



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
SUSTENTÁVEL

**LUCAS FERNANDES DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE  
INFLUÊNCIA DIRETA DO LIXÃO DE JUAZEIRO DO NORTE - CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - PRODER, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.

**Orientador (a):** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Gorethe de Sousa Lima Brito

**Coorientador(a):** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Patricia Nunes Bandeira

Crato - CE

2022

LUCAS FERNANDES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE  
INFLUÊNCIA DIRETA DO LIXÃO DE JUAZEIRO DO NORTE - CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - PRODER, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.

**Orientador (a):** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Gorethe de Sousa Lima Brito

**Coorientador(a):** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Patricia Nunes Bandeira

Crato - CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.  
Universidade Federal do Cariri.  
Sistema de Bibliotecas.

---

- S237a Santos, Lucas Fernandes dos.  
Avaliação da degradação socioambiental da área de influência direta do lixão de Juazeiro do Norte - CE / Lucas Fernandes dos Santos. – 2022.  
99 f.: il. color. 30 cm
- Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Cariri, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), Crato, 2022.
- Orientação: Profa. Dra. Maria Gorethe de Sousa Lima Brito.  
Coorientação Profa. Dra. Ana Patricia Nunes Bandeira.
1. Resíduos sólidos. 2. Degradação ambiental. 3. Problemas sociais. I. Título.

CDD 628.74

---

Bibliotecária: Glacínésia Leal Mendonça  
CRB 3/925

LUCAS FERNANDES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE  
INFLUÊNCIA DIRETA DO LIXÃO DE JUAZEIRO DO NORTE - CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável - PRODER, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.

Área de concentração: Desenvolvimento Regional Sustentável.

Linha de Pesquisa: Meio Ambiente.

**Orientador (a):** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Gorethe de Sousa Lima Brito

**Coorientador(a):** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Patricia Nunes Bandeira

Aprovada em: 30/12/2022

**BANCA EXAMINADORA**

**Maria Gorethe de Sousa Lima Brito – UFCA - orientadora-presidente**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MARIA GORETHE DE SOUSA LIMA BRITO  
Data: 30/12/2022 11:05:34-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

**Ana Patrícia Nunes Bandeira – UFCA – coorientadora - membro interno**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ANA PATRICIA NUNES BANDEIRA  
Data: 30/12/2022 12:03:31-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

**Ana Célia Maia Meireles – UFCA – membro interno**

*Ana Célia Maia Meireles*

**Fernando José Araújo da Silva – UFC – membro externo**

*Fernando José Araújo da Silva*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo o dom da vida.

A minha família, em especial a minha mãe, Cícera Felipe Fernandes, ao meu pai, Antônio José dos Santos que sempre me incentivaram e me apoiaram na realização dos meus sonhos, dando-me sempre apoio e colo quando meu mundo desabava. Ao meu irmão, Rafael Fernandes, que mesmo compartilhando de uma realidade diferente da minha, sempre me apoiou, ajudou, aconselhou, preocupou-se e acima de tudo, vibrou cada conquista comigo. Aos meus afilhados, Isaías, Francisco Luiz e Perólla por serem minha fonte de inspiração em buscar sempre ser um ser humano melhor, e por me proporcionar os melhores e mais bobos sorrisos e as mais puras conversas.

Aos meus amigos e amigas que me acompanharam nessa trajetória e em tantas outras, desde os mais antigos aos que chegaram a não muito tempo, sou muito feliz por cada momento vivido e por todo aprendizado. Gratidão por ter vocês em minha vida.

A minha orientadora e coorientadora, Maria Gorethe e Ana Patrícia por todo o apoio, paciência, aprendizado e oportunidades que me proporcionaram crescimento pessoal e profissional, meus mais sinceros e eternos agradecimentos.

A minha colega e amiga do mestrado, Priscilla, que muito contribuiu para o desenvolvimento desta pesquisa, tanto em campo, quanto em laboratório. Aos colegas Cícero, Fernanda e Lara que também se fizeram presente durante alguma etapa deste trabalho. Meus mais sinceros agradecimentos.

Aos meus amigos Ana Carla e Milson que sempre abriram as portas do seu lar para me receberem e me hospedar sempre que precisei de estadia durante as atividades do mestrado.

A banca examinadora pela a atenção, dedicação e contribuição dada ao meu trabalho.

A CAPES e a UFCA pelo financiamento e pela disponibilidade de suas estruturas e equipamentos que favoreceram o desenvolvimento desta pesquisa.

A Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte - AMAJU e toda a sua equipe que contribuíram com a disponibilidade de transportes que possibilitaram a realização das coletas e visitas na área de estudo.

A toda a equipe dos laboratórios de saneamento e geotecnia da UFCA.

## RESUMO

Um dos grandes problemas socioambientais da atualidade existente em áreas urbanas ainda é a destinação final inadequada dos resíduos sólidos. No Brasil, mesmo com a determinação do encerramento dos lixões pela lei 12.305/2010, que sancionou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, existem sérias questões envolvendo aspectos socioeconômicos e ambientais que dificultam tal encerramento. Em Juazeiro do Norte - CE, por exemplo, existe, desde o ano 2018, um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para a área do antigo lixão. Dentre as medidas voltadas para a avaliação da eficácia do desempenho das intervenções adotadas para a recuperação da referida área está o monitoramento da qualidade da água superficial. Porém, além desta medida só ter sido realizada em 2018, nenhum estudo mais completo foi realizado, e nem proposto no PRAD, para avaliar as condições socioeconômicas e demográficas da população que mora no entorno da área do lixão e dos catadores de resíduos recicláveis. Neste contexto, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a degradação socioambiental da área de influência direta do antigo lixão de Juazeiro do Norte - CE. Para isto, foram elaborados mapas de hipsometria e direção dos fluxos superficiais da área, realizadas análises físico-químicas (DQO, OD, SD, pH, CE e T) em amostras de água coletadas nas lagoas naturais e de chorume, localizadas na área do lixão e no seu entorno, e coletadas amostras de solo no referido vazadouro para análise dos parâmetros COT, C-lábil, CSA, pH e CE. Para o tratamento estatístico dos dados obtidos das análises das amostras de água e de solos foi utilizado o software PAST. Também foram aplicados formulários, contendo questões relacionadas a conjuntura socioeconômica e de trabalho dos catadores de resíduos recicláveis, e sobre questões sociais, de saúde e bem estar dos moradores adjacentes à área do lixão. A partir dos resultados obtidos constatou-se que, no período de estiagem, os valores médios de DQO na lagoa de chorume e na lagoa natural, localizada dentro da área do lixão, eram característicos de chorume, com concentrações de 3.383mg/L e 1.754,67 mg/L, respectivamente, enquanto no final do período chuvoso, pelo efeito da diluição, os valores de DQO reduziram significativamente (120 mg/L na lagoa de chorume e 42 mg/L na lagoa natural). Também foi verificada a não conformidade dos valores de OD a Resolução 357/2005 do CONAMA, para corpos d'água de classe 2. Ainda verificou-se a qualidade do solo e se suas características físicas contribuem para a percolação do chorume nas camadas subsuperficiais do solo, constatando a interferência do lixão nas condições químicas do solo e no favorecendo da contaminação por meio da composição granulométrica do solo. Por fim, observou-se que a saúde e a qualidade de vida da população da área estudada também foram fortemente afetadas pelo lixão. Outro grupo que também sofria com os efeitos nocivos do lixão eram os catadores, que trabalhavam em condições subumanas, expostos aos diversos riscos e a jornadas exaustivas de trabalho. Esse grupo de trabalhadores teve suas condições agravadas com a chegada da pandemia da Covid-19, uma vez que afetou sua renda e sua saúde mental.

**Palavras Chaves:** Resíduos; Degradação ambiental; Problemas sociais.

## ABSTRACT

One of the major socio-environmental problems currently existing in urban areas is the inadequate final destination of solid waste. In Brazil, even with the determination of the closure of landfills by law 12.305/2010, which sanctioned the National Solid Waste Policy, there are serious issues involving socioeconomic and environmental aspects that make such closure difficult. In Juazeiro do Norte - CE, for example, since 2018, there has been a Plan for the Recovery of Degraded Areas (PRAD) for the area of the old dump. Among the measures aimed at evaluating the effectiveness of the performance of interventions adopted for the recovery of that area is the monitoring of surface water quality. However, in addition to this measure only being carried out in 2018, no more complete study was carried out, nor proposed in the PRAD, to assess the socioeconomic and demographic conditions of the population living around the dump area and recyclable waste pickers. In this context, this research aimed to evaluate the socio-environmental degradation of the area of direct influence of the old landfill in Juazeiro do Norte - CE. For this purpose, hypsometric maps and direction of surface flows in the area were prepared, physical-chemical analyzes (COD, OD, SD, pH, EC and T) were carried out on water samples collected in natural and manure lakes, located in the area of the landfill and its surroundings, and soil samples were collected from the said dump for analysis of TOC, labile-C, CSA, pH and EC parameters. For the statistical treatment of data obtained from the analysis of water and soil samples, the PAST software was used. Forms were also applied, containing questions related to the socioeconomic and work situation of recyclable waste collectors, and on social, health and well-being issues of residents adjacent to the landfill area. From the results obtained, it was found that, during the dry season, the average COD values in the leachate lagoon and in the natural lagoon, located within the landfill area, were characteristic of leachate, with concentrations of 3,383mg/L and 1,754.67 mg/L, respectively, while at the end of the rainy season, due to the dilution effect, the COD values reduced significantly (120 mg/L in the leachate lagoon and 42 mg/L in the natural lagoon). The non-compliance of the OD values with CONAMA Resolution 357/2005, for class 2 water bodies was also verified. The quality of the soil was also verified and whether its physical characteristics contribute to the leachate percolation in the subsurface layers of the soil, verifying the interference of the dump in the chemical conditions of the soil and in the favoring of the contamination through the granulometric composition of the soil. Finally, it was observed that the health and quality of life of the population in the studied area were also strongly affected by the dump. Another group that also suffered from the harmful effects of the landfill were the collectors, who worked in subhuman conditions, exposed to various risks and exhausting workdays. This group of workers had their conditions worsened with the arrival of the Covid-19 pandemic, as it affected their income and mental health.

**Keywords:** Waste; Ambiental degradation; Social problems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de classificação de resíduos sólidos de acordo com a NBR 10004:2004. ....	19
Figura 2 - Hierarquia de prioridade na gestão de resíduos. ....	22
Figura 3 - Problemas relacionados à disposição inadequada de resíduos sólidos. ....	25
Figura 4 - Mecanismos associados à migração de contaminantes em solos. ....	31
Figura 5 - Esquema de contaminação do solo e da água a partir da disposição incorreta de resíduos. ....	32
Figura 6 - Localização do lixão na bacia hidrográfica do Rio Salgado. ....	34
Figura 7 - Etapas para obtenção dos dados da pesquisa. ....	37
Figura 8 - Localização dos pontos de coleta de água e solo na área do Lixão de Juazeiro do Norte-CE. ....	39
Figura 9 - Ordem de grandeza do coeficiente de permeabilidade em solos saturados (ROMANEL, 2019). ....	44
Figura 10 - Biofilme em substratos naturais e artificiais no ponto 5. ....	57
Figura 11 - Conexão entre a lagoa de chorume e a lagoa natural interna, totalmente coberta por alfaces d'aguas. ....	58
Figura 12 - Curvas granulométricas dos solos. ....	67
Figura 13 - Hipsometria e direção dos fluxos superficiais da área do lixão de Juazeiro do Norte-CE. ....	90
Figura 14 - Hipsometria da área do lixão de Juazeiro do Norte-CE. ....	91
Figura 15 - Relatório de Sondagem SPT. ....	92

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Concentrações de DQO ao longo dos pontos de coleta. ....	50
Gráfico 2 - Distribuição de valores de SD nos pontos de coleta. ....	53
Gráfico 3 - Valores de CE nos pontos de coleta. ....	54
Gráfico 4 - Valores de temperatura ao longo dos pontos de coleta. ....	55
Gráfico 5 - Concentrações de OD nos pontos de coleta. ....	58
Gráfico 6 - Distribuição dos valores de pH nos pontos. ....	59
Gráfico 7 - Valores de pH do solo. ....	62
Gráfico 8 - Valores de CE do solo. ....	64
Gráfico 9 - Concentrações de COT no solo ao longo das coletas. ....	64
Gráfico 10 - Concentrações de carbono lábil no solo. ....	65
Gráfico 11 - Concentrações de carbono solúvel nas amostras de solo. ....	66
Gráfico 12 - Distribuição dos catadores por sexo. ....	71
Gráfico 13 - Nível de escolaridade dos catadores. ....	71
Gráfico 14 - Carga horária diária trabalhada. ....	72
Gráfico 15 - Dias trabalhados por semana. ....	72
Gráfico 16 - Grau de esforço físico realizado pelos catadores. ....	73
Gráfico 17 - Renda semanal adquirida como catador. ....	73
Gráfico 18 - Catadores que tiveram perda de renda. ....	74
Gráfico 19 - Permanência do trabalho no lixão durante a pandemia. ....	74
Gráfico 20 - Percepção sobre o aumento de catadores. ....	75
Gráfico 21 - Percepção na mudança da massa de resíduos durante a pandemia. ....	75
Gráfico 22 - Efeito da pandemia sobre a saúde mental dos catadores. ....	76
Gráfico 23 - Tempo de residência dos moradores na área de influência do lixão. ....	77
Gráfico 24 - Ocupação dos moradores entrevistados na área do lixão. ....	77
Gráfico 25 - Escolaridade do grupo de moradores. ....	78
Gráfico 26 - Interferência do lixão sobre a qualidade de vida dos moradores. ....	78
Gráfico 27 - Influência do lixão na desvalorização de imóveis e terrenos. ....	79
Gráfico 28 - Contribuição do lixão no surgimento de doenças nos moradores. ....	79
Gráfico 29 - Transtornos perceptíveis pela população em decorrência da presença do lixão. ....	80
Gráfico 30 - Vontade dos moradores em se mudar do local. ....	80
Gráfico 31 - Percepção dos problemas ambientais causados pela presença do lixão. ....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disposição final de RSU nas regiões em 2019 .....	24
Tabela 2 - Valores típicos de coeficiente de permeabilidade para solos sedimentares (Pinto, 2000). .....	33
Tabela 3 - Classificação do solo de acordo com a permeabilidade (Head, 1994). .....	33
Tabela 4 - Localização geográfica dos pontos amostrais nas lagoas naturais, na lagoa de chorume e em solos investigados nesta pesquisa. ....	40
Tabela 5 - Cronograma de coletas em campo. ....	41
Tabela 6 - Parâmetros determinados nas amostras de água, e de solo, e suas respectivas metodologias. ....	41
Tabela 7 - Ensaio físicos de solo e suas metodologias. ....	42
Tabela 8 - Estatística descritiva dos parâmetros analisados em amostras de água. ....	46
Tabela 9 - Resultados do teste de Kruskal Wallis aplicado aos dados dos parâmetros avaliados. ....	49
Tabela 10 - Estatística descritiva para os parâmetros de solo. ....	60
Tabela 11 - Variações significativas dos parâmetros com base no teste de Kruskal-Wallis. ....	62
Tabela 12 - Caracterização básica das amostras de solo. ....	67
Tabela 13 - Descrição do perfil do ensaio SPT. ....	68

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELP - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública

ACS – Agente Comunitário de Saúde

AID – Área de Influência Direta

AMAJU - Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte

C – Carbono

CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CE – Condutividade Elétrica

C-lábil – Carbono Lábil

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COT – Carbono Orgânico Total

CSA – Carbono Solúvel em Água

CV – Coeficiente de Variação

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPIs - Equipamentos de Segurança Individual

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IES - Índice de Exclusão Social

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

LL – Limite de Liquidez

LP – Limite de Plasticidade

NBR – Norma Brasileira

OD – Oxigênio Dissolvido

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

P1S – Ponto de Solo 1

P2S – Ponto de Solo 2

PCS – Ponto de Solo Controle

PforR - Programa para Resultados

pH – Potencial Hidrogeniônico

PIB – Produto Interno Bruto

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

RS – Resíduos Sólidos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SD – Sólidos Dissolvidos

SEMA - Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Ceará

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SD – Sólidos Dissolvidos

UFCA – Universidade Federal do Cariri

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1. Objetivo Geral.....	17
2.2. Objetivos Específicos .....	17
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
3.1. Resíduos Sólidos.....	18
3.2. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos .....	21
3.3. Destinação e Disposição Final de Resíduos Sólidos .....	23
3.4. Impactos Socioambientais Associados à Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos .....	26
3.5. Os ODS Frente à Problemática dos Lixões .....	28
3.6. Impactos na Água e no Solo .....	29
3.7. Área de Estudo.....	33
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
4.1 Tipo de Pesquisa .....	37
4.2 Pontos de Coleta .....	38
4.3 Amostragem e Métodos de Análise físico-química da Água e do Solo .....	40
4.4 Ensaio geotécnicos .....	42
4.5 Limite de Liquidez.....	42
4.6 Limite de plasticidade.....	43
4.7 Condutividade hidráulica de solo saturado .....	43
4.8 Perfil do solo e índice de resistência à penetração.....	44
4.9 Aspectos Sociais dos Catadores e dos Moradores Adjacentes à Área do Lixão 45	
4.10 Análise Estatística.....	45
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>46</b>
5.1. Análise da Água.....	46
5.2. Análise da Qualidade Química do Solo .....	60
5.3. Ensaio Geotécnicos .....	66
5.3.1 Granulometria, LL e LP .....	66
5.4 Conjuntura Socioeconômica dos Catadores.....	69
5.5 O lixão e a População Adjacente .....	76

<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICES - FORMULÁRIOS .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS – MAPAS DE HIPSOMETRIA E DIREÇÃO DOS FLUXOS SUPERFICIAIS DA ÁREA DE ESTUDO, E RELATÓRIO DE SONDA GEM SPT.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>93</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A organização do homem em sociedade favoreceu o adensamento da população em áreas férteis e propícias ao desenvolvimento, contribuindo assim, para o surgimento das cidades. Atrelado a esse fenômeno, ao crescimento populacional e ao processo de urbanização intenso e desordenado surgem diversos problemas de ordem social, ambiental e econômica, como o aparecimento de doenças ligadas a ausência de saneamento básico, sobretudo relacionadas ao esgotamento sanitário e a disposição final dos resíduos.

Em decorrência direta de todos os processos antrópicos realizados ao longo dos anos, vem ocorrendo um aumento substancial na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos (SETTA (2019). A partir desse contexto, a questão da geração e destino de resíduos sólidos passa a ganhar destaque mundialmente, já que se trata de um problema universal e atemporal. A problemática decorrente da disposição inadequada pode causar danos irreversíveis ao meio ambiente e gerar problemas intergeracionais.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública – ABRELPE (2020), entre 2010 e 2019, a geração de RSU no Brasil registrou um aumento de 12 milhões de toneladas, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Por sua vez, a geração per capita aumentou de 348 kg/ano para 379 kg/ano. Apesar da maior parte (43 milhões de toneladas por ano) dos RSU coletados seguir para disposição em aterros sanitários, uma expressiva parcela (29 milhões de toneladas por ano) ainda continua sendo encaminhada para lixões e aterros controlados. O Nordeste brasileiro é a região com maior número de cidades com destinação irregular no país. São 1.340 municípios nesta situação (74,6%).

O descarte de resíduos em lixões favorece a proliferação de vetores que podem causar doenças e se tornarem problemas de saúde pública, além de causar sérios danos ao meio ambiente, contaminando o solo e a água subterrânea e superficial (PEREIRA NETO, 2007). Nesses ambientes ocorre muitas vezes o lançamento de todo tipo de resíduos, incluindo materiais com substâncias químicas, tóxicas, carcinogênicas ou mutagênicas (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000) que, em seu processo de degradação, ocorre à produção de chorume e a liberação de gases com alto grau de contaminação, que continuam sendo lançada no meio mesmo após a desativação da área, apresentando

alto potencial poluidor do ar e das águas, causando problemas de instabilidade do terreno, degradação do solo, além de risco de explosões, devido à produção de gases (ARAÚJO *et al.*, 2013).

No Brasil, a problemática dos resíduos sólidos urbanos é um risco emergente que tem resultado em problemas de ordem socioambiental, com alterações que modificam a paisagem comprometendo o meio ambiente e a saúde humana. Além da contaminação dos recursos naturais, tem-se a problemática associada à queima dos materiais na área dos lixões. Segundo Cancio (2009) a inalação de fumaça pode gerar lesão térmica e/ou inflamatória das vias aéreas, lesões pulmonares, intoxicação sistêmica, hipóxia tissular, desencadeamento pela inalação de gases tóxicos, o que pode levar a incapacidade do sistema respiratório. Swinston, *et al.* (2008) também alerta que numerosos sinais e sintomas podem se desenvolver após a inalação de fumaça, podendo incluir tosse, falta de ar, rouquidão, cefaléia e alterações de comportamentos.

Outros transtornos assolam as famílias que residem no entorno de lixões, a preocupação por parte da população com o mau cheiro, e com a proliferação de doenças transmissíveis por macro e micro vetores presentes na área de lixões como: moscas, pernilongos, baratas e ratos, uma vez que estes podem contribuir para presença de doenças. Outro fator preocupante é a proliferação do mosquito *Aedes Aegypti*, pois esse vetor está relacionado com a transmissão das arboviroses como dengue, Zika e Chikungunya doenças que esteve em alta nos últimos anos (SOUSA; COSTA; RAMALHO, 2018).

