentrações dos metais cádmio, chumbo e mercúrio na área do lixão desativado de Buriticupu, MA. Dissertação (Mestrado em Ciências). Rio de Janeiro, 2016.

SAMPAIO, C. R.; FREITAS, F. R.; SANTI, R.; BARRELLA, W.; PUSCEDDU, F. H.; CORTEZ, F. S.; PEREIRA, C. D. S. Avaliação da qualidade ambiental do Rio dos Bugres, complexo estuarino de Santos e São Vicente (São Paulo, Brasil). **UNISANTA Bioscience**, Vol. 6, nº 4, p. 248 – 257. 2017.

SANTOS, A. S. P. Aspectos Técnicos e Econômicos do Tratamento Combinado de lixiviado de Aterro Sanitário com Esgoto Doméstico em Lagoas de Estabilização. Tese de Doutorado. Programa de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, A. S.; RIBEIRO, L. S.; PAIVA, W.; MELO, M. C.; MONTEIRO, V. E. D. Avaliação do potencial tóxico dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB. *Revista Matéria*. Rio de Janeiro. v.20, n.4, p.840-851, 2015.

SILVA, A. S. Análise de componentes tóxicos em resíduos sólidos urbanos. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2016.

SOUZA, P. S.; GONÇALVES, N. A. L.; CURI, R. C. Gestão dos resíduos sólidos no Município de Queimadas (Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil) segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 10, p. 739-752, 2018.

SPINOLA, E. C. Mercúrio na área de disposição final dos resíduos sólidos do município de SÃO Pedro da Aldeia – RJ. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal Fluminense – UFF. Niterói, 2004.