Entre os danos e riscos à saúde dos profissionais catadores de material reciclável ou com a população residente no entorno estão às diarreias decorrentes da transmissão através da água contaminada, as doenças não transmissíveis, como o câncer, e as doenças respiratórias decorrentes da poluição química (CARVALHO; SCHÜTZ, 2014). Além desses problemas, há os acidentes, como vazamentos e deslizamentos que ocorrem na área. Esse grupo de profissionais catadores, que geralmente trabalham na informalidade, sem o uso de Equipamentos de Segurança Individual (EPIs) e em contato direto com todos os tipos de resíduos presentes na área estão desta forma, expostos a vários tipos de contaminação (SOUSA; COSTA; RAMALHO, 2018).

Um avanço importante no que tange a problemática dos resíduos foi à criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, que proíbe a criação de novos lixões e decreta o fechamento dos que estão em operação, estabelecendo ainda a criação de planos de recuperação ambiental da área degradada. Os Planos de Recuperação de

Áreas Degradadas (PRADs) surgem como uma ferramenta de recuperação que busca além de minimizar os impactos na área, dar um novo uso ao local antes degradado.

Segundo o PRAD elaborado pelo governo do estado do Ceará, no ano de 2018, para a área do lixão de Juazeiro do Norte, na sua área de influência direta pode ser encontrada algumas residências de catadores de materiais, um reservatório da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, além de vias que dão acesso ao município e a cidades circunvizinhas. Na área também foram identificados cursos d'água e a presença de uma lagoa nas imediações da área do lixão. O solo da área estudada conforme o PRAD (2018) foi enquadrado em classe 4, devido às concentrações de metais pesados encontrados nas amostras.

As propostas elencadas no PRAD buscam viabilizar a adequação do município quanto às recomendações da Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305/2010, a fim de desativar e recuperar a área degradada por depósito de resíduos sólidos, e a partir daí dar um novo uso a área.

Tendo em vista a desativação da área e, conseqüentemente, a recuperação, como está definido no PRAD, a grande área devastada e os impactos socioambientais atrelados a essa prática, surge à necessidade de um acompanhamento e de uma avaliação das condições ambientais envolvendo a área que sofre influência do lixão, já que no local são encontradas residências, circulação de pessoas e corpos d'águas. Em análises ambientais feitas na área, foram observadas a não conformidade de alguns parâmetros e concentrações de constituintes acima do permitido pelas resoluções pertinentes. Daí a importância de estudos que possam mensurar o quanto é degradador a disposição inadequada de resíduos e o quanto a prática interfere no meio social e ambiental.

Assim, partindo da problemática acerca da disposição de resíduos em lixões e/ou aterros controlados, a presente pesquisa buscou avaliar a interferência do lixão de Juazeiro do Norte - CE na degradação socioambiental de sua área de influência direta, a partir de variáveis ambientais e sociais. Em particular, buscou-se obter informações que pudessem subsidiar a proposição de um plano de monitoramento a ser utilizado pela gestão municipal de Juazeiro do Norte, a fim de contribuir para a recuperação e conservação ambiental da área investigada, bem como para a qualidade de vida da população local.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a degradação socioambiental da área de influência direta do lixão de Juazeiro do Norte - CE.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar as características físico - químicas das águas das lagoas interna e externa a área do lixão, quanto às concentrações de material orgânico, sólidos, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico;
- Avaliar se as condições de qualidade das águas das lagoas pesquisadas, notadamente em relação aos parâmetros oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos e pH, atendem ao estabelecido pela Resolução n° 357 do CONAMA.
- Identificar os tipos e conteúdo de matéria orgânica, a condutividade elétrica e o potencial hidrogeniônico do solo da área do lixão;
- Avaliar se as características do solo contribuem para a contaminação dos corpos hídricos;
- Verificar a conjuntura socioeconômica e as condições de trabalho dos catadores de materiais recicláveis que trabalham no lixão;
- Verificar a interferência do lixão nas questões sociais, de saúde e bem estar das famílias que moram nas imediações do vazadouro.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Resíduos Sólidos

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), resíduo sólido é definido como:

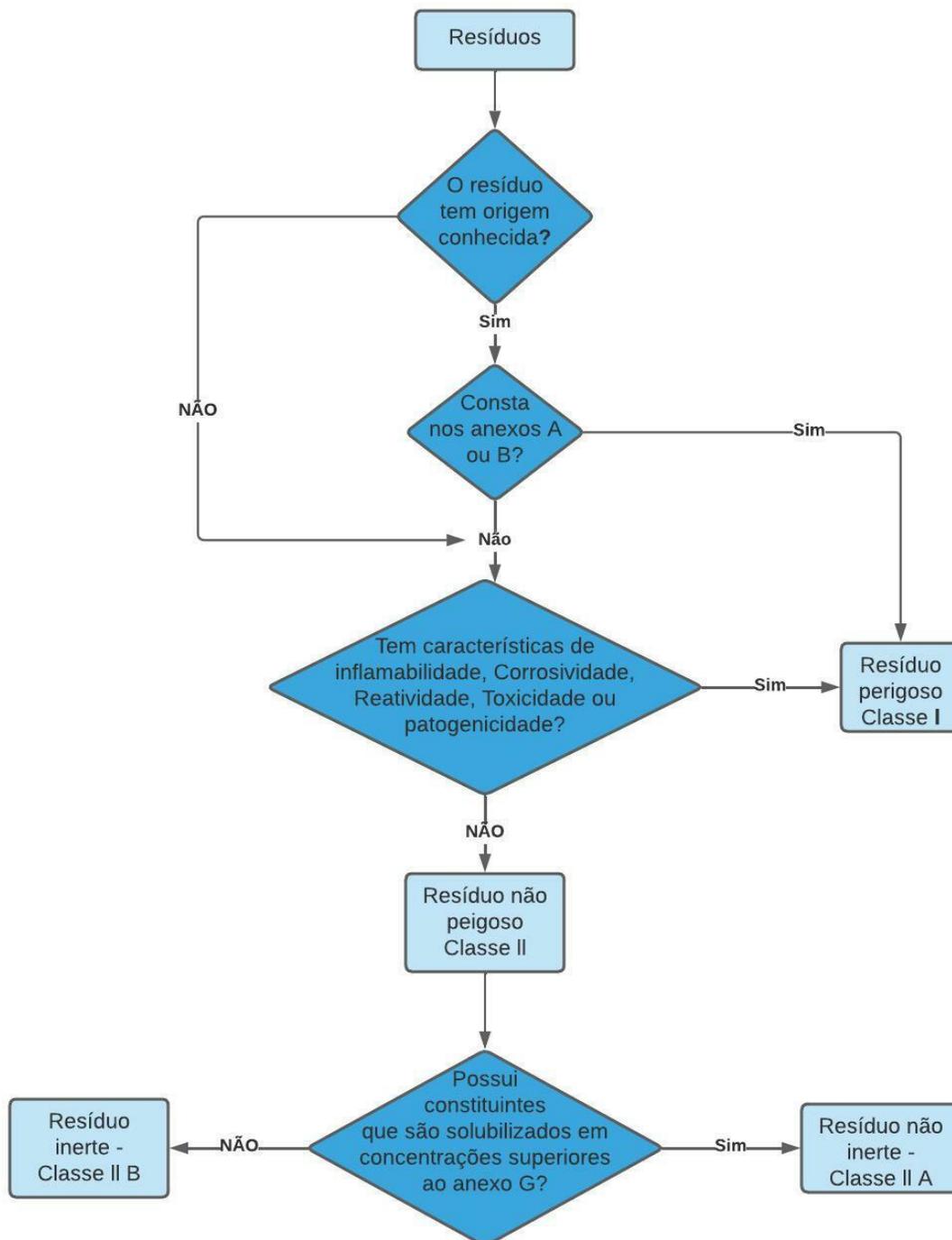
[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

É importante ressaltar que existe diferença entre resíduos sólidos e rejeitos. Segundo a PNRS (BRASIL, 2010), o rejeito é todo resíduo sólido que é encaminhado para o aterro sanitário e acondicionado de maneira adequada, por não mais ser possível usar outros meios de destinação ou não existir a possibilidade de tratá-lo por questões econômicas ou tecnológicas.

Sendo assim, a Lei nº 12.305/2010 classifica os resíduos quanto à origem (domiciliários, limpeza urbana, sólidos urbanos, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, serviços públicos de saneamento básico, industriais, serviços de saúde, de construção civil, agrossilvopastoris, serviços de transporte e mineração), e quanto à periculosidade, sendo resíduos perigosos ou não perigosos (BRASIL, 2010).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) rege a Norma Brasileira (NBR) 10004 (ABNT, 2004), e classifica os resíduos sólidos como pode ser observado no fluxograma apresentado na Figura 1.

**Figura 1** - Fluxograma de classificação de resíduos sólidos de acordo com a NBR 10004:2004.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10004:2004.

A NBR 10004:2004, juntamente com PNRS, ainda classifica os resíduos de acordo com o grau de degradabilidade sendo:

- Facilmente degradáveis: são resíduos que apresentam alto teor de matéria orgânica; Moderadamente degradáveis: papel, papelão e outros produtos celulósicos;
- Dificilmente degradáveis: pedaços de pano, retalho, aparas, couro (tratado), borracha e madeira;
- Não degradáveis: vidro, metais, plásticos, pedras, solo, entre outros. (BIDONE & POVINELLE, 1999). Tem-se também a classificação do resíduo quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente:
- Resíduos classe I – Perigosos: são aqueles que apresentam características de periculosidade (inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade) que podem implicar riscos à saúde pública e/ou ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Pode-se citar nesta categoria os resíduos de pilhas e baterias, pneus e sucata eletroeletrônica;
- Resíduos classe II-A – Não perigosos e não inertes: são aqueles que podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Como exemplos desta categoria pode-se citar: papéis, papelão e restos vegetais;
- Resíduos classe II-B – Não perigosos e inertes: são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007 (2004), e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006 (2006), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A PNRS ainda traz em seu Art. 15º, inciso V, a colocação de “metas para a eliminação e recuperação de lixões, voltadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis”, a serem colocadas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos; Que também devem ser contempladas no Plano Estadual de Resíduos Sólidos, conforme o Art. 17º. Os Planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos devem identificar e tomar as medidas necessárias quanto a passivos ambientais gerados em consequência de lixões e de suas desativações (BRASIL, 2010).

De acordo com Sousa e Sousa (2019), com o aumento da população vivendo nos grandes centros urbanos, atrelado a um crescimento ocorrendo de forma desordenada e

sem nenhum tipo de planejamento, surgem diversos impactos de ordem socioeconômicos, principalmente no eixo do saneamento básico, sobretudo no que tange a coleta e disposição final dos resíduos sólidos.

Segundo Setta (2019), ocorreram dois momentos na história da humanidade, que impactaram significativamente o aumento na geração de resíduos. Inicialmente houve a Revolução Industrial, no século XVIII, na qual impulsionou o êxodo rural, incentivando a migração da população do campo para as cidades, em busca de melhores condições de vida e de trabalho. O outro momento foi no fim do século XX, entre as décadas de 80 e 90, com o surgimento da “globalização”, onde esse processo contribuiu com a abertura do mercado para o capital externo, principalmente em países em desenvolvimento, o aumento no fluxo de capitais alavancou o desenvolvimento tecnológico e a comunicação, propiciando trocas de mercadorias e produtos entre diversos países. Arelado a esses dois eventos tem-se também o crescimento populacional, que contribui fortemente na geração de resíduos.

A geração de RSU no país apresenta uma curva ascendente e tem registrado aumento tanto nas quantidades totais, quanto nos valores per capita. Além desse retrospecto histórico, que reflete os padrões de consumo e descarte da população, e do crescimento vegetativo, um fator que vem exercendo comprovada influência na geração de resíduos sólidos urbanos, é a variação do poder aquisitivo da sociedade, representado pelos índices de produto interno bruto (PIB) (ABRELPE, 2020).

Ainda segundo dados da Abrelpe (2020), a quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) cresceu em todo o país no ano de 2019, passando de 25 milhões de toneladas para pouco mais 29 milhões de toneladas. Na região Nordeste, no mesmo ano, cerca de 64,4% dos resíduos recebiam disposição final inadequada.

### **3.2. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos**

Segundo a PNRS (2010), gerenciamento de resíduos sólidos pode ser definido como:

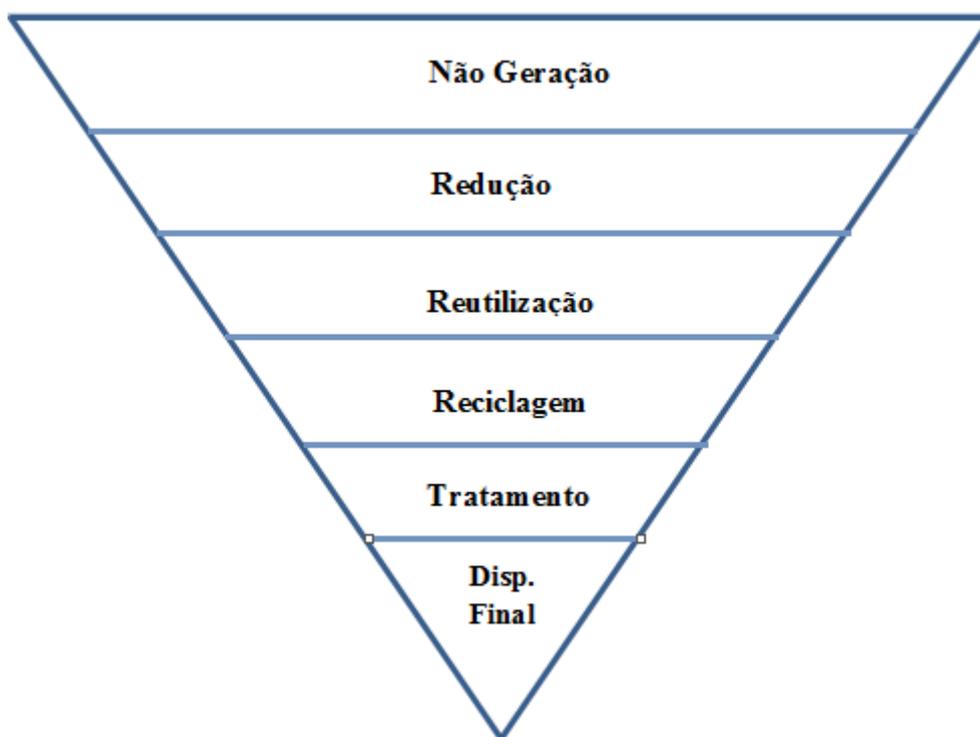
Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transborda, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de

gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei (BRASIL – Lei Federal N° 12.305, 2010, p.2).

Segundo Azevedo (2014), a gestão municipal é responsável por essas etapas descritas na PNRS, quando a disposição final dos resíduos sólidos é de origem domiciliar ou aqueles cujas características são similares, como resíduos de varrição e de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços.

A PNRS, no seu artigo 9º, traz a ordem de prioridade para o gerenciamento de resíduos sólidos: “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”, como é observado na Figura 2.

**Figura 2** - Hierarquia de prioridade na gestão de resíduos.



Fonte Autor, Adaptado da PNRS 2010.

Segundo Setta (2019), o conceito de não geração de resíduos está ligado à eficiência em toda a cadeia produtiva e de serviços com o uso de tecnologias inovadoras e limpas, trazendo grandes benefícios tanto para empresas quanto para a sociedade.

A redução de resíduos é feita por ações, processos ou atividades que buscam, sempre que possível, consumir apenas o necessário. Significa, de maneira geral, obter o maior aproveitamento das matérias-primas e insumos. Além da diminuição de resíduos

e da economia dos recursos naturais, reduzir significa também economia de dinheiro, considerando os custos para tratamento e disposição final de resíduos (SETTA, 2019).

De acordo com a PNRS (2010), a reutilização é o processo de aproveitamento do resíduo sem que ele passe por transformações seja ela física, físico-química ou biológica. Ou seja, nessa etapa não se obtém um novo produto, o resíduo passa a ser utilizado novamente na mesma função ou não. Já no processo de reciclagem é feito o aproveitamento dos resíduos como matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos passando por processo físico, físico-químico ou biológico (PNRS, 2010).

O tratamento dos resíduos é feito através de uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos mesmos (SETTA, 2019). Seja impedindo o descarte de resíduos em ambiente ou local inadequado, seja transformando-os em materiais que não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente (AZEVEDO, 2014).

Segundo a PNRS (2010), a disposição final de resíduos deve ser feita quando esgotadas todas as possibilidades existentes na hierarquia de prioridade na gestão de resíduos.

### **3.3. Destinação e Disposição Final de Resíduos Sólidos**

Quando se fala especificamente da disposição e destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), pode-se considerar que estes processos variam de acordo com as características dos resíduos e o país, mas é possível afirmar que, quanto menor o poder aquisitivo do país mais precário é o sistema de destinação e disposição final dos resíduos sólidos (THE WORLD BANK, 2012).

Segundo Oliveira *et. al* (2013), são adotadas três principais formas de disposição final dos resíduos sólidos, no Brasil, sendo elas: lixão, aterro controlado e aterro sanitário.

Setta (2019) afirma que devido à falta de conhecimento, informação, escassez de tecnologias mais robustas e, sobretudo dificuldades financeiras, a maioria dos municípios brasileiros tem o “lixão” como a principal forma de destinação final para os seus resíduos.

Esta relação entre poder econômico e encaminhamento dos resíduos sólidos é nítida quando analisados os dados referentes à disposição final das regiões brasileiras, onde é observado que aquelas que possuem melhores condições econômicas apresentam menor disposição de resíduos em lixões, e uma disposição maior em aterros sanitários

(SILVA, *et al.*, 2020), assim como pode ser observado na Tabela 1, adaptada da Abrelpe (2020).

**Tabela 1** - Disposição final de RSU nas regiões em 2019

<b>Regiões</b>	<b>Aterro Sanitário</b>	<b>Aterro Controlado</b>	<b>Lixão</b>
<b>Norte</b>	35,3%	29,8%	34,9%
<b>Nordeste</b>	35,6%	32,9%	31,5%
<b>Centro – Oeste</b>	41,3%	35,9%	22,8%
<b>Sudeste</b>	72,7%	17,2%	10,1%
<b>Sul</b>	70,6%	18,3%	11,1%

Fonte: Adaptado de Abrelpe (2020).

De acordo com Vale (2007), os lixões também são conhecidos como vazadouros, e são considerados formas inadequadas de disposição de resíduos sólidos, pois caracterizam-se pela simples descarga de resíduos sobre o solo, sem qualquer medida de proteção ambiental (Oliveira *et al.*, 2013). Segundo Araújo (2014), a disposição final de RSU em lixões causa uma série de impactos ambientais negativos, provocando a contaminação do ar, do solo e da água, por meio da percolação do subproduto (chorume) gerado pelo processo de degradação do material orgânico disposto no meio. Os problemas relacionados à disposição inadequada de resíduos podem ser observados na Figura 3.

Outro problema é a elevada potencialidade de deslizamentos da massa de resíduo. Como o caso que aconteceu no lixão da cidade de Petrópolis – RJ, após fortes chuvas, o deslizamento inicial se transformou então numa corrida de lixo, ou seja, um fluxo viscoso de lixo e aterro, que se encaixou no eixo da drenagem, onde impactou diretamente duas casas (RAMALHO, SANTOS E AMARAL, 2018).

**Figura 3** - Problemas relacionados à disposição inadequada de resíduos sólidos.



Fonte: FEAM (2010)

Outro sistema de disposição final dos RSU são os aterros controlados, os quais utilizam técnicas para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Tal sistema de disposição é visto como um sistema intermediário de disposição dos RSU (OLIVEIRA et al., 2013). Segundo Freire (2009), o termo aterro controlado é utilizado de forma incorreta, pois induz a crer que os resíduos estariam sendo levados para um aterro, quando na realidade estão indo para lixões, portanto, a denominação mais apropriada seria lixão controlado.

Outra maneira de disposição final de resíduos e a mais recomendada é o aterro sanitário. Segundo Silva *et al.* (2020), essa técnica trata-se de um processo que se baseia em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, que permite um

acondicionamento seguro dos resíduos, em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública; além de ser projetado de maneira a garantir a estabilidade do aterro, aumentando a segurança contra às ocorrências dos processos de deslizamentos e de erosões.

Segundo ABNT NBR 8.419 (1992) aterro sanitário é definido como técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo [...] que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos 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. Esse tipo de disposição final de resíduos sólidos urbanos tem sido cada vez mais realizado, isso devido à PNRS que passou a obrigar uma destinação e disposição final adequada e segura para os resíduos, diminuindo assim, os danos ou riscos à saúde pública e ao meio ambiente (Brasil, 2010).

### **3.4. Impactos Socioambientais Associados à Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos**

De acordo com a Resolução 01/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou de energia resultante das atividades humanas (CONAMA, 1986).

Devido à estreita relação entre homem e natureza, Coelho (2009) define impacto ambiental como sendo o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações de origem antrópica no ambiente.

Assim, Duarte (2018) afirma que, para avaliar um impacto, é imprescindível analisar a situação base ou de partida, os quais os componentes de interesse são aqueles que correm maiores riscos de serem afetados pela atividade geradora, como a fauna, a flora, a água, o solo e até mesmo a saúde, através de vetores ou patologia.

A gestão e a disposição inadequada dos resíduos sólidos causam impactos, riscos ambientais e sociais ainda assustadores. No que diz respeito às questões ambientais, ocorre a ameaça a todo o ecossistema em torno da área degradada (DUARTE, 2018), nos problemas envolvendo os aspectos sociais, a população que ocupa as áreas próximas a esses ambientes sofre com o mau cheiro, fumaça, vetores de doenças, além de problemas respiratórios.

Essa situação foi observada por Lavor *et. al* (2017) no município de Iguatu-CE onde os moradores das imediações do lixão da cidade relatam problemas respiratórios, além de acidentes de trânsito na rodovia, associados a fumaça que é liberada pelo vazadouro. A população apontou que houve a desvalorização dos imóveis que residem, problemas no solo, e o medo em perfurar poços para utilização na agricultura e consumo próprio. Os autores relatam a expansão da problemática para outros bairros do município. Além dos transtornos enfrentados pela população do entorno do lixão, tem-se as condições precárias dos catadores do município, que manuseiam os materiais sem proteção alguma, sendo expostos a todo tipo de toxicidade presente no ambiente e contato direto com o chorume.

Silva (2018) acompanhou um pouco da rotina dos catadores no município de Monteiro-PB, onde observou que os mesmos não fazem uso de EPI's durante a realização da atividade, ficando expostos a todos os tipos de substâncias e materiais presentes no lixão, inclusive aos resíduos do serviço de saúde. Ferreira e Anjos (2001) citam que os diversos agentes físicos, como o odor liberado dos resíduos, podem causar náuseas, cefaleias e mal-estar, enquanto que ruídos originados do processo de operação das máquinas podem provocar a perda parcial ou total da audição. A poeira e a fumaça podem ocasionar desconforto ou perda momentânea da visão e problemas respiratórios ou pulmonares.

Segundo Colares (2013), apesar da importância dos catadores para a manutenção dos benefícios econômicos ligados à reciclagem, e na busca da reinserção do excluído na sociedade a partir da geração de renda, e na preservação do meio ambiente, abrindo caminhos para o desenvolvimento sustentável é ainda um grupo excluído, desvalorizado e discriminado. Assim, o governo deve criar, formular e executar políticas públicas que valorize, fortaleça e traga reais melhorias das condições de vida da população, diminuindo a pobreza e aumentando a inclusão social. Já que não se pode falar em desenvolvimento apenas sob a óptica econômica, enquanto a sociedade vive diversos problemas socioambientais.

Segundo Lemos (2005), o desenvolvimento se constitui em um processo de globalização, e sua sustentabilidade deve ser entendida também nessa perspectiva holística. Assim, na conceituação de Ignacy Sachs (1995, apud FERNANDES, 2015), a sustentabilidade deve englobar as cinco dimensões existentes, sendo estas:

- 1) Sustentabilidade Social – criação de um desenvolvimento que objetivem construir uma sociedade justa, com melhor distribuição social da renda e redução do abismo entre os mais ricos e os mais pobres.
- 2) Sustentabilidade Econômica – deve ser avaliada em termos macrossociais [no nível de bem-estar de toda a sociedade] e não apenas no nível microeconômico [no plano do lucro das empresas individuais]. Também a expansão da ciência e da tecnologia deve ser contemplada, tornando-as disponíveis especialmente aos países subdesenvolvidos.
- 3) Sustentabilidade Ecológica – deve levar em conta os limites da Terra e produzir um desenvolvimento em harmonia com os recursos naturais. Uma medida seria limitar o uso de combustíveis fósseis, substituindo-os por fontes de energia renováveis e/ou abundantes [...]. Outra medida seria reduzir o volume do lixo e dos resíduos, com a sua reciclagem. Deve-se ainda intensificar a pesquisa tendo em vista a obtenção de tecnologias “limpas” [não poluidoras], como máquinas que gastem menos energia, com uso do hidrogênio ou da energia solar, etc.
- 4) Sustentabilidade Espacial – configuração rural-urbana mais equilibrada e melhor distribuição territorial dos assentamentos humanos e das atividades econômicas. Isso implica em reduzir a excessiva concentração de pessoas e atividades nas áreas metropolitanas, frear a colonização de áreas florestais, incentivar a industrialização descentralizada e criar uma rede de reservas naturais e de biosfera para proteger a biodiversidade.
- 5) Sustentabilidade Cultural – aproveitamento da sabedoria dos povos nativos, fazendo com que o processo de desenvolvimento não modifique seus valores culturais, que devem ser preservados e valorizados.

Portanto, para se alcançar o desenvolvimento sustentável, deve-se começar pelas questões humanas e sociais, possibilitando a inclusão social dos marginalizados e o acesso a políticas públicas de saúde, educação e desenvolvimento social, uma vez que, a partir da inclusão social, começa a diminuir a desigualdade de renda.

### **3.5. Os ODS Frente à Problemática dos Lixões**

A partir da década de 70 os debates sobre a forma de desenvolvimento que os países vinham adotando começou a ser questionada, tendo em vista a exploração exaustiva dos recursos naturais. Assim, segundo Menezes (2019), depois de diversos encontros e conferências, em 2015, na 70ª Assembleia Geral da Organização das

Nações Unidas (ONU) foram aprovados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, constituindo uma das maiores iniciativas globais voltadas ao desenvolvimento econômico, social e ambiental, redução da pobreza e das desigualdades, além da melhoria das condições econômicas e sociais dos povos, de forma integrada à promoção dos direitos humanos.

Os 17 objetivos estruturam-se em torno dos eixos que definem a concepção de desenvolvimento sustentável (social, economia e meio ambiente). De acordo com Menezes (2019), a proteção ao meio ambiente e ao planeta aparece principalmente nos ODS 6 “Água Potável e Saneamento”, ODS 13 “Ação contra a Mudança Global do Clima”, ODS 14 “Vida na Água” e ODS 15 “Vida Terrestre”. No que tange o desenvolvimento social e a garantia dos direitos humanos têm maior centralidade nos ODS 1 “Erradicação da Pobreza”, visto como o de maior apelo político internacional, ODS 3 “Saúde e Bem-estar”, ODS 10 “Redução das Desigualdades”, ODS 11 “Cidades e Comunidades Sustentáveis” e o ODS 8 “Trabalho Decente e Crescimento Econômico” que estabelece a qualidade de vida no trabalho como um elemento social fundamental e indispensável.

De acordo com Demarajovic e Lima (2013), o processo de urbanização e o crescimento populacional intensificaram os diversos impactos ambientais e principalmente no aumento de geração de resíduos sólidos em todas as regiões, assim a problemática dos resíduos sólidos apresentam-se como sendo um dos grandes desafios do desenvolvimento sustentável, devido à problemática socioambiental existente por trás da disposição inadequada dos resíduos.

Os números de lixões e aterros controlados existentes no Brasil, e o grande valor orçamentário para extingui-los, segundo a ABRELPE (2019) faz com que essa realidade da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável se torne distante e talvez utópica, já que os vazadouros trazem impactos sociais e ambientais que convergem de frente com os ODS dificultando assim, sua concretização, como condição para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

### **3.6. Impactos na Água e no Solo**

Segundo Moreira *et al.*, (2011), a disposição inadequada de resíduos sólidos no solo pode provocar diversas alterações nas suas características físicas, químicas e biológicas, uma vez que o solo fica totalmente exposto aos contaminantes presentes nos

resíduos que contêm substâncias de elevada toxicidade, como metais pesados, principalmente zinco, cádmio, mercúrio e chumbo. De acordo com o PRAD (2018) da área de estudo, o solo do Lixão de Juazeiro do Norte é classificado como Classe 4, segundo a Resolução CONAMA no 420/2009 (CONAMA, 2009). Tal classificação se deu devido às detecções dos metais bário e cromo em concentrações acima do Valor de Investigação Agrícola.

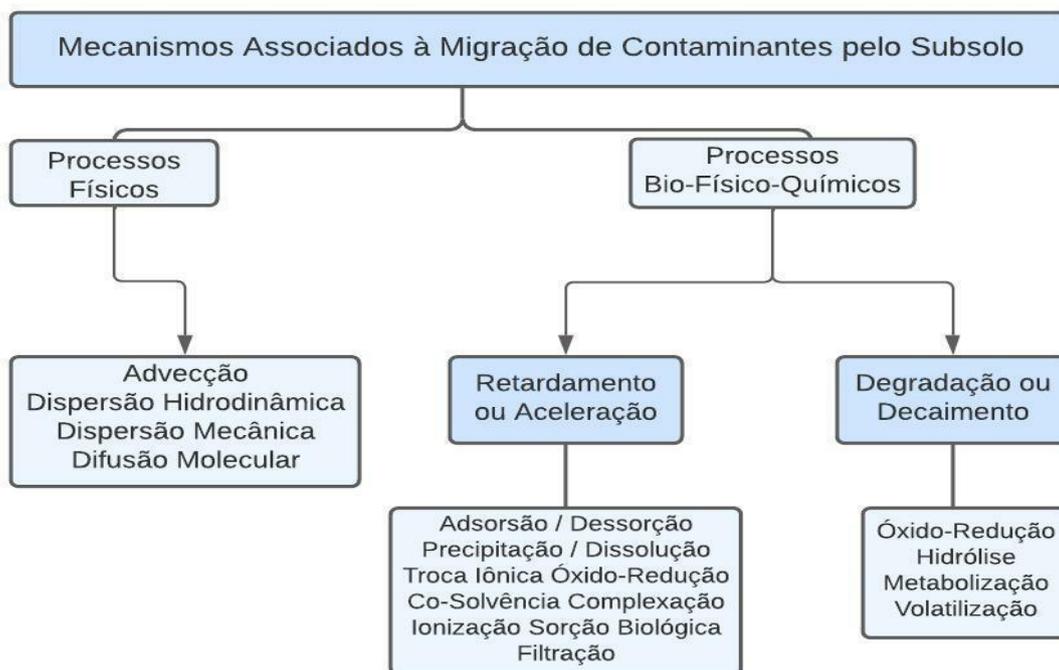
Colares (2013) enfatiza que, se ações não forem iniciadas com a finalidade de conter o aumento da poluição, sobretudo voltados a disposição inadequada de resíduos, a tendência é a evolução ao caos do sistema natural, como o aquecimento global, chuvas ácidas, contaminação do solo e da água para fins de uso humano.

Segundo Feitosa e João Filho (2000), a contaminação do solo e da água pode se dar de três maneiras: **Pontual**, quando a fonte está concentrada numa pequena superfície. **Difusa**, quando a fonte de contaminação se estende, mesmo com baixa concentração, sobre uma grande superfície. E **linear**, quando a fonte de contaminação é um rio ou um canal.

Em relação ao modo, a contaminação dos recursos hídricos pelo lixiviado pode ser direta, sem diluição, quando atinge diretamente um aquífero ou espelho d'água; e indireta, quando o poluente atinge o aquífero após várias alterações em sua composição e segue por alguns quilômetros (COLARES, 2013).

Alguns autores como Feitosa e João Filho (2000) e Boscov (2008) citam como ocorrem os mecanismos de transporte dos poluentes através do solo. Entretanto, a migração destes compostos é influenciada por vários fatores, os quais determinam uma maior, menor ou nenhuma movimentação deste no solo. O movimento destes compostos não depende apenas do fluxo do fluido no qual essas substâncias se dissolvem, mas também de mecanismos que por sua vez dependem de processos físicos, químicos e biológicos, aos quais estas substâncias são submetidas (Figura 4) (THOMÉ e KNOP, 2007).

**Figura 4** - Mecanismos associados à migração de contaminantes em solos.



Adaptado, THOMÉ e KNOP (2007)

Sendo assim, o solo acaba sendo um dos principais meios que são afetados negativamente por esta prática. Dentre os principais contribuintes para alteração da qualidade dos solos em área de lixão estão a percolação de chorume oriundos da decomposição dos resíduos e de metais pesados advindo dos mesmos, podendo ser absorvidos por plantas ou ser lixiviados para os recursos hídricos superficiais ou subterrâneos (MAVROPOULOS, 2015).

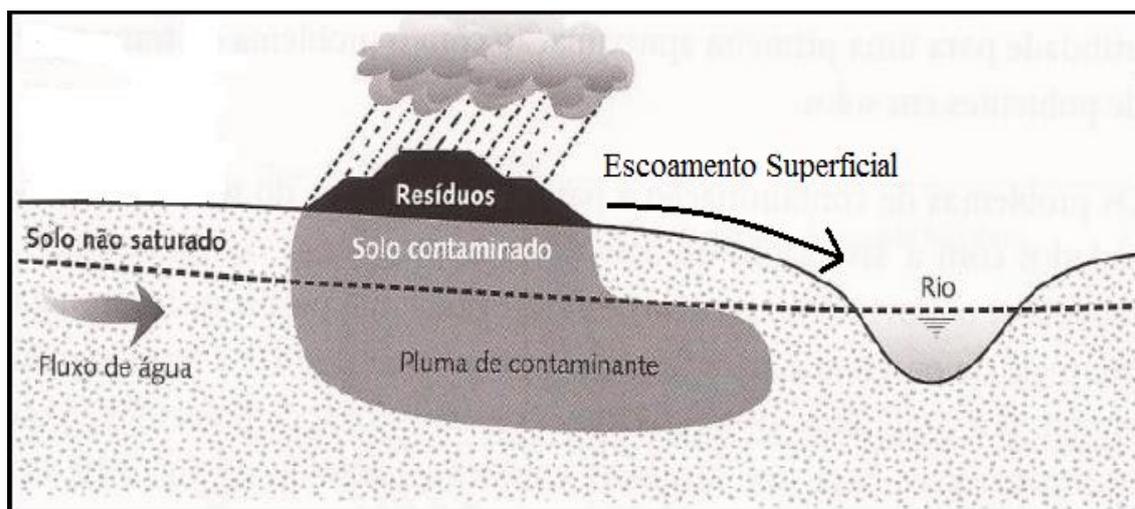
De acordo com Duarte (2018), se tratando de contaminação do solo, do lençol freático e das águas subterrâneas, o chorume passa a ser um dos principais agravantes, já que é capaz de atingir as camadas mais profundas do solo, podendo também sofrer interferência do fluxo de escoamento lateral para um determinado ponto onde é descarregado para a superfície, se a área for acidentada.

Carvalho (2001) enfatiza que quando o chorume é misturado à água de chuva, de nascentes e é infiltrado no solo pode vir a contaminar as águas subterrâneas de menor profundidade, que geralmente são exploradas com uso de poços rasos por populações pobres que vivem nas áreas periféricas dos grandes centros urbanos.

Desta forma, pode-se apontar que a infiltração deste líquido gerado como subproduto da decomposição dos resíduos no solo é outro grande problema relacionado com os lixões, já que o percolado normalmente é rico em compostos químicos e biológicos com capacidade de contaminar os mananciais de águas superficiais e/ou subterrâneas, como ilustrado na Figura 5.

Assim, conhecer as características do solo é de extrema importância, já que as condições do solo podem favorecer ou não o processo de infiltração de chorume e de outros fluidos contaminantes no solo. De acordo com Almeida Júnior et. al (2020), áreas com características de solo arenoso, tendem a uma maior taxa de infiltração devido a forma em que os agregados são agrupados, propiciando uma maior quantidade de macroporos, sendo um comportamento inversamente em solos argilosos.

**Figura 5** - Esquema de contaminação do solo e da água a partir da disposição incorreta de resíduos.



Adaptado de Boscov (2008).

De acordo com Martins et al. (2002) A permeabilidade do solo é um dos fortes atributos físicos para indicar a qualidade de um solo. Podendo ser definida como a maior ou menor facilidade que os solos oferecem à passagem de água ou outros fluidos (ALONSO, 1999).

A permeabilidade depende de diversos atributos do solo, sobretudo, da densidade, porosidade, macro e micro porosidade (MESQUITA & MORAES, 2004). A granulometria e a estrutura exercem influência sobre o espaço poroso existente nos solos, sua porosidade total, dificultando em uma maior ou menor intensidade do movimento de fluidos nas camadas de solo (MESQUITA, 2001).

Alguns autores classificam os solos a partir do coeficiente de permeabilidade encontrado, como é o caso de Pinto (2000) (Tabela 2) e Head (1994) (Tabela 3).

**Tabela 2** - Valores típicos de coeficiente de permeabilidade para solos sedimentares (Pinto, 2000).

Solo	Coeficiente de Permeabilidade (k) (m/s)
Argilas	$10^{-9}$
Siltes	$10^{-5}$ a $10^{-9}$
Areias argilosas	$10^{-7}$
Areias finas	$10^{-5}$
Areias médias	$10^{-4}$
Areias grossas	$10^{-3}$

**Tabela 3** - Classificação do solo de acordo com a permeabilidade (Head, 1994).

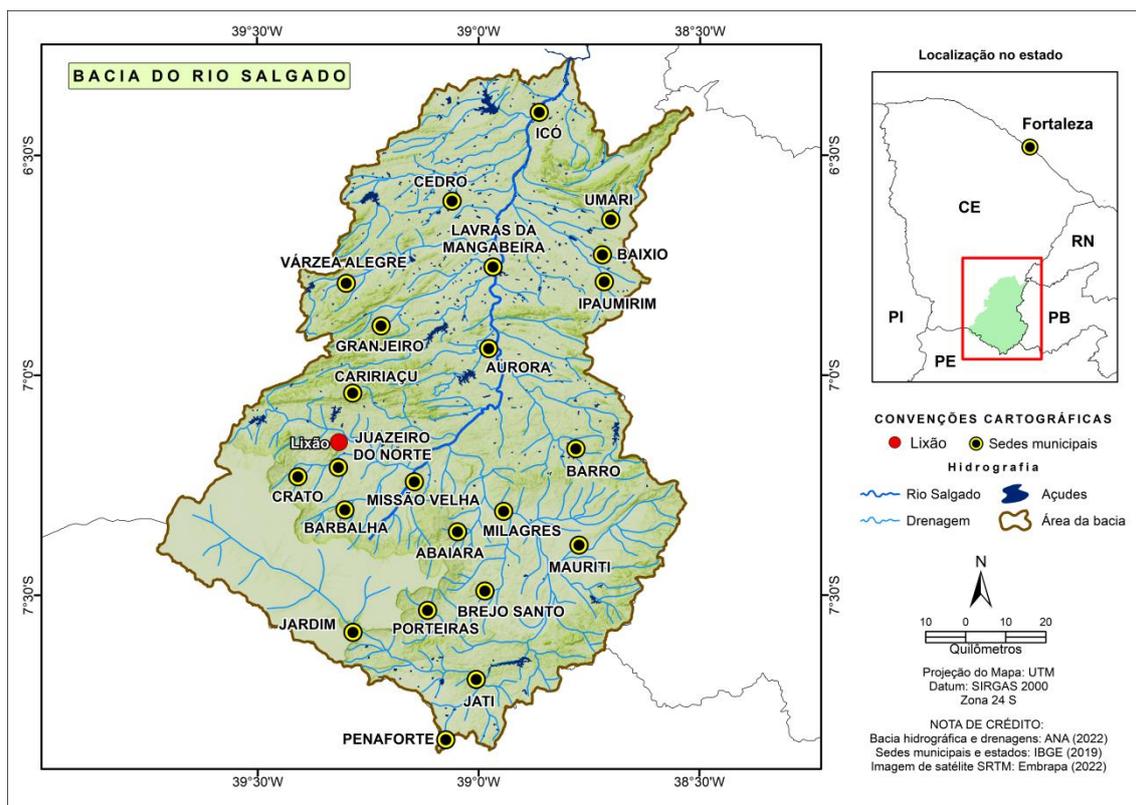
Grau de permeabilidade	Faixa do coeficiente de permeabilidade k (m/s)
Alto	Maior do que $10^{-3}$
Médio	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
Baixo	$10^{-5}$ a $10^{-7}$
Muito baixo	$10^{-7}$ a $10^{-9}$
Praticamente impermeável	Menor do que $10^{-9}$

### 3.7. Área de Estudo

Esta pesquisa foi realizada na área de influência direta do Lixão Palmeirinha. Este lixão está localizado no município de Juazeiro do Norte (Figura 6), região do Cariri cearense, situada na bacia hidrográfica do Rio Salgado.

Em julho de 2021, o Lixão Palmeirinha foi transformado em aterro controlado, gerido pela prefeitura municipal de Juazeiro do Norte. Essa mudança de terminologia surgiu diante da necessidade de enquadrar o município na legislação ambiental vigente pautada para o fim dos lixões na maior cidade da região do Cariri.

**Figura 6** - Localização do lixão na bacia hidrográfica do Rio Salgado.



Fonte: Autor (2022).

Segundo o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD (2018), disponibilizado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Ceará – SEMA, o Lixão Palmeirinha fica localizado às margens da Rodovia Padre Cícero, CE-060, na zona rural, em área particular, alugada pelo município, distante apenas 4,6 km do centro urbano do município, sob as coordenadas: 9.208.942,92 N e 465.662,37 E. A área do lixão possui 17,35 hectares e recebe resíduos, desde 2002. Atualmente a massa de resíduo é estimada em 250 toneladas diariamente. Na cubagem realizada no ano de 2017, foi identificado um volume de resíduos de aproximadamente 114.700 m<sup>3</sup>.

Quanto ao clima da região, é do tipo Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente Semiárido Brando, com temperaturas médias anuais variando entre 24° e 26°. O período chuvoso fica entre os meses de janeiro a maio e a precipitação pluviométrica média anual de 925,1mm (IPECE, 2016) e evapotranspiração média anual igual a 1.755,2 mm (*et. al* FUNCEME, 2016).

De acordo com Gomes et al. (2012), a região de estudo fica localizada em área de domínio cristalino, com predominância de neossolos litólicos (solos rasos e ocorrem em relevo forte ondulado ou montanhoso e são muito suscetíveis à erosão com grande

potencial para o escoamento superficial, conforme Embrapa, 2018). No que tange a hidrografia, é possível identificar cursos d'água sem denominação que são afluentes do Riacho dos Carás. No limite sul da área de disposição de resíduos existe uma lagoa natural, e na área às margens da rodovia, em domínio privado, existe outra lagoa de menor porte, segundo o PRAD (2018) da área.

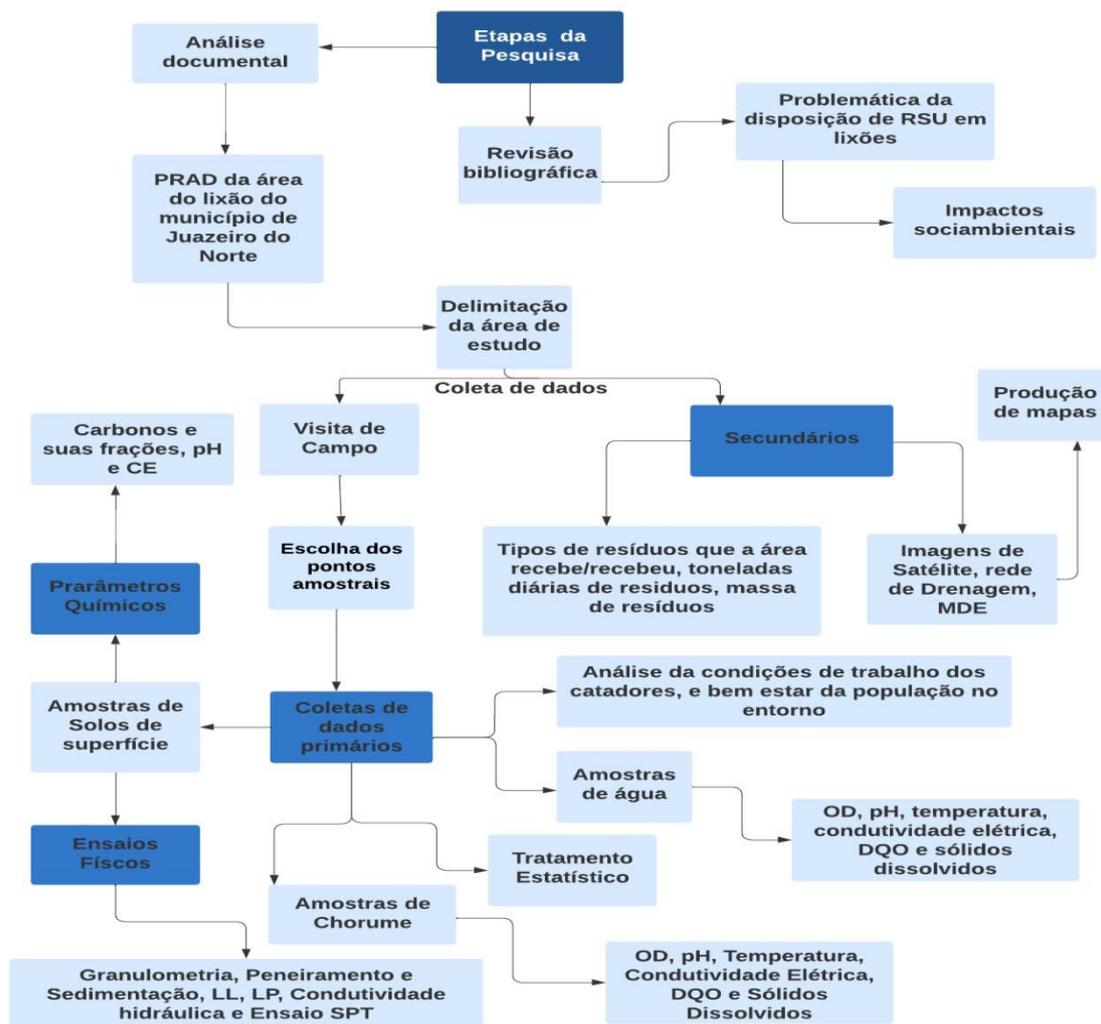
Nos anexos 1 e 2 pode-se observar o comportamento dos fluxos superficiais da área de estudo (Figura 13) e a hipsometria (Figura 14).

#### **4. METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para a avaliação da degradação socioambiental na área do lixão de Juazeiro do Norte, e suas adjacências, foi estruturada conforme apresentado no fluxograma da Figura 7.

De maneira geral, observa-se na Figura 7, que a pesquisa teve início a partir dos levantamentos documentais e bibliográficos necessários para a escolha da área de estudo. Após a escolha da área, foram iniciadas as etapas de levantamentos de dados para a elaboração de mapas hipsométricos e de fluxo superficial e da investigação da dinâmica local e dos possíveis pontos amostrais a serem adotados na pesquisa. Posteriormente, foram realizadas as coletas de amostras de água e de solo para caracterização física e química. Também foram realizadas investigações para se conhecer as condições socioeconômicas e de trabalho dos catadores de materiais recicláveis que atuavam no lixão, além das condições de saúde, moradia e bem estar da população que residia nas proximidades do vazadouro. Por fim, os dados das observações obtidas durante as investigações foram tratados, via modelo estatístico, e suas informações interpretadas.

**Figura 7** - Etapas para obtenção dos dados da pesquisa.



Fonte: Autor (2022).

Na análise documental foram utilizados documentos que compõem o Projeto de Apoio ao Crescimento Econômico com Redução das Desigualdades e Sustentabilidade Ambiental do Estado do Ceará – Programa para Resultados (PforR). Dos diversos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD's) analisados na bacia hidrográfica do Salgado, o plano de recuperação da área do lixão de Juazeiro do Norte – CE foi o que melhor forneceu condições para o desenvolvimento desta pesquisa, devido ao seu tamanho, localização, porte do município onde se encontra e, sobretudo proximidades com os laboratórios da UFCA.

#### 4.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa ora em apreço baseia-se em uma abordagem quanti-qualitativa de caráter exploratório-descritivo, já que foram realizadas visitas *in loco* para coleta de

amostras de água, solo e chorume, além de análise das condições de trabalho dos catadores e das condições de moradia e bem estar da população que moram nas imediações do lixão. O trabalho ainda faz o uso de pesquisa documental, já que foram analisados documentos e planos que apresentavam características diversas da área de estudo.

#### **4.2 Pontos de Coleta**

Para alcançar os objetivos desta pesquisa foram selecionados sete pontos amostrais de água (P1A, P2A, P3A, P4A, P5A, P6A e P7A), conforme ilustrado na Figura 8. Três deles foram delimitados em uma lagoa natural localizada nas dependências da área do lixão (P1A, P2A e P3A), dois em uma lagoa natural que recebe contribuição de chorume, denominada neste trabalho de lagoa de chorume (P4A, P5A), também localizada na área do lixão, e os outros dois em uma lagoa natural externa ao lixão (P6A e P7A). Esta lagoa está localizada às margens da CE-060, em uma propriedade privada.

Os pontos P6A e P7A foram selecionados com o intuito de verificar se o lixão estava alterando a qualidade da água da lagoa externa à área do referido vazadouro.

As lagoas avaliadas nesta pesquisa serão consideradas de Classe 2. Esta consideração está baseada no artigo 42 da Resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2011):

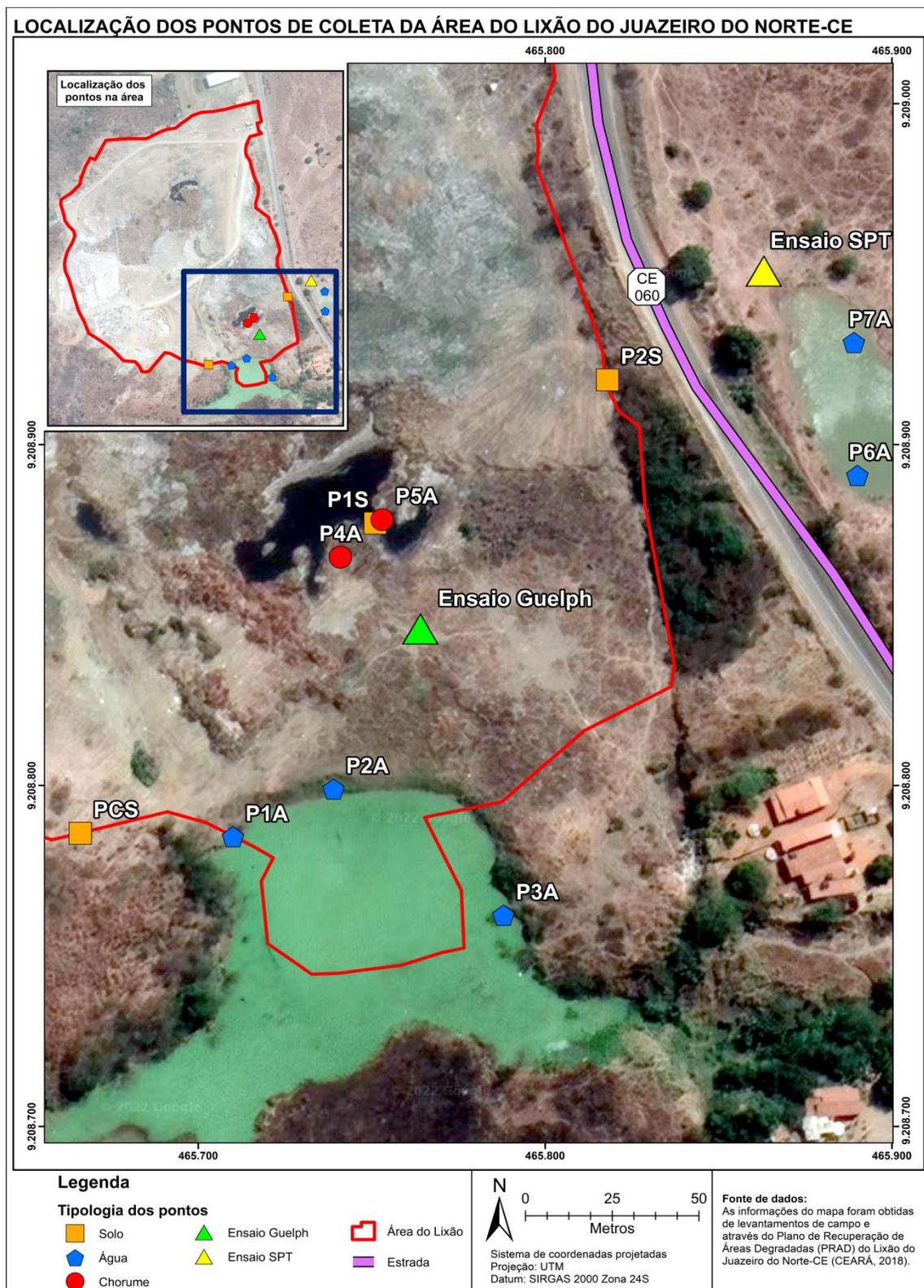
Art.42- Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras, classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Além dos sete pontos de coleta de água, foram selecionados três pontos para as coletas de solo na área do lixão (P1S, P2S e PCS), também ilustrados na Figura 8. O P1S estava localizado às margens da lagoa de chorume, o P2S próximo à rodovia, mas em uma área que também recebia influência da disposição inadequada dos resíduos, e o PCS em uma área nas dependências do lixão, mas que não recebe resíduos. Por este motivo, o PCS foi considerado o ponto controle (de referência).

Ressalta-se que, de modo geral, as localizações dos pontos de coleta de amostras água e de solo foram estabelecidas com base no escoamento dos fluxos da área pesquisada e na facilidade de acesso às coletas. Outro aspecto a ser ressaltado é que a

escolha dos pontos de coleta foi feita durante o período de estiagem, no qual as lagoas possuíam um menor volume de água e banhavam uma área menor da região estudada.

**Figura 8** - Localização dos pontos de coleta de água e solo na área do Lixão de Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Autor (2022)

Na Tabela 4 consta a localização geográfica dos pontos de amostragem desta pesquisa.

**Tabela 4** - Localização geográfica dos pontos amostrais nas lagoas naturais, na lagoa de chorume e em solos investigados nesta pesquisa.

<b>Água e Chorume</b>		
<b>Local</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	
P1 Lagoa Natural Interna	465710	9208785
P2 Lagoa Natural Interna	465739	9208799
P3 Lagoa Natural Interna	465788	9208762
P4 Lagoa Chorume	465741	9208867
P5 Lagoa Chorume	465753	9208878
P6 Lagoa Natural Externa	465890	9208891
P7 Lagoa Natural Externa	465889	9208930
<b>Solo</b>		
PCS	465666	9208786
P1S	465751	9208877
P2S	465818	9208919

Fonte: Autor, 2022

### **4.3 Amostragem e Métodos de Análise físico-química da Água e do Solo**

As coletas foram realizadas no período de novembro de 2021 a maio de 2022, perfazendo um total de 6 coletas, conforme cronograma mostrado na Tabela 5. Ressalta-se que apenas a primeira coleta foi realizada no período de estiagem. Porém, verificou-se *in loco* que, no mês de janeiro, as lagoas ainda não tinham recebido um aporte expressivo de águas pluviais. A partir da terceira coleta foram observadas maiores áreas superficiais das lagoas.

**Tabela 5** - Cronograma de coletas em campo

Coletas	Datas
1 <sup>a</sup>	25/11/2021
2 <sup>a</sup>	19/01/2022
3 <sup>a</sup>	02/02/2022
4 <sup>a</sup>	16/02/2022
5 <sup>a</sup>	27/04/2022
6 <sup>a</sup>	04/05/2022

Fonte: Autor (2022)

Após coletadas, as amostras foram acondicionadas e enviadas aos laboratórios de Saneamento e de Geotecnia da Universidade Federal do Cariri (UFCA), para posterior análises. Os parâmetros analisados e suas respectivas metodologias de análise estão detalhadas na Tabela 6.

**Tabela 6** - Parâmetros determinados nas amostras de água, e de solo, e suas respectivas metodologias.

Tipo de amostra	Parâmetro analisado	Metodologia de análise	Referência
Solo	pH	Potenciométrico	EMBRAPA (2017)
	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Condutivimétrico	FAO (2021)
	COT (g/kg)	Oxidação com Dicromato de Potássio	MEDONÇA E MATOS (2005)
	C. Lável (g/kg)	Oxidação com Permanganato de Potássio	
	C. Solúvel (g/kg)	Oxidação com Dicromato de Potássio	
Água	DQO ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Titulométrico	APHA (2012)
	OD ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	Oxímetro	
	SD ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Gravimétrico	
	pH (UpH)	Potenciométrico	

CE ( $\mu\text{S/cm/cm}$ )	Condutivimétrico
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Termômetro

Fonte: Autor (2022).

#### 4.4 Ensaios geotécnicos

Os Ensaios Geotécnicos restringiram-se a Área de Influência Direta - AID do lixão. Levantou-se dados de: granulometria, Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, através de ensaios em laboratório; também se obteve a condutividade hidráulica do solo, mediante uso do Permeâmetro de Guelph, e o perfil do solo na área próxima da lagoa externa, por meio do ensaio de sondagem a percussão. Ressalta-se que os ensaios realizados em laboratório foram feitos para os três pontos amostrais adotados nessa pesquisa (PCS, PS1 e PS2). A Tabela 7 apresenta o método adotado para obtenção dos parâmetros e a norma regulamentadora dos ensaios.

**Tabela 7** - Ensaios físicos de solo e suas metodologias.

Parâmetro	Método	Referência
Granulometria por peneiramento e sedimentação	Preparação das amostras para os ensaios	NBR/ABNT 6457:2016
	Análise granulométrica	NBR/ABNT 7181:2016
Limite de Liquidez	Solo – Determinação do Limite de Liquidez	NBR/ABNT 6459:2016
Limite de Plasticidade	Solo – Determinação do Limite de Plasticidade	NBR/ABNT 7180:2016
Condutividade Hidráulica de campo saturado	Permeâmetro de Guelph	Manual de Operação do Permeâmetro de Guelph Modelo 2800K1
Perfil do solo e índice de resistência à penetração	Sondagem à percussão SPT	ABNT NBR 6484/2020

Fonte: Autor (2022).

#### 4.5 Limite de Liquidez

Segundo a NBR 6459/2016, o limite de liquidez consiste em um ensaio de cisalhamento dinâmico, e podendo ainda ser definido como o teor de umidade que delimita fronteira entre o estado líquido e o plástico de um solo, experimentalmente corresponde ao teor de umidade em que o solo fecha uma ranhura sobre o impacto de golpes do aparelho de Casagrande, ou seja, perde sua capacidade de fluir.

#### 4.6 Limite de plasticidade

De acordo com a NBR 7180/2016, limite de plasticidade é o valor de umidade na qual o solo deixa o estado plástico e passa para o estado semissólido, sendo assim, o menor valor de umidade que esse solo se comporta plasticamente, para este ensaio.

Segundo Caputo (1988), o solo pode ser classificado a partir do seu Índice de Plasticidade - IP, que é a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade. Recebendo a seguinte classificação.

Solos fracamente plásticos.....	1 < IP < 7
Solos medianamente plásticos .....	7 < IP < 15
Solos Altamente plásticos.....	IP > 15

#### 4.7 Condutividade hidráulica de solo saturado

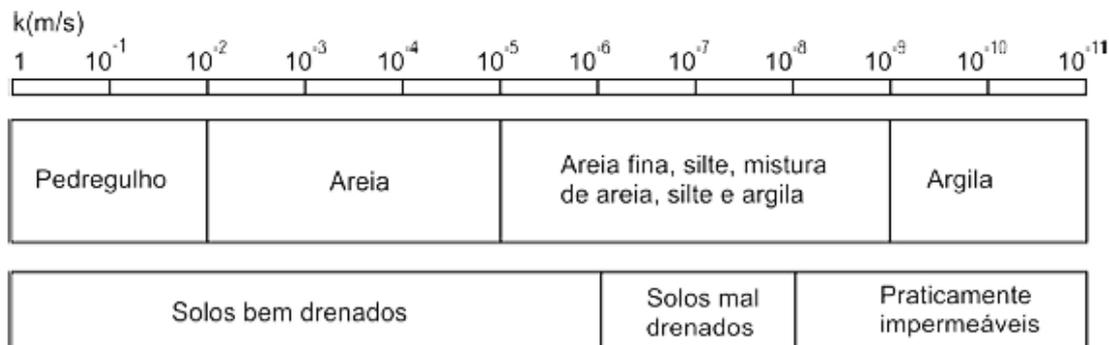
Para a estimativa da condutividade hidráulica de solo saturado ( $K_{fs}$ ), utilizou-se o Permeâmetro de Guelph do modelo 2800K1. O ensaio utiliza uma metodologia rápida e simples para determinar em uma única medição, e ao mesmo tempo, a condutividade hidráulica de um solo saturado no campo, o potencial de fluxo matricial, a taxa de infiltração, dentre outros.

O ensaio foi realizado entre as lagoas de chorume e a lagoa natural interna a área do lixão, próximo ao ponto P1S, no mês de dezembro de 2022, época com baixos índices pluviométricos na área estudada, fator que contribui para a realização do ensaio em campo, já que se evitam solos com presença de lençol freático e em condições de alagamentos.

Para o ensaio, primeiramente foi realizado, com um trado manual, um furo de 7,0 cm de diâmetro até a profundidade de 50 cm a partir do nível do terreno. Devido às características físicas do solo e à presença de resíduos plásticos, pedaços de panos e outros materiais que dificultavam o avanço do furo, não foi possível realizar ensaios em profundidades maiores.

O coeficiente de permeabilidade ou condutividade hidráulica saturada ( $K_{fs}$ ) possui uma ampla variabilidade de valores, a depender do tipo de material onde ocorre o fluxo, conforme Figura 9 (ROMANEL, 2019).

**Figura 9** - Ordem de grandeza do coeficiente de permeabilidade em solos saturados (ROMANEL, 2019).



A condutividade hidráulica saturada ( $k_{fs}$ ) foi obtida através do conhecimento do valor da (taxa de infiltração) e da associação deste com as dimensões do furo e da altura da coluna d'água em seu interior, conforme apresentado na Equação 1, que constam no manual do Permeômetro Guelph utilizado.

$$K_{fs} = [(0,0041) (X) (R2) - (0,0054) (X) (R1)] \quad (1)$$

Em que:

$K_{fs}$  – Condutividade hidráulica saturada, em cm/s;

R1 e R2 – Taxas de infiltração estabilizadas correspondentes a H1 (5 cm) e H2 (10 cm) respectivamente, em cm/s;

X e Y – Constantes correspondentes à área do tubo (reservatório d'água) utilizado, em cm<sup>2</sup>. X (reservatório combinado) equivale a 35,36 cm<sup>2</sup>; Y (reservatório interno) equivale a 2,17 cm<sup>2</sup>. A utilização do reservatório combinado é recomendada para solos mais permeáveis.

#### 4.8 Perfil do solo e índice de resistência à penetração

O Perfil do solo e os índices de resistência à penetração foram obtidos por meio do ensaio de sondagem a percussão SPT. O ensaio SPT é um método de investigação e reconhecimento do solo que fornece informações sobre a compacidade e consistência das camadas constituintes. Possibilita a classificação tátil-visual das camadas de solo, podendo também obter a profundidade do nível do lençol freático, caso seja alcançado.

Na AID do lixão foi realizada uma sondagem do tipo SPT, às margens da lagoa natural externa a área do aterro. O ponto escolhido deu-se devido à falta de informações relacionadas ao solo próximo a lagoa externa, e que segundo o PRAD criado para a área do lixão já teria sido feito esse tipo de sondagem na área que recebe resíduos.

O intuito principal desse ensaio de sondagem na área da lagoa externa foi de observar se haveria possibilidade de contato entre o líquido da lagoa de chorume e a água da lagoa externa, por meio de fluxo subterrâneo, ou seja, por uma pluma de contaminante, conforme esquematizado na Figura 5.

#### **4.9 Aspectos Sociais dos Catadores e dos Moradores Adjacentes à Área do Lixão**

As informações referentes à conjuntura social da comunidade adjacente ao lixão e dos catadores de materiais recicláveis foram feitas mediante aplicação de formulários (Disponíveis nos Apêndices) à população da área estudada, considerando as características gerais das pessoas, as condições de saúde e moradia e o perfil socioeconômico. Também foram obtidas informações junto à secretaria municipal de meio ambiente do município, através da Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte – AMAJU, além de auxílios em bases bibliográficas.

#### **4.10 Análise Estatística**

Os dados quantitativos obtidos das análises nas amostras de água e de solos foram tratados estatisticamente. Inicialmente foi aplicada a estatística descritiva para obtenção dos valores médios, medianos, mínimos e máximos e do desvio padrão e coeficientes de variação.

A classificação do coeficiente de variação foi feita de acordo com Pimentel-Gomes (1985): coeficiente de variação baixo ( $CV\% < 10\%$ ), moderado ( $CV\%$  entre 10% e 20%), alto ( $CV\%$  entre 20% e 30%) e muito alta ( $CV\% > 30\%$ ).

Para verificar se existiam diferenças significativas dos valores de um determinado parâmetro pesquisado, obtidos entre os diferentes pontos de coleta, foi utilizado o teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível de significância  $p\text{-valor} < 0,05$ .

Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o software PAST.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Análise da Água

Na Tabela 8 consta o resultado da estatística descritiva dos dados dos parâmetros analisados nas amostras de água coletadas na área de influência direta (lagoa natural interna, lagoa de chorume e lagoa natural externa) do aterro controlado do município de Juazeiro do Norte - CE.

**Tabela 8** - Estatística descritiva dos parâmetros analisados em amostras de água.

Pontos de coletas	Parâmetros Analisados	Min – Máx	Média	Mediana	DP	CV (%)
<b>P1A</b>	OD (mgO/L)	0,77 - 3,62	1,69	1,29	1,08	63,68
	DQO (mgO/L)	42,55 - 1504	305,20	79,52	587,6	192,5
	Temperatura (°C)	24,8 - 31	28,0	28,1	2,07	7,0
	C.E (us/cm)	104 – 212	140,67	133,50	39,44	28,04
	pH	6,8 - 7,05	6,92	6,90	0,11	1,57
	Sólidos Dissolvidos	856 – 1444	1115,67	1151,5	218,37	19,57
<b>P2A</b>	OD (mgO/L)	0,69 - 3,21	1,4	0,87	1,02	72,95
	DQO (mgO/L)	35,46 – 2256	436,74	83,17	891,8	204,2
	Temperatura (°C)	24,9 – 34	28,5	27,85	3,10	11
	C.E (us/cm)	104 – 230	144	135,50	45,85	31,84
	pH	6,79 - 7,09	6,89	6,89	0,12	1,80
	Sólidos Dissolvidos	779 - 1468	1095	1134,5	261,26	23,9
<b>P3A</b>	OD (mgO/L)	1,43 - 3,22	2,05	1,91	0,70	34,16
	DQO (mgO/L)	14,71 - 1504	299,03	73,53	590,8	197,6
	Temperatura	24,4 - 32,6	28,0	27,6	2,74	10

	(°C)					
	C.E (us/cm)	100 - 240	145,83	141,00	49,93	34,24
	pH	6,94 - 7,14	7,04	7,02	0,09	1,21
	Sólidos Dissuolvidos	725 - 1591	1083,5	1102	306,49	28,3
<b>P4A</b>	OD (mgO/L)	1,17 - 3,83	2,19	2,01	1,06	48,24
	DQO (mgO/L)	148,94 - 3759,00	1992,59	2362,00	1581,2	79,4
	Temperatura (°C)	24,5 - 30,9	28,1	28,25	2,13	8
	C.E (us/cm)	176 - 2800	831,17	591,00	987,25	118,78
	pH	7,31 - 8,28	7,85	8,05	0,43	5,47
	Sólidos Dissuolvidos	1873 - 14880	5744	5034	4733,88	82,4
<b>P5A</b>	OD (mgO/L)	0,83 - 6,25	2,73	1,5	2,35	86,08
	DQO (mgO/L)	102,94 – 3008	1294,27	1152,50	1181,1	91,3
	Temperatura (°C)	24,5 - 30,9	28,1	28,45	2,11	8
	C.E (us/cm)	155 - 2500	776,83	592,50	872,07	112,26
	pH	7,53 - 8,56	8,00	8,10	0,40	5,05%
	Sólidos Dissuolvidos	3104 - 16688	6880,67	5605	5058,79	73,5
<b>P6A</b>	OD (mgO/L)	0,77 - 4,12	2,76	3,06	1,22	44,28
	DQO (mgO/L)	44,12 - 752,00	208,58	121,39	270,2	129,5
	Temperatura (°C)	24,6 - 31,6	28,0	28,1	2,29	8
	C.E (us/cm)	26 – 75	39,83	34,00	18,32	46
	pH	7,24 - 8,36	7,83	7,92	0,51	6,55
	Sólidos Dissuolvidos	353 - 704	467,17	431,5	129,70	27,8

<b>P7A</b>	OD (mgO/L)	2,12 - 6,4	3,96	3,68	1,66	41,85
	DQO (mgO/L)	22,06 - 752,00	205,55	123,48	272,2	132,4
	Temperatura (°C)	25 - 33	28,2	27,7	2,65	9
	C.E (us/cm)	25 - 75	38,50	32,50	18,71	48,59
	pH	7,19 - 8,89	8,08	8,36	0,72	8,89
	Sólidos Dissolvidos	321 - 674	427,33	365,5	139,31	32,6

Fonte: Autor (2022)

Com base nos dados obtidos da estatística descritiva, apresentada na Tabela 8, e considerando a variabilidade dos dados a partir dos valores propostos por Pimentel Gomes (1981), verifica-se que os valores de temperatura e pH apresentaram coeficientes de variações baixo ( $CV < 10\%$  em praticamente 100% das coletas). Os sólidos totais dissolvidos apresentaram CV variando de 19,57% a 82,4%, sendo classificados, portanto, como de alta a muito alta variabilidade. Os demais parâmetros analisados apresentaram CV superior a 30%, sendo, portanto, classificados como de variabilidade muito alta.

Essa elevada variabilidade dos dados observados para a maioria dos parâmetros analisados pode ser atribuída à dinâmica de dispersão de poluentes em ambientes aquáticos lênticos, situação a qual se enquadra os corpos d'água da área de estudo. Tundisi e Tundisi (2008) afirmam que as dispersões vertical e longitudinal dos poluentes sofrem influências de fatores externos (vento, pressão barométrica, transferência de calor, fluxo a jusante, descargas na superfície, dentre outros) e internos (estratificação, mistura vertical, retirada ou perda seletiva a jusante, correntes de densidade e formação de ondas internas).

Neste sentido, ressalta-se que as duas primeiras coletas desta pesquisa foram realizadas no período seco e as demais no período chuvoso. Este fato contribui expressivamente para alteração das características das águas investigadas.

Assim, para melhor entendimento e comparação dos resultados, os dados foram apresentados para os períodos seco e chuvoso. As duas coletas iniciais são referentes ao período seco e as demais ao período chuvoso.

Ao se aplicar o teste de Kruskal-Wallis, com um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ), foram obtidos os dados apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9** - Resultados do teste de Kruskal Wallis aplicado aos dados dos parâmetros avaliados.

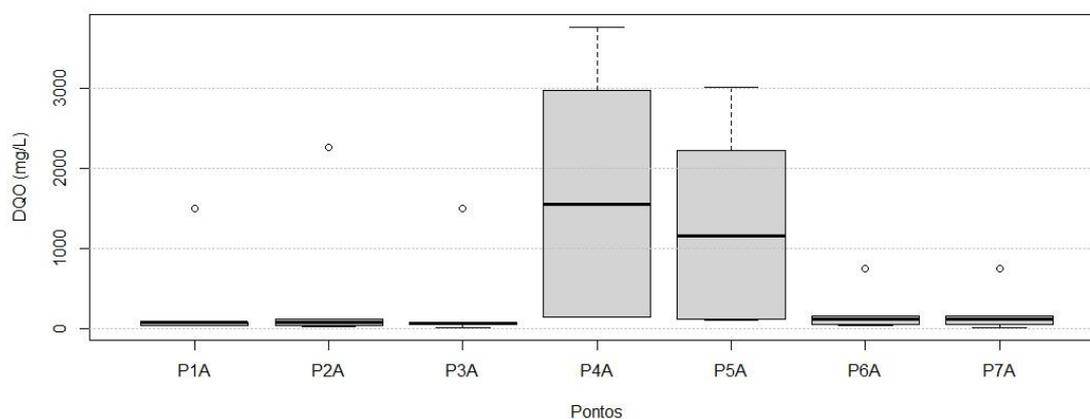
Variáveis (Água)	P – valor (<0,05)
DQO1A - DQO4A/DQO5A	0,008/0,022
DQO2A - DQO4A/DQO5A	0,014/0,037
DQO3A - DQO4A/ DQO5	0,003/0,011
DQO4A - DQO1A/ DQO2A/ DQO3A/ DQO6A/ DQO7A	0,008/0,014/0,004/0,047/0,040
DQO5A - DQO1A/ DQO2A/ DQO3A	0,022/0,037/0,011
DQO6A - DQO4A	0,046
DQO7A - DQO4A	0,040
OD1A - OD7A	0,015
OD2A - OD6A/OD7A	0,039/0,002
OD6A - OD2A	0,039
OD7A - OD1A/ OD2A	0,015/0,002
pH1A - pH4A/ pH5A/ pH6A/ pH7A	0,004/0,001/0,003/0,0006
pH2A - pH4A/ pH5A/ pH6A/ pH7A	0,002/0,0006/0,001/0,0003
pH3A - pH4A/ pH5A/ pH6A/ pH7A	0,028/0,001/0,019/0,0054
pH4A - pH1A/ pH2A/ pH3A	0,0045/0,0024/0,028
pH5A - pH1A/ pH2A/ pH3A	0,001/0,0006/0,001
pH6A - pH1A/ pH2A/ pH3A	0,003/0,001/0,019
pH7A - pH1A/ pH2A/ pH3A	0,0006/0,0003/0,005
CE1A - CE6A/CE7A	0,031/0,022
CE2A - CE6A/CE7A	0,034/0,024
CE3A - CE6A/CE7A	0,031/0,022

CE4A - CE6A/CE7A	0,000/0,000
CE5A - CE6A/CE7A	0,000/0,000
CE6A - CE1A/CE2A/CE3A/CE4A/CE5A	0,031/0,034/0,031/0,000/0,000
CE7A - CE1A/CE2A/CE3A/CE4A/CE5A	0,0217/0,0238/0,0217/0,000/0,000
SD1A - SD5A/SD6A/SD7A	0,0362/0,0362/0,0153
SD2A - SD4A/SD5A/SD6A/SD7A	0,0480/0,0269/0,0480/0,0211
SD3A - SD4A/SD5A/SD7A	0,0304/0,0163/0,0341
SD4A - SD2A/SD3A/SD6A/SD7A	0,0480/0,030/0,000/0,000
SD5A- SD1A/SD2A/SD3A/SD6A/SD7A	0,036/0,027/0,016/0,000/0,000
SD6 - SD1A/SD2A/SD4A/SD5A	0,036/0,048/0,000/0,000
SD7A - SD1A/SD2A/SD3A/SD4A/SD5A	0,015/0,021/0,034/0,000/0,000

Fonte: Autor (2022)

Um parâmetro importante e muito utilizado para quantificar a poluição das águas por matéria orgânica é a DQO, que baseia-se em uma avaliação direta, através da oxidação utilizando o dicromato de potássio e ácido sulfúrico a quente. Os valores de DQO ao longo das coletas podem ser observados no Gráfico 1.

**Gráfico 1** - Concentrações de DQO ao longo dos pontos de coleta.



Ao observar os dados de DQO na estatística descritiva, nota-se que os maiores valores foram encontrados nos pontos 4A e 5A, ambos localizados na lagoa de chorume. Os maiores valores foram na coleta inicial, chegando a 3759 mg/L e 3008

mg/L, respectivamente. Esses valores iniciais se justificam devido à ausência de chuvas o que reflete em um chorume bem concentrado, sem sofrer diluição, atrelado ao aumento da temperatura que intensifica o processo de evaporação da água tornando-o mais forte nessa época do ano no semiárido nordestino. Com a chegada das chuvas observou-se a redução dos valores de DQO nos pontos de chorume, chegando a atingir 147,06 mg/L e 102,94 mg/L, respectivamente, na quarta coleta. Valores elevados de DQO também foram observados em lixiviados do antigo lixão do Roger, em João Pessoa – PB, por Athayde Júnior et al (2009). Colares (2013) encontrou valores de DQO semelhantes aos encontrados nos pontos da lagoa interna e externa em seu monitoramento no lixão de Quixadá.

Quando analisados os valores do teste de Kruskal-Wallis (Tabela 9), nota-se que o valor de DQO4 teve variações significativas para os valores de DQO1A, DQO2A, DQO3A, DQO6A e DQO7A, e a DQO5A apresentou variações significativas para os valores de DQO1A, DQO2A e DQO3A, reforçando assim, que os valores de DQO encontrados nos pontos 4A e 5A são de elevadas concentrações de matéria orgânica, decorrentes da decomposição dos materiais ali depositados.

Apesar de alguns pontos apresentarem valores muito elevados de DQO e tendo sua diminuição com a chegada do período de chuvas, ressalta-se que a legislação CONAMA 357 não fixa valores máximos ou mínimos para esse parâmetro.

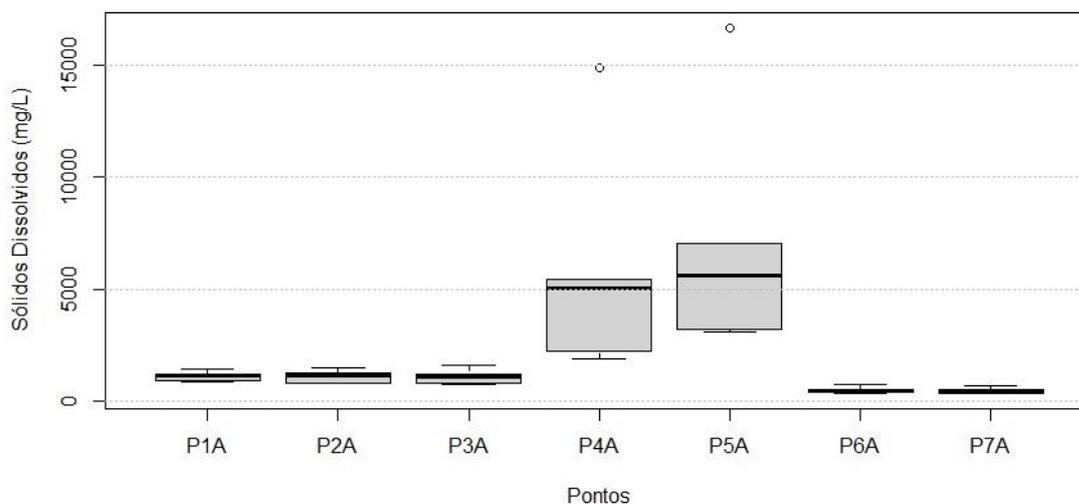
Apesar da importância desse método para quantificar a demanda necessária de OD para os microrganismos degradarem a matéria orgânica, alguns autores criticam os métodos, como Amaral (2008) que diz que a DQO pode não representar valores reais quando se trata da quantidade de matéria orgânica biodegradável, já que o método usa o dicromato de potássio e é oxidada a matéria orgânica inerte, conhecida como recalcitrância, oferecendo dificuldade de biodegradação. Entretanto Cintra *et al.* (2001) não recomenda a utilização apenas de valores de DBO5 para lixiviados ou ambientes que recebem fortes influências de descargas de chorume, devido sobretudo a ausência de uma biomassa aeróbia adaptada a possíveis condições adversas como, toxicidade e substrato pouco assimilável pela cultura microbiana.

Silva (2002) cita, no caso dos lixiviados, que a recalcitrância estaria associada à presença de compostos de elevada massa molecular com estruturas complexas e heterogêneas, como é o caso das substâncias húmicas, que podem interferir nos valores de DBO.

Assim com base nos autores citados anteriormente, pode-se afirmar que os valores dos dois métodos de demandas de OD, podem ter ligação direta com esse subproduto, tendo em vista que, a área recebe resíduos domésticos, material vegetal proveniente de podas e resíduos de origem animal, provenientes de abatedouros aviários.

A resolução CONAMA 357/2005 não fixa o valor de SD para águas de classe 2 e 3. A partir da estatística descritiva é possível observar que todos os pontos da lagoa natural interna e também de chorume apresentaram valores superiores a 700 mg/L (Gráfico 2, distribuição de SD). Os pontos 6A e 7A da lagoa natural externa teve seus valores bem abaixo dos demais pontos, passando a atingir valores inferiores a 500 mg/L a partir da terceira coleta, isso pode ser justificado ao fator diluição ocasionado pela pluviosidade, além de não receber influência direta de lixiviados. Os maiores valores foram verificados nos pontos 4A e 5A em todas as coletas, chegando a atingir valores máximos de 14880 mg/L e 16688 mg/L respectivamente na primeira coleta, provavelmente em decorrência da ausência de chuvas e intensificado pelas temperaturas mais elevadas nessa época. Valores elevados de SD são comuns em amostras de lixiviados, uma vez que, comportamento similar ocorreu durante monitoramento do chorume do antigo lixão de João Pessoa, realizado por Nóbrega *et al.* (2008). Colares (2013) também verificou concentrações superiores a 500 mg/L em todos os pontos de monitoramento em áreas de interferência direta pelo lixão de Quixadá.

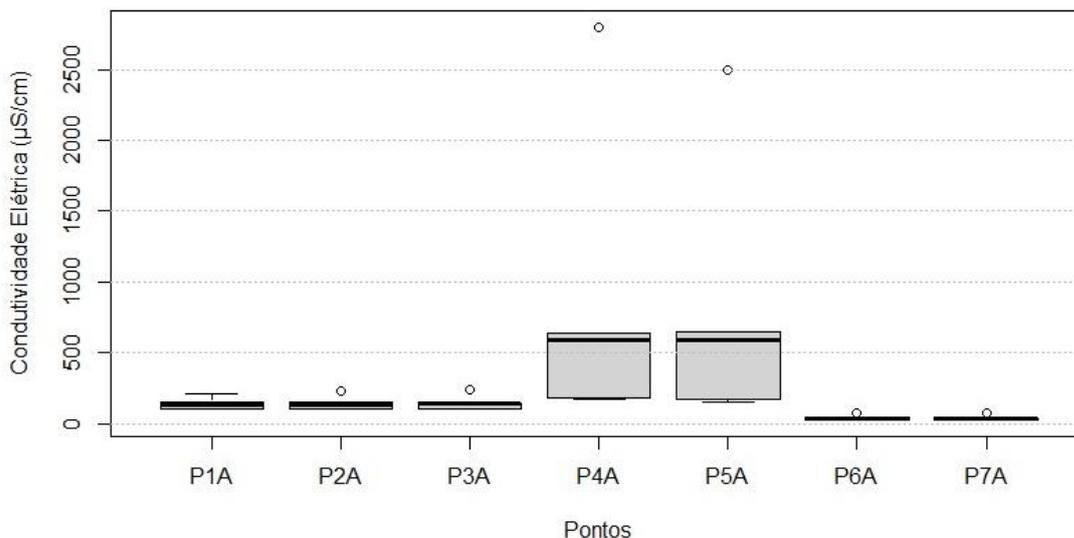
O teste não paramétrico (Tabela 9) apontou que houve diferenças significativas entre os valores dos pontos 6A e 7A com os pontos localizados na área do lixão. Reforçando que o lixiviado é o principal responsável pelos valores elevados de SD na lagoa natural interna da área do lixão.

**Gráfico 2 - Distribuição de valores de SD nos pontos de coleta.**

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-se em um eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma estreita relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, pode-se inferir que os SD possuem ligação direta com a condutividade. Assim como os valores de SD que tiveram suas concentrações mais elevadas na primeira coleta, e as menores nos pontos 6A e 7A, e as maiores nos pontos 4A e 5A. O mesmo comportamento ocorreu nos valores de condutividade ( $2800\mu\text{S}/\text{cm}/2500\mu\text{S}/\text{cm}$ ) para os pontos citados anteriormente. Esse comportamento similar foi observado por Nóbrega (2008) no monitoramento do lixão do Roger. O fato dos maiores valores nos pontos 4A e 5A, se dá devido ao lixiviado, e que acaba sendo percolado para a lagoa interna refletindo em valores mais elevados do que a lagoa natural externa. Colares (2019) reforça a influência do chorume no aumento dos valores de condutividade elétrica em corpos hídricos próximos a vazadouros. Observa-se ainda, a diminuição dos valores ao longo das coletas (Gráfico 3), essa redução dos valores pode ser atribuída ao aumento da precipitação na região.

No teste de Kruskal-Wallis (Tabela 9) houve variações significativas entre os pontos 6A e 7A e os demais pontos estudados. O que reforça que os elevados valores de CE nos demais pontos estão associados à presença do lixão e do seu lixiviado.

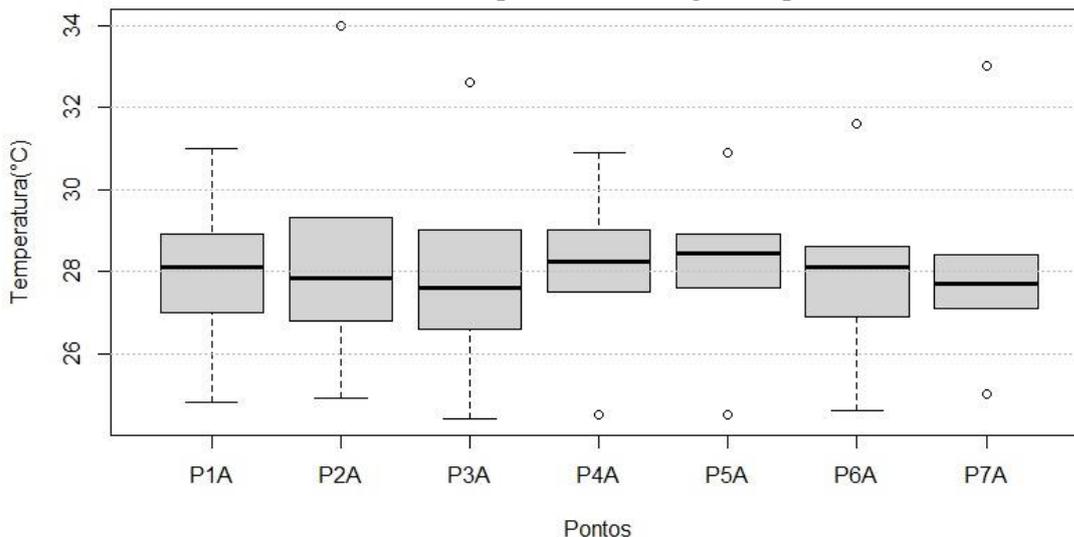
Ressalta-se ainda que, valores de condutividades elétricas altos também podem prejudicar os processos biológicos, provocando a morte ou o enfraquecimento dos microrganismos por desidratação.

**Gráfico 3 - Valores de CE nos pontos de coleta.**

As temperaturas variaram entre 24,4°C a 34°C ao longo dos pontos e das coletas. Foram verificadas temperaturas mais elevadas na coleta inicial, acredita-se que pelo fato de ser época de estiagem, ausência de chuvas e solos mais expostos devido ausência de plantas e folhagens na vegetação. No geral, as temperaturas apresentaram valores esperados para o regime climático local, podendo sofrer uma ligeira alteração devido ao horário na qual eram realizadas as coletas.

A resolução CONAMA 357 não limita valores de temperatura, entretanto valores de temperaturas muito elevados podem provocar alterações na biota aquática e comprometer processos biológicos importantes para a manutenção da vida aquática. Assim, ressalta-se que nenhum dos pontos ao longo das coletas obteve valores superiores a 35 °C, como mostra o Gráfico 4.

Valores semelhantes foram observados por Bispo (2015) e Macedo (2019) em seus trabalhos de monitoramento de ambientes lênticos localizados no Parque das Timbaúbas, também no município de Juazeiro do Norte – CE.

**Gráfico 4 - Valores de temperatura ao longo dos pontos de coleta.**

Ressalta-se que a temperatura foi o único parâmetro que não teve relações significativas no teste estatístico aplicável.

O oxigênio dissolvido - OD é um parâmetro fundamental à manutenção da vida aquática e essencial à autodepuração do sistema, entretanto as concentrações de oxigênio também são muito dinâmicas e são a diferença entre o que é eliminado pela fotossíntese e consumido pela decomposição (ESTEVES, 1998). Os processos de decomposição diminuem muito as concentrações de OD, pelo consumo das bactérias decompositoras aeróbias.

A presença de oxigênio na água para além de favorecer as espécies aeróbias também auxilia na redução da eutrofização, por unir-se ao ferro e fósforo, formando o fosfato ferroso, que é insolúvel e precipita no sedimento, deixando de estar disponível na coluna de água (ESTEVES, 2011).

O OD é o agente oxidante mais importante em águas naturais e um forte indicador de contaminação da água (BAIRD, 2011). Contudo, deve-se considerar que embora o oxigênio dissolvido seja um bom indicador de poluição, este não deve ser o único fator considerado, visto que sua concentração é afetada por diversos fatores e não somente pela ação antrópica (BISPO, 2015), mas também pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos – ferro (II) e manganês (II), por exemplo (Fiorucci e Benedetti-Filho, 2005).

As concentrações de OD variaram entre 0,69 mgO<sub>2</sub>/L no ponto 2A na segunda coleta a 6,4 mgO<sub>2</sub>/L no ponto 7A. Ressalta-se ainda que só os pontos 7A e 5A durante

duas coletas tiveram concentrações (6,4 mgO<sub>2</sub>/L e 5,32 mgO<sub>2</sub>/L / 6,25 mgO<sub>2</sub>/L e 5,15 mgO<sub>2</sub>/L) dentro do permitido pela legislação CONAMA 357/05, que estabelece concentrações iguais ou superiores a 5 mgO<sub>2</sub>/L.

As concentrações mais elevadas de OD no ponto 5A chamam atenção, já que se encontra em uma lagoa de chorume. Esses valores podem ser inicialmente atribuídos a precipitação, uma vez que os valores ocorreram no final de janeiro e início de fevereiro. Outra hipótese para justificar esses valores, parte do seguinte conceito: o biofilme. Este é definido como micro comunidades (Bactérias, fungos, algas, animais e detritos) de aspecto gelatinoso, aderidos a substratos orgânicos (plásticos, madeiras) ou inorgânicos (areia, brita), vivos ou mortos, geralmente imerso em meio líquido (WETZEL 1983; ALISSON, 2003). Para além dos microrganismos, no biofilme em ambientes aquáticos encontram-se algas, protozoários, microcrustáceos e rotíferos, o que o torna um sistema biológico completo, com produtores, consumidores e decompositores (WETZEL, 1983).

Dessa forma, considerando o biofilme como um sistema biorremediador de ambientes poluídos, com capacidade de se desenvolver em substratos naturais ou artificiais, levando em consideração também o fator diluição pelas chuvas, a livre troca gasosa entre a lâmina d'água e atmosfera, redução no processo de evaporação e a entrada da luz no ambiente. Associa-se que os galhos de árvores provenientes das podas que eram descartadas próximo ao ponto e os resíduos plásticos (Figura 10) existentes no local funcionaram com um substrato para o desenvolvimento da comunidade de biofilme, auxiliando na ciclagem dos nutrientes e desempenhando papel importante nos fluxos de energia e em ciclos de elementos como fósforo, nitrogênio, oxigênio e entre outros (BATTIN et al., 2003; BALDWIN et al., 2006), refletindo assim, em concentrações de OD mais elevadas nesse ponto.

Sousa (2014), em experimentos realizados com o sistema biofilme desenvolvido em substratos artificiais em uma ETE, observou que o sistema teve eficiência nos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, transparência, pH e qualidade do fitoplâncton.

**Figura 10** - Biofilme em substratos naturais e artificiais no ponto 5.



Fonte: Autor (2022).

Os pontos amostrais P1A, P2A e P3A, localizados na lagoa natural interna e de maior volume apresentaram concentrações abaixo do recomendado pela resolução CONAMA 357 para águas de classe 2. Esse fato se dá devido à proximidade da lagoa com o lago de chorume formados na área do lixão e ao fato de ter fortes indícios de hipereutrofização, de acordo com o PRAD, tendo sua superfície completamente coberta por plantas aquáticas (*Pistia stratiotes*) conhecidas popularmente como alface d'água (Figura 11) o que impede a entrada da luz e a troca gasosa entre a água e atmosfera.

O P3A foi o que apresentou a melhor concentração média (2,05 mgO<sub>2</sub>/L) quando comparados ao P1A e P2A. Esse melhor valor na lagoa natural interna se dá devido a distância que o ponto fica dos demais, já que fica do lado oposto as lagoas de chorumes, sendo menos afetados pelo lixiviado. Já que no período chuvoso ocorre a conexão das lagoas de chorume com a lagoa interna (Figura 11), fazendo com que a água desse corpo hídrico apresenta parâmetros com características de chorume.

Os pontos P6A e P7A foram os que apresentaram melhores concentrações médias de OD, 2,76mgO<sub>2</sub>/L e 3,96mgO<sub>2</sub>/L, respectivamente. Essas concentrações mais satisfatórias de OD na lagoa externa se dão devido à distância da lagoa às demais lagoas do lixão, e ao fato de não receber lixiviados ou resíduos, reforçado pelas características físicas do solo argiloso que não favorece o avanço da pluma de contaminação em camadas subsuperficiais do solo. Também pode ser justificado pela baixa profundidade,

superfície livre que possibilita a entrada de luz e troca de gases com a atmosfera. Devido ser utilizada na dessedentação de animais esse fator pode auxiliar em uma possível aeração da lagoa e/ou contribuir com o aumento da carga orgânica associada a fezes e urinas desses animais.

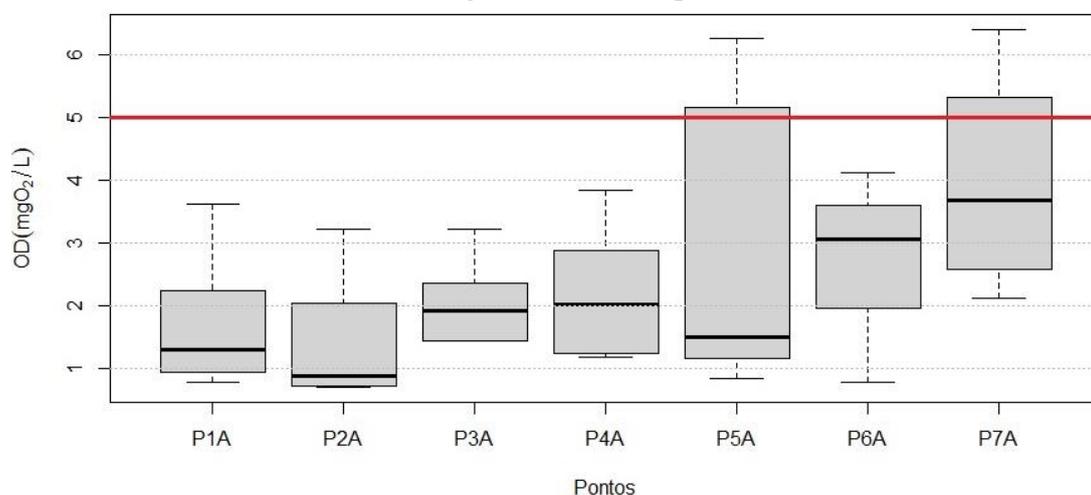
As concentrações de OD ao longo dos pontos e coletas podem ser observadas no Gráfico 5.

**Figura 11** - Conexão entre a lagoa de chorume e a lagoa natural interna, totalmente coberta por alfaces d'aguas.



Autor, 2022.

**Gráfico 5** - Concentrações de OD nos pontos de coleta.

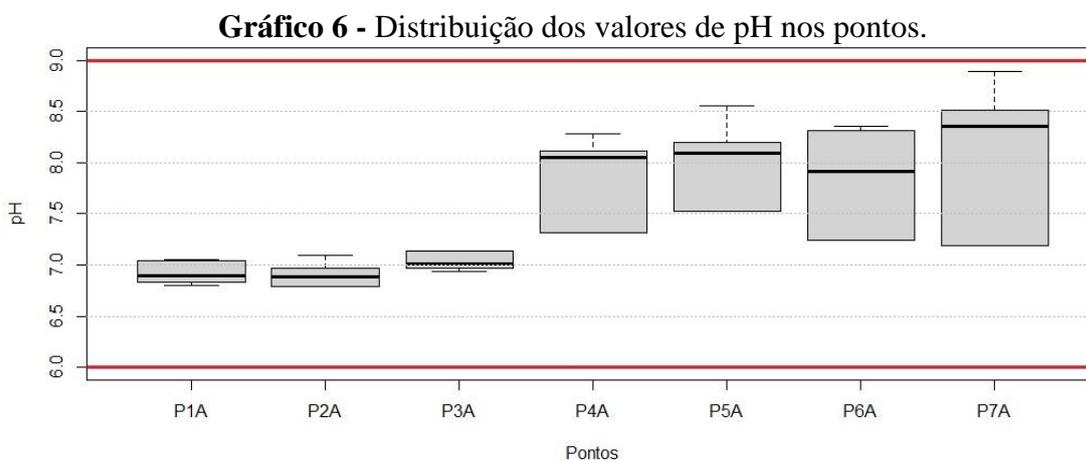


Aplicando o teste de Kruskal-Wallis (Tabela 9) para a variável OD, observou que mesmo o ponto 5A apresentando concentrações dentro do limite estabelecido pela

legislação (maior que 5mgO<sub>2</sub>/L) em duas coletas, o mesmo não obteve variações significativas com os demais pontos. Já o ponto 6A teve variações significativas com o ponto 2A, e o ponto 7A apresentou variações significativas com o ponto 1A e 2A, altamente impactado pelo lixão e seu lixiviado.

Os valores de pH variaram entre 6,8 (P1A) a 8,89 (P7A), estando todos os valores encontrados dentro do estabelecido pela legislação 357/05 (entre 6 e 9). Valores muito elevados de pH podem ser o resultado do aumento da fotossíntese, o que aumenta a absorção de CO<sub>2</sub> e com isso aumentam os valores de pH. Corroborando com essa afirmação tem-se que o maior valor de pH se deu no ponto de maior OD (6,4 mgO<sub>2</sub>/L) para mesma coleta (segunda).

De acordo com a bibliografia especializada, quanto mais o pH se aproxima de neutro ou alcalino reduz-se a solubilidade de compostos inorgânicos, diminuindo a condutividade do chorume. Logo, para os pontos 4A e 5A, à medida que o pH se aproximava de 7 ao longo das coletas, os valores de condutividade diminuía. Os valores de pH podem ser observados no Gráfico 6.



A partir da análise dos dados de pH observa-se que os P1A, P2A e P3A classificaram-se no geral como neutros, assumindo valores 6,9 a 7,14, enquanto os demais pontos P4A, P5A, P6A e P7A classificaram-se como alcalino, variando entre 7,24 e 8,89.

No teste de significância (Tabela 9) essa classificação foi reforçada, onde os pontos 1, 2 e 3 tiveram variações significativas para os pontos 4A, 5A, 6A e 7A e vice-versa.

## 5.2. Análise da Qualidade Química do Solo

Acompanhando a mesma quantidade de coletas de águas e chorumes, foram realizadas 6 coletas de solo na área do lixão de Juazeiro do Norte, distribuídos em 3 pontos amostrais. O ponto controle - PCS, localizado na área do lixão, mas em uma área com pouca ou nenhuma interferência dos resíduos, o P1S nas imediações da lagoa de chorume, e o P2S nas margens da CE - 060, dentro da área do lixão. Durante as duas últimas coletas, devido ao aumento do volume da lagoa de chorume próxima ao P1S não foi possível coletar amostras do solo. Na Tabela 10 tem-se a estatística descritiva para os dados de solo durante as coletas.

**Tabela 10** - Estatística descritiva para os parâmetros de solo.

Pontos de coletas	Parâmetros Analisados	Mín - Máx	Média	Mediana	DP	CV (%)
PCS	C.E (µS/cm)	2 - 6	3,83	3,50	1,47	38,40
	pH (UpH)	6,28 - 6,85	6,43	6,35	0,22	3,36
	COT (g/kg)	1,5 - 1,60	1,49	1,47	0,05	3,42
	Carbono Lábil (g/kg)	0,098 - 0,116	0,109	0,112	0,0087	7,95
	Carbono Solúvel (g/kg)	1,95 - 2,43	2,21	2,22	0,22	0,10
P1S	C.E (µS/cm)	86 - 160	124,75	126,50	30,30	24,3
	pH (UpH)	7,45 - 7,79	7,65	7,69	0,15	1,9
	COT (g/kg)	10,9 - 24,9	20,60	23,30	6,53	31,7

	Carbono Lábil (g/kg)	0,087 - 0,101	0,093	27,85	0,006	0,063
	Carbono Solúvel (g/kg)	49,62 - 58,16	53,68	53,46	3,91	0,07
<b>P2S</b>	C.E (μS/cm)	9 - 16	12,50	13,50	2,88	23,0
	pH (UpH)	6,1 - 7,48	6,96	7,08	0,55	7,9
	COT (g/kg)	10,1 - 13,8	12,90	13,55	1,41	11,0
	Carbono Lábil (g/kg)	0,099 - 0,104	0,101	0,092	0,002	0,021
	Carbono Solúvel (g/kg)	1,95 - 2,50	2,31	2,39	0,20	0,09

Fonte: Autor, 2022.

De acordo com Pimentel - Gomes (1985), e com base no CV, os parâmetros de carbono solúvel, carbono lábil e pH apresentaram coeficientes de variação baixo (CV<10%) para todos os pontos. A condutividade no PCS classificou-se como muito alta (CV>30%) e alta nos demais pontos. Enquanto o COT apresentou-se baixo, moderado e muito alto nos pontos PCS, P2S e P1S, respectivamente.

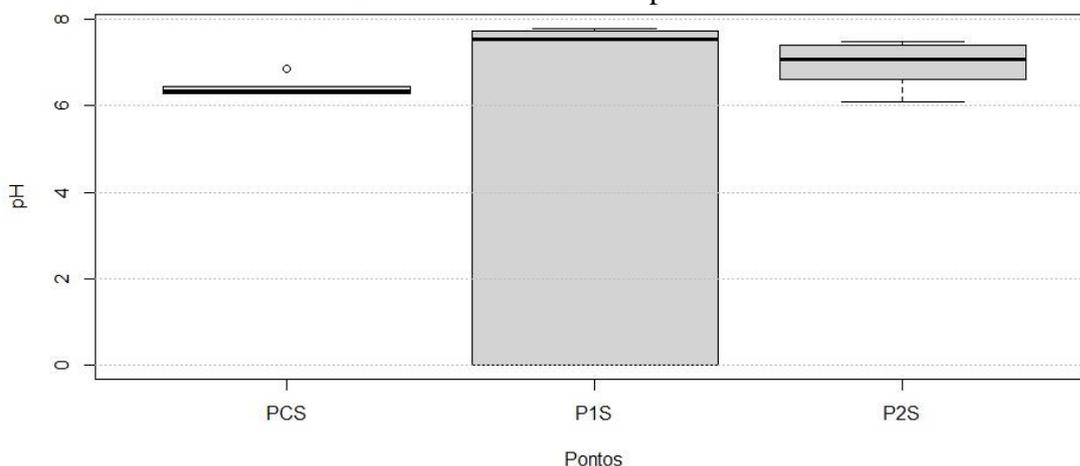
A concentração de H<sup>+</sup> no solo é usado para determinar se um solo é ácido (pH menor que 7), neutro (pH igual a 7) ou básico (pH maior que 7), controla a solubilidade de nutrientes no solo, exercendo grande influência sobre a absorção dos mesmos pelas plantas, sendo que solos ideais para cultivo devem apresentar pH entre 6,0 e 6,5 (CRESTANI et, al, 2008).

Os valores de pH variaram entre 6,1 (P2S) e 7,79 (P1S) ao longo das coletas. O PCS durante todas as coletas apresentou pH maior que 6 e menor que 7, sendo assim classificado como um solo ácido. O PCS apresentou valor médio de 6,43 para a variável de pH, estando assim, dentro da faixa ideal de cultivo afirmada por Crestoni (2008). Reforçando ser um solo pouco impactado, podendo ainda ser cultivado. Bispo (2015) em análises de solos em áreas de um parque natural também no município de Juazeiro

do Norte - CE, observou que mais de 42% de suas amostras apresentaram pH ácido (<7). Reforçando assim, que o lixão para essa variável não exerce influência para o ponto em análise (PCS).

O P1S durante todas as análises apresentou valores de pH superiores a 7, variando entre 7,45 e 7,79, sendo assim, classificado como alcalino. Esses valores podem estar relacionados à alta carga orgânica da área e a presença do lixiviado em suas proximidades. Alves (2016) também encontrou valores de pH superior a 7 em solos do lixão do município de Olho D'água dos Borges - RN. Nascimento (2017) também encontrou solos alcalinos no lixão desativado do município de Brejinho, RN. O P2S teve valores de pH variando entre 6,1 e 7,48, comportando-se como um solo ácido e alcalino ao longo das coletas. No Gráfico 7, tem-se os valores de pH.

**Gráfico 7 - Valores de pH do solo.**



A partir do teste de Kruskal-Wallis (Tabela 11) verificou-se que houve variações significativas entre o PCS e o P1S. Os valores de P2S não tiveram interações significativas a nível estatístico com os demais pontos.

O teste de Kruskal-Wallis para todos os parâmetros de solo analisados pode ser observado na Tabela 11 a seguir.

**Tabela 11 - Variações significativas dos parâmetros com base no teste de Kruskal-Wallis.**

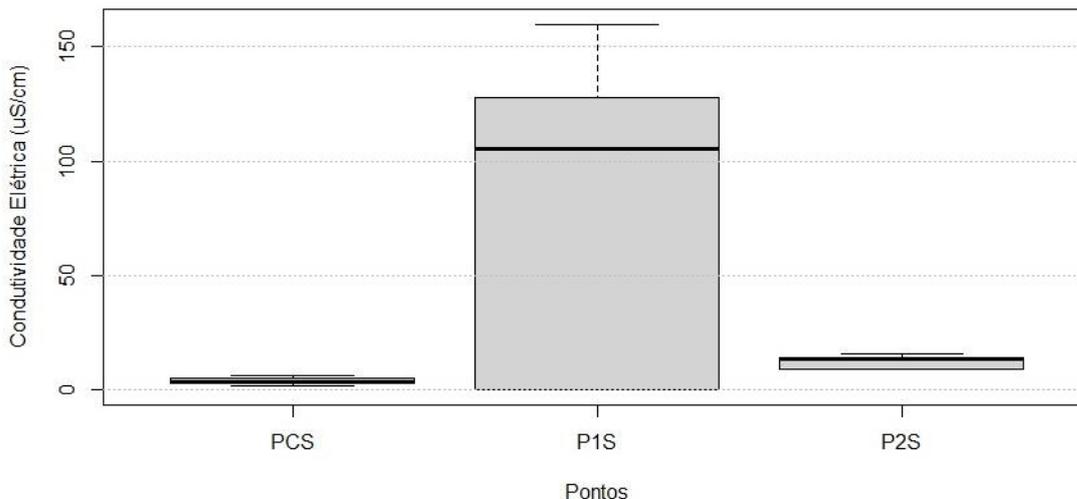
Variáveis (Solo)	P – valor (<0,05)
CE.PCS – CE.P1S/CE.P2S	0,0003/0,0286
CE.P1S – CE.PCS	0,0003

<b>CE.P2S – CE.PCS</b>	0,0286
<b>pH.PCS – pH.P1S</b>	0,0021
<b>pH.P1S – pH.PCS</b>	0,0021
<b>COT.PCS – COT.P1S/COT.P2S</b>	0,0012/0,0115
<b>COT.P1S – COT.PCS</b>	0,0012
<b>COT.P2S – COT.PCS</b>	0,0115
<b>C.LABIL.PCS – C.LABIL.P1S</b>	0,0155
<b>C.LABIL.P1S - C.LABIL.PCS</b>	0,0155
<b>C.SOL.PCS - C.SOL.P1S</b>	0,0042
<b>C.SOL.P1S - C.SOL.PCS/ C.SOL.P2S</b>	0,0042/0,0178
<b>C.SOL.P2S - C.SOL.P1S</b>	0,0178

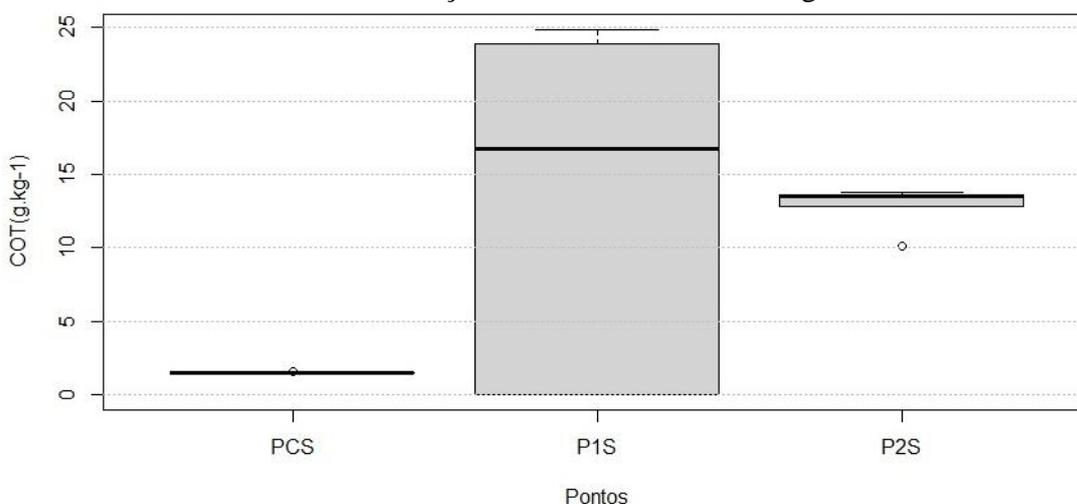
Fonte: Autor, 2022.

Os valores de CE apresentaram valores entre 2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 160  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sendo os menores valores verificados sempre no PCS, e os maiores no P1S em todas as coletas. Alves (2016) também observou esse comportamento em solos de mata e em solos de lixão. O autor ainda percebeu em suas análises que em camadas de solo entre 20cm e 40cm para solos de lixões a CE tende a aumentar, enquanto áreas de matas, tende a ter uma ligeira diminuição. O comportamento de aumento da CE em camadas mais profundas de solos também foi observado por Araújo (2014), evidenciando a contribuição dos resíduos no enriquecimento do solo em camadas subsuperficiais através da ascensão capilar. Ainda segundo Araújo (2014), o aumento do pH do solo esteve correlacionado positivamente com CE, em solos do lixão.

No teste de significância (Tabela 11), mostra que os valores do PCS foram significativos com os pontos 1 e 2. Os valores de CE estão apresentados no Gráfico 8.

**Gráfico 8 - Valores de CE do solo.**

O COT variou entre 1,5 g/kg (PC) a 24,9 g/kg (P1). O PCS registrou as menores concentrações em todas as coletas, seguido do P2S. Valores semelhantes ao PCS foram encontrados por Araújo (2014) ao comparar solos de matas com solos do lixão do município de São João do Sabugi - RN. Os valores de COT para a área de mata foram de 2,28 g/kg na camada de 0 a 20 cm e 1,27 na camada de 20 a 40 cm. Os valores de COT para solos do lixão variaram entre 13,48 g/kg e 15,28 g/kg na camada superficial e sub superficial, respectivamente. Valores semelhantes foram verificados no P2S do lixão de Juazeiro do Norte. O COT no P1S foi bem superior aos demais pontos, acredita-se que pela proximidade com o lixiviado e o grande descarte de podas de árvores nas suas imediações. As concentrações de COT estão dispostas no Gráfico 9.

**Gráfico 9 - Concentrações de COT no solo ao longo das coletas.**

O teste de variância significativa (Tabela 11) para COT nos pontos analisados mostrou que o PCS teve concentrações significativas quando comparadas ao P1S e P2S.

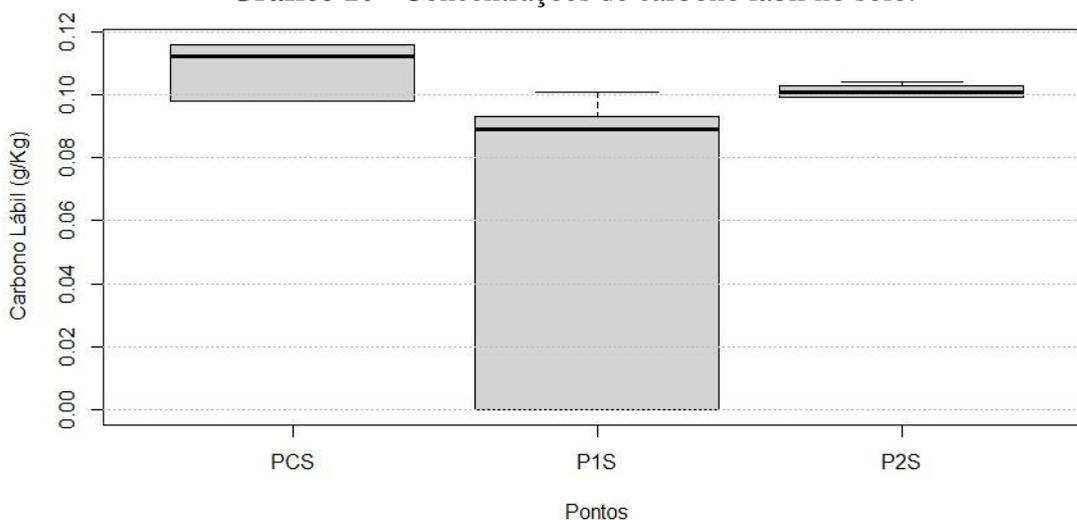
As concentrações de carbono lábil apresentaram  $CV < 10\%$  para os 3 pontos estudados, indicando existir pouca heterogeneidade entre os valores. Os maiores valores foram ligeiramente verificados no PCS, seguidos do P2S e P1S.

Inácio (2009) observou o comportamento do carbono lábil em alguns sistemas de uso do solo, e encontrou maiores concentrações em ambientes de mata, e em áreas de pastagens com características mais degradadas, os menores valores. A partir desse exemplo, infere-se que quanto mais degradada, poluída ou contaminada for a área, menor tende a ser a concentração dessa parcela do carbono. Os valores para os 3 pontos da área do lixão de Juazeiro do Norte, corroboram com a hipótese.

De acordo com Melo (2014), os níveis de COT e C-lábil estão intimamente relacionados com os tipos de resíduos orgânicos depositados no local. Esses resíduos apresentam composição química variada, uma vez que os teores de matéria orgânica, de nutrientes e a carga de poluentes presentes nesses resíduos se mostram dependentes da origem e do processamento de matérias-primas. Devido o solo em estudo ser uma área de lixão, é difícil estabelecer um intervalo para enquadrar as origens da matéria orgânica existente na área.

O teste de Kruskal-Wallis (Tabela 11) mostrou que houve diferenças significativas entre o PCS e o P1S, reforçando a ideia que essa fração do carbono sofre influência dos diversos resíduos e do lixiviado. No Gráfico 10, tem-se a distribuição das concentrações de carbono lábil.

**Gráfico 10** - Concentrações de carbono lábil no solo.

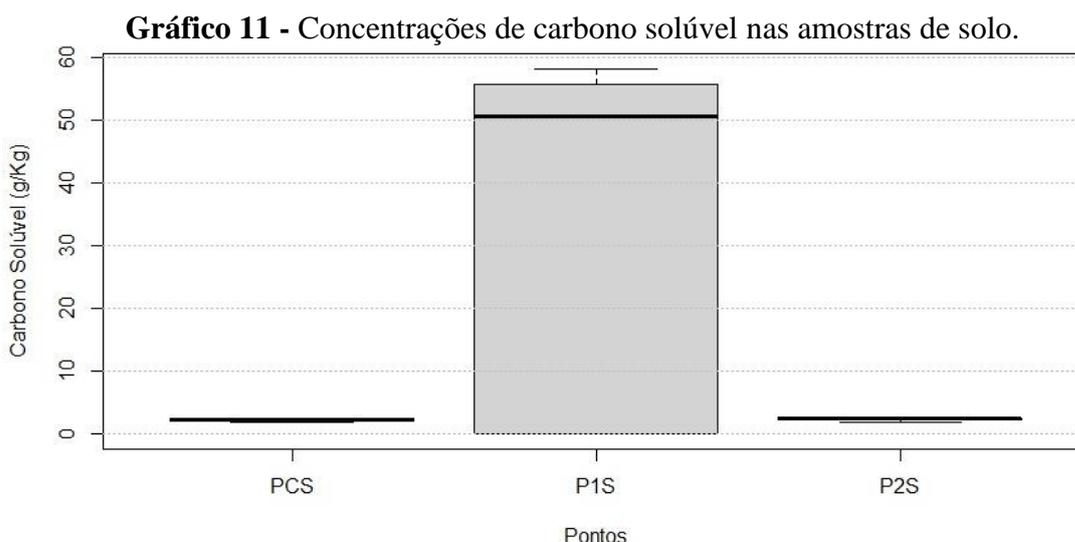


O carbono solúvel em água (CSA) é uma forma de C-lábil cuja concentração no solo é regulada por atributos como qualidade e teor de matéria orgânica, acidez,

disponibilidade de nutrientes, mineralogia e fatores ligados à comunidade microbiana (Oliveira Júnior *et al.*, 2008). Assim, já que o aumento nas concentrações de carbono solúvel está diretamente ligado com o aumento no teor de COT (Ciotta *et al.*, 2004), espera-se que o CSA também sofra interferências das alterações no meio, em que os ambientes que depositam maiores quantidades de matéria orgânica no solo, possam apresentar maiores teores de carbono (Inácio, 2009).

As concentrações de carbono solúvel nas amostras de solo do lixão variaram entre 1,95 g/kg (PCS e P2S) a 58,16 g/kg (P1S). Os pontos controle e P2S apresentaram valores próximos e semelhantes ao longo das coletas, apresentando valores médios de 2,21g/kg e 2,31g/kg, respectivamente.

O teste de Kruskal-Wallis (Tabela 11) mostrou diferença significativa entre P1S com os demais pontos analisados. As concentrações de carbono solúvel podem ser acompanhadas no Gráfico 11.



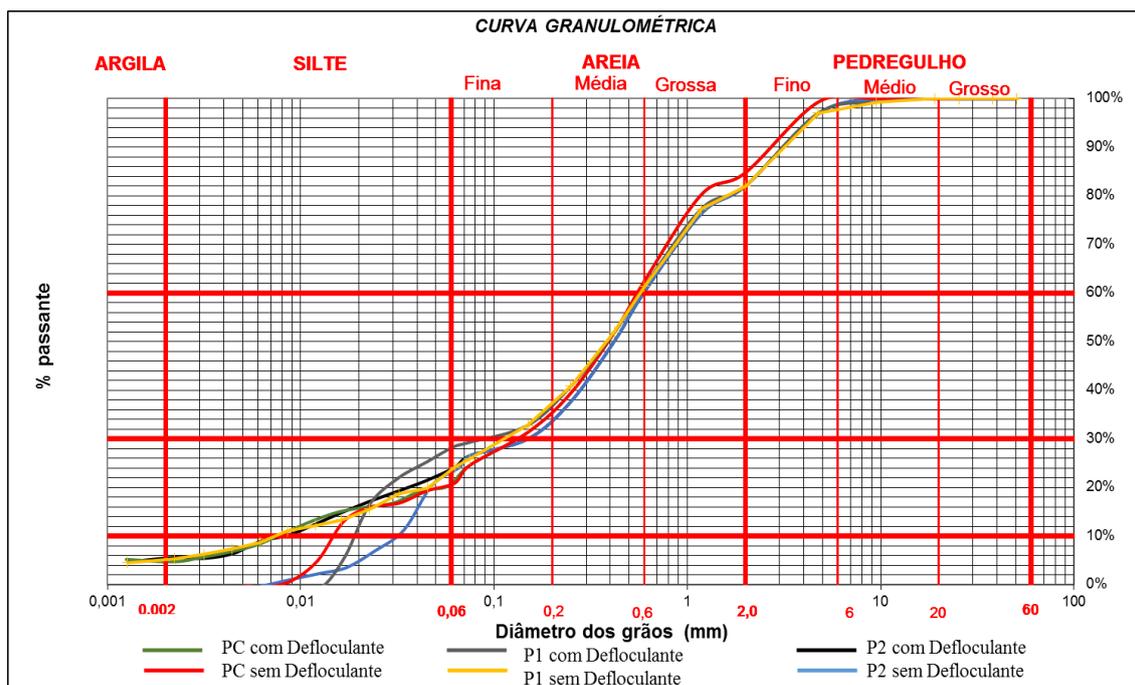
### 5.3. Ensaio Geotécnicos

#### 5.3.1 Granulometria, LL e LP

As curvas granulométricas dos solos apresentam-se bem distribuídas, com composição de vários tamanhos de grãos (Figura 12). A Tabela 12 apresenta os dados da caracterização básica das amostras de solo, incluindo os limites de liquidez e índice de plasticidade e a classificação unificada do solo. Verifica-se que as amostras dos solos coletados nos 3 pontos da área de estudo foram classificadas em maior parte como areia, variando entre areia fina, média e grossa, atingindo entre 57% e 64% da composição

total do solo. Os solos também apresentaram silte e pedregulhos finos e médios em sua composição, mas em valores menos expressivos. Segundo Caputo (1988) os pontos PSC e PS2 classificaram-se como solos fracamente plásticos ( $IP < 7$ ) e o PS1 classificou-se em medianamente plástico ( $7 < IP < 15$ ). Essa característica mais plástica no PS1 pode ser reflexo da contribuição da decomposição intensa da matéria orgânica, associada ao lixiviado.

**Figura 12** - Curvas granulométricas dos solos.



**Tabela 12** - Caracterização básica das amostras de solo.

PSC								
Tipo de ensaio	% de Materiais						Índices de Consistência	
	Arg.	Silte	A. Fina	A. Média	A. Grossa	Ped. Fino/Méd	LL	IP
Com Defloculante	4,73%	15,59%	11,06%	31,07%	22,3%	15,25%	23,83%	6,22%
Sem Defloculante	0%	20,9%	10,5%	31,1%	22,5%	15%		
PS1								
Tipo de ensaio	% de Materiais						Índices de Consistência	
	Arg.	Silte	A. Fina	A. Média	A. Grossa	Ped. Fino/Méd	LL	IP
Com Defloculante	4,56%	19,62%	8,63%	28,5%	20,69%	18%	33,40%	9,27%
Sem Defloculante	0%	28,37%	4,44%	28,5%	19,37%	19,32%		

PS2								
Tipo de ensaio	% de Materiais						Índices de Consistência	
	Arg.	Silte	A. Fina	A. Média	A. Grossa	Ped. Fino/Méd	LL	IP
Com Defloculante	4,72%	18,87%	5,83%	30,23%	21,81%	17,96%		
Sem Defloculante	0%	24,17%	6,83%	29,23%	21,77%	18%	19,46%	4,00%

Fonte: Autor (2022).

Em campo, o ensaio de Guelph foi realizado com duas alturas padrão de cargas hidráulicas (5 cm e 10 cm), utilizando o reservatório combinado. A condutividade hidráulica de  $k_{fs}$  obtida foi de  $7 \times 10^{-3}$  cm/s, ou seja,  $7 \times 10^{-5}$  m/s, típico de solos arenosos finos, de bem a mal drenados (Figura 9), com grau de permeabilidade se enquadrando na classe de baixo a médio (ver Tabela 3). Esse resultado está de acordo com a textura do solo apresentado na curva granulométrica (Figura 12) e mostra que o solo pode contribuir para o avanço da pluma de contaminação no subsolo.

Com relação ao ensaio de sondagem SPT, foi realizado a uma distância de cerca de cinco metros da lagoa natural externa a área do aterro controlado. O furo foi realizado até 6,0 m de profundidade, não atingindo o impenetrável. O relatório de sondagem mostrou que o perfil do solo é constituído por camadas de textura predominantemente argilosa, com  $N_{SPT}$  variando de 18 a 52 golpes, enquadrando o solo como argila de consistência rija a dura (Tabela 13). O relatório de sondagem SPT encontra-se nos anexos (Figura 15).

**Tabela 13** - Descrição do perfil do ensaio SPT.

Profundidade (m)	$N_{SPT}$	Descrição do Subsolo	Consistência
1	18,0	Argila Vermelha Variiegada	Rija
2	18,0	Argila Vermelha Variiegada	Rija
3	30,0	Argila Vermelha Variiegada	Muito Rija
4	33,0	Argila Vermelha Variiegada	Dura
5	47,0	Argila Vermelha	Dura
6	52,0	Argila Vermelha	Dura

Fonte: Autor (2022).

O nível de água do lençol freático, durante a execução do ensaio SPT, não foi encontrado, no entanto, após 48 horas do final do ensaio, foi observado um nível d'água dentro do furo, em uma profundidade de 4,6 metros. É possível que este nível de água encontrado se refira à água utilizada no ensaio e não ao lençol freático natural, pois o ensaio foi realizado com circulação de água, para o avanço do furo, devido à elevada consistência do solo, conforme recomenda a ABNT NBR 6484/2020. A baixa permeabilidade dos solos argilosos contribui para esta possibilidade. Por meio desses resultados não se pode afirmar que a água da lagoa de chorume tem potencial elevado de contaminar a água da lagoa externa, por meio de fluxo subsuperficial, pois a presença de solos argilosos pode causar uma barreira de contaminação de subsuperfície. Ensaio durante o período chuvoso devem ser realizados para uma melhor interpretação dos resultados.

#### **5.4 Conjuntura Socioeconômica dos Catadores**

O projeto de lei 6822/10 passou a regulamentar a profissão de catador de materiais recicláveis e de reciclador de papel. Assim, o texto define o catador como sendo o profissional autônomo ou associado de cooperativa que cata, seleciona e transporta material reciclável nas vias públicas e nos estabelecimentos públicos ou privados para venda ou uso próprio. Os catadores de materiais recicláveis são um dos agentes mais importantes envolvidos na questão ambiental e econômica dos resíduos sólidos urbanos. Apesar de beneficiar o meio ambiente e a saúde coletiva, a profissão é pouco valorizada e esquecida, sendo vista com certo preconceito por uma parcela da população, sendo estigmatizados, marginalizados, excluídos, suscetíveis às doenças ocupacionais (Araújo et al., 2021) e não tendo as garantias das relações de trabalho, ficam em diferentes situações de vulnerabilidade. Dentre elas, a vulnerabilidade social, a qual se evidencia pela falta de acesso das pessoas à saúde, educação, cultura e emprego (Agostini & Busato, 2020); e a vulnerabilidade programática, a que engloba a falta ou a limitação de acesso das pessoas às políticas, programas, serviços e ações de proteção e promoção à saúde e a dignidade humana.

De acordo com Pochmann (2003), a exclusão social se dá quando os direitos básicos como acesso a trabalho, renda, moradia, educação e saúde são negados. De acordo com o *Atlas da exclusão social no Brasil (2014)* no ano de 2010, o Índice de Exclusão Social (IES) foi de 0,63 no Brasil. Em grande medida, os estados das grandes

regiões geográficas do **Norte e Nordeste** foram os principais responsáveis pela situação geral do IES.

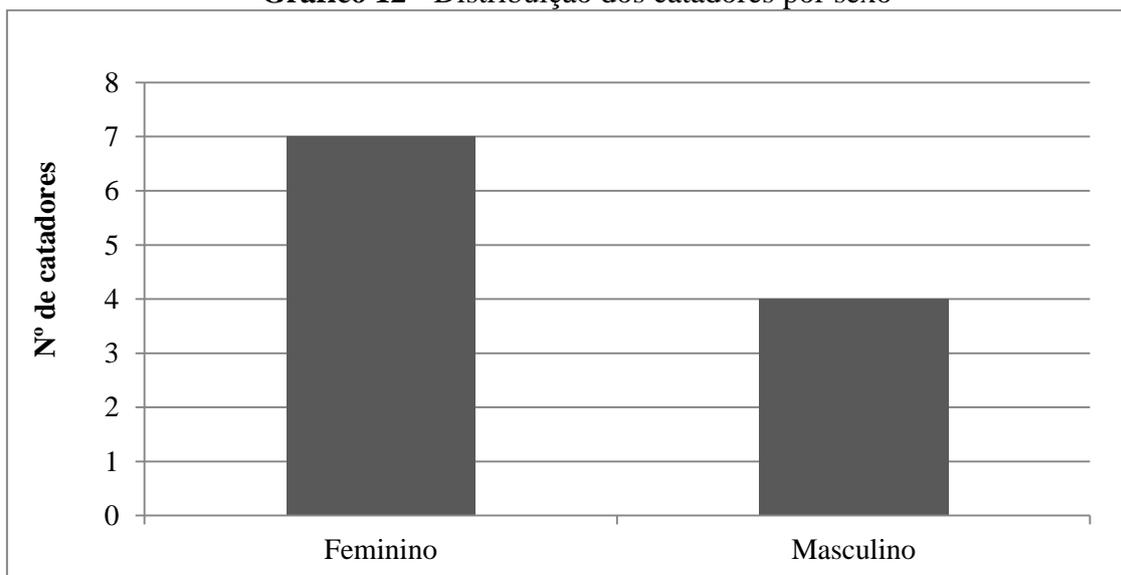
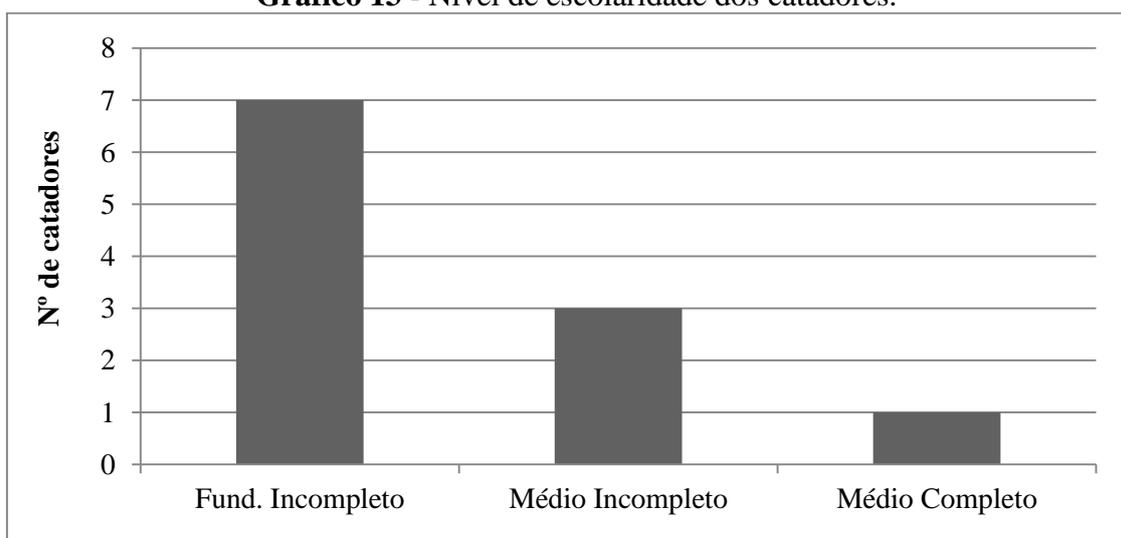
Além da problemática da exclusão e da marginalização social, os catadores ainda sofrem com exploração do capital por partes das indústrias, e sobretudo dos atravessadores de materiais recicláveis, essa prática é comum no nordeste e no Brasil.

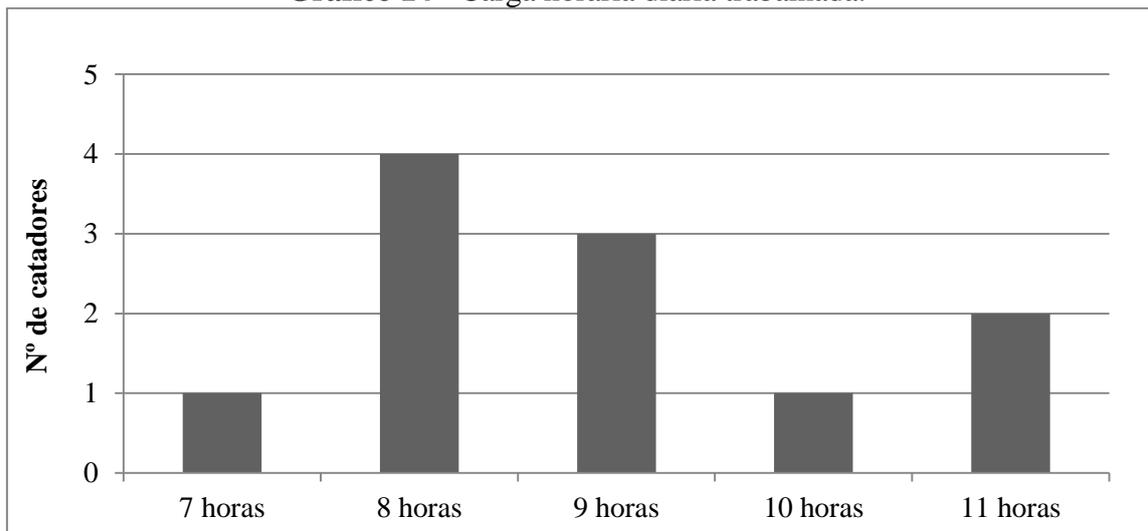
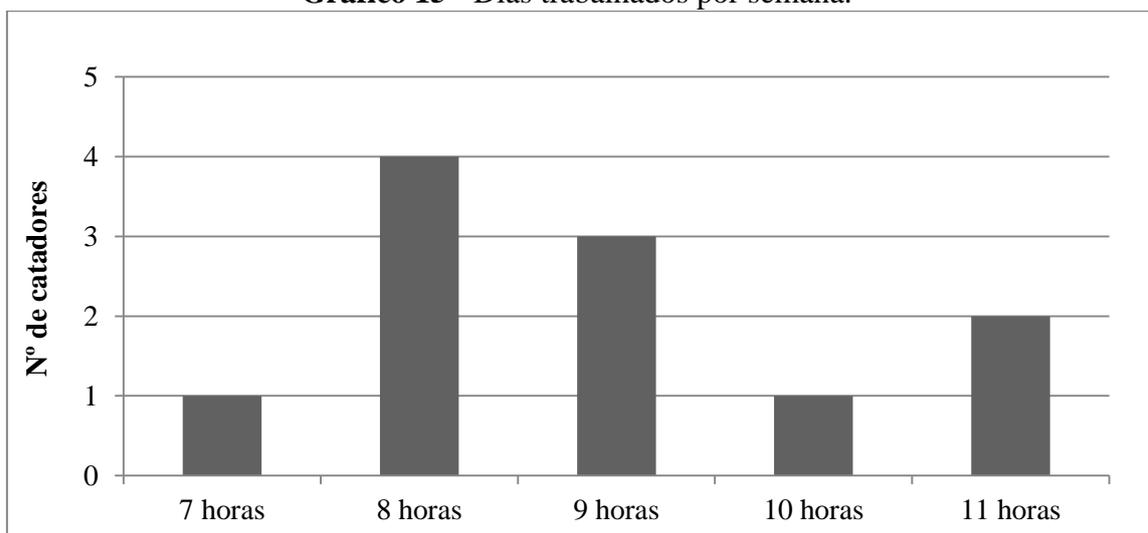
O lixão de Juazeiro do Norte - CE possui centenas de catadores trabalhando nas suas dependências, a maior parte dos trabalhadores é cadastrada e muitas vezes fazem parte de associações, outros são trabalhadores informais, autônomos que conseguem burlar o acesso à área ou à fiscalização local.

A entrevista com os catadores aconteceu no mês de outubro de 2022, no local de trabalho dos catadores, por intermédio da agente social da AMAJU. Foram entrevistados 11 catadores, devido ao horário e ao fato de não quererem perder tempo no trabalho, alguns catadores se recusaram a participar. O questionário usado para a entrevista consta nos anexos. Apesar da variabilidade de perguntas, ressalta-se que nem todos os tópicos foram abordados nos resultados da pesquisa.

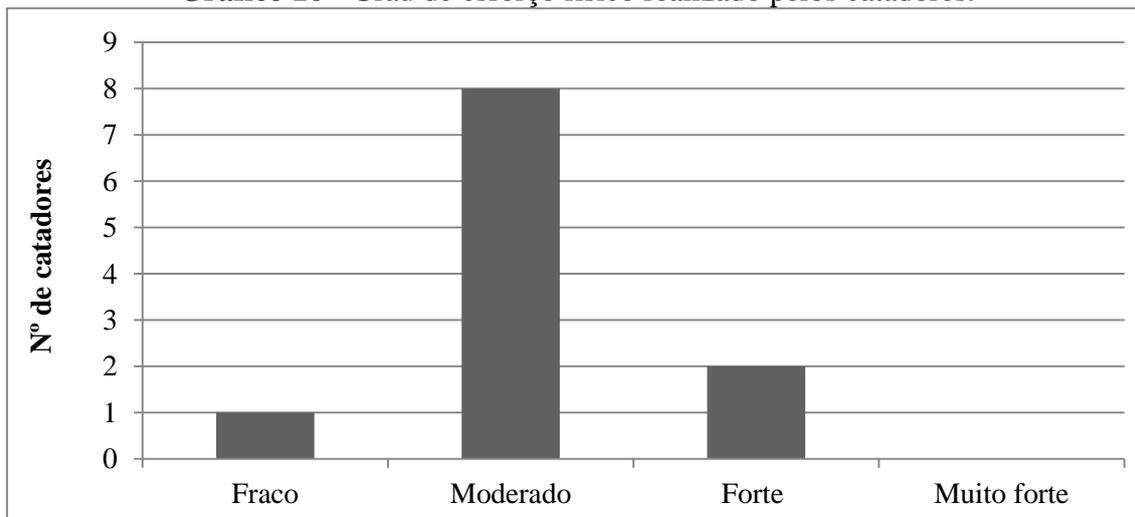
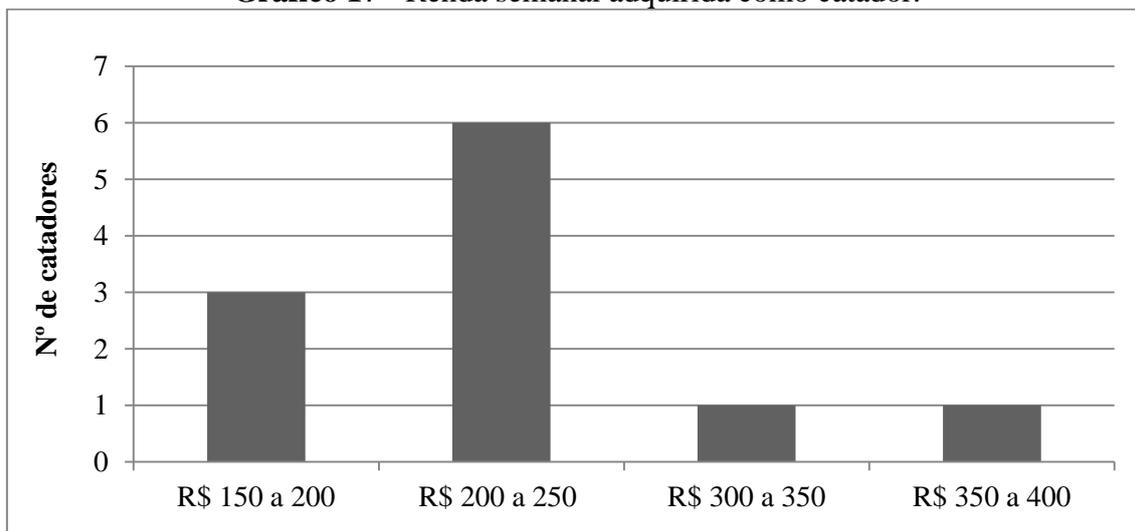
Os catadores do lixão de Juazeiro do Norte são homens e mulheres (Gráfico 12) com idades variadas (23 a 65 anos para o grupo amostral), que tiram dali o seu sustento e muitas vezes o do grupo familiar. Alguns deles já deviam estar desfrutando de sua velhice junto aos seus familiares, já que por lei sua seguridade social é garantida.

Com base nos catadores entrevistados, observa-se que aproximadamente 64% dos trabalhadores são mulheres, e os demais 36% são homens, em que a maior parte possui baixa escolaridade (Gráfico 13). As cargas horárias de trabalho são longas e exaustivas, variando de 7 a 11 horas diárias (Gráfico 14), entre 3 e 7 dias por semana (Gráfico 15).

**Gráfico 12 - Distribuição dos catadores por sexo****Gráfico 13 - Nível de escolaridade dos catadores.**

**Gráfico 14 - Carga horária diária trabalhada.****Gráfico 15 - Dias trabalhados por semana.**

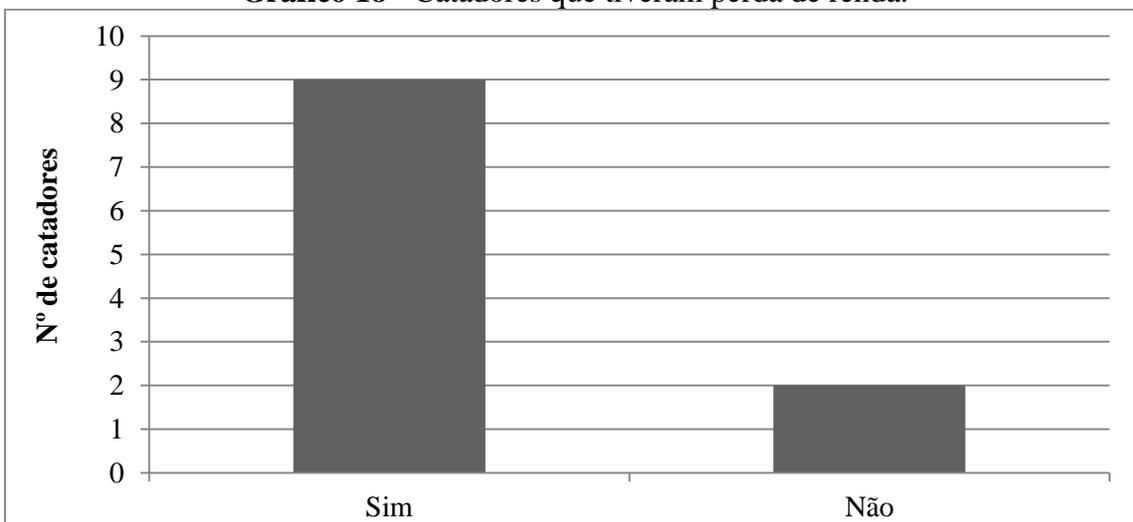
Quanto ao grau de esforço físico realizado no trabalho, aproximadamente 73% classificaram como moderado, 18% como alto e outros 9% como fraco (Gráfico 16). Apesar de o esforço físico ser considerado moderado e alto pela maioria dos catadores, o retorno financeiro ao longo da semana (Gráfico 17) ou mensal não é tão significativo, mas consideram o valor importante já que complementam a renda familiar, que muitas vezes vem de programas de distribuição de renda (Auxílio Brasil) ou aposentadorias.

**Gráfico 16** - Grau de esforço físico realizado pelos catadores.**Gráfico 17** - Renda semanal adquirida como catador.

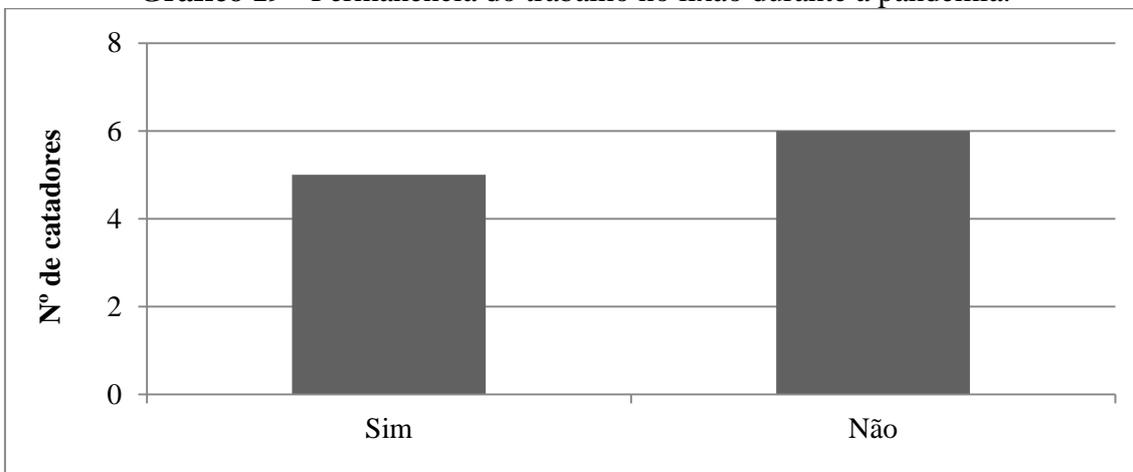
Com um esforço significativo para um retorno financeiro considerado baixo, os catadores de materiais recicláveis de Juazeiro do Norte e de todo o Brasil tiveram seus valores afetados, ao serem surpreendidos com a pandemia da covid-19 que impactou todas as classes sociais, principalmente os mais vulneráveis. De acordo com os entrevistados 91% dos trabalhadores viram sua renda diminuir (Gráfico 18), e seu poder de compra também. Mesmo com as orientações de ficar em casa pelos órgãos de saúde e autoridades competentes, o lixão continuou sendo o local de trabalho de mais de 54% dos catadores entrevistados (Gráfico 19), observando que houve aumento no número de catadores na área do lixão nesse período pandêmico (Gráfico 20).

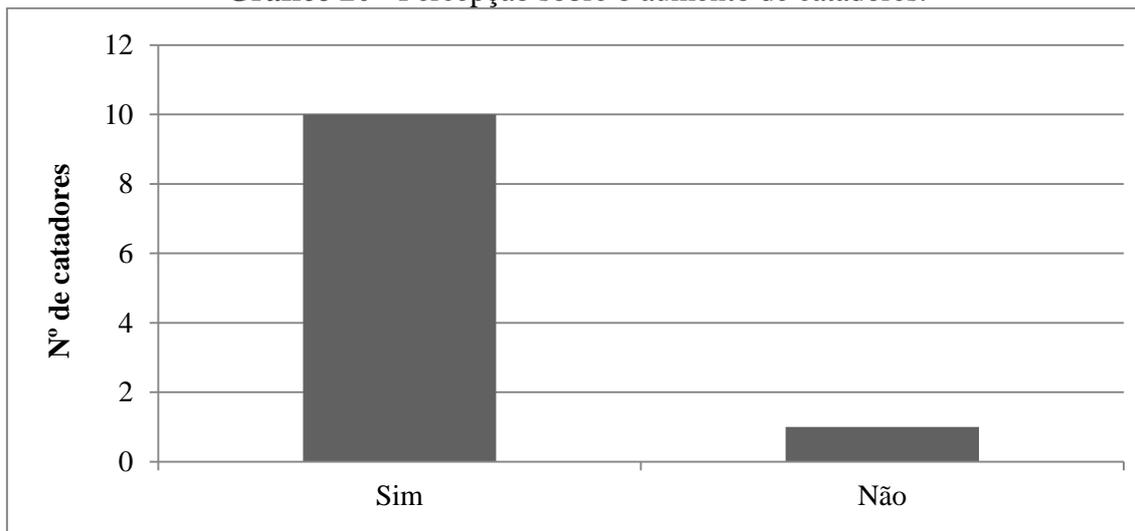
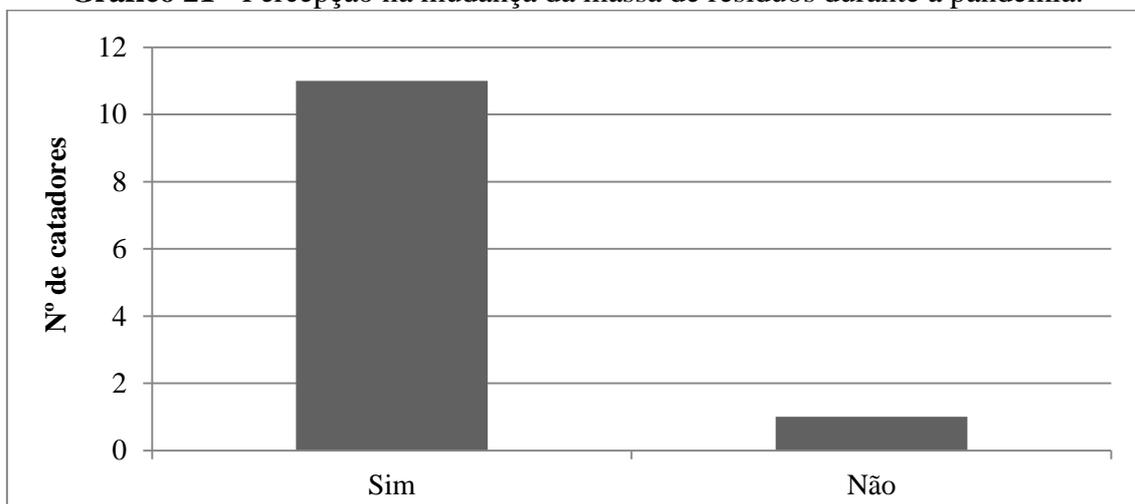
Aproximadamente 91% dos trabalhadores do lixão afirmaram que houve mudanças na composição da massa de resíduos que chegava ao lixão durante a pandemia da covid-19 (Gráfico 21), como o aumento de máscaras, luvas e plásticos de uso único.

**Gráfico 18 - Catadores que tiveram perda de renda.**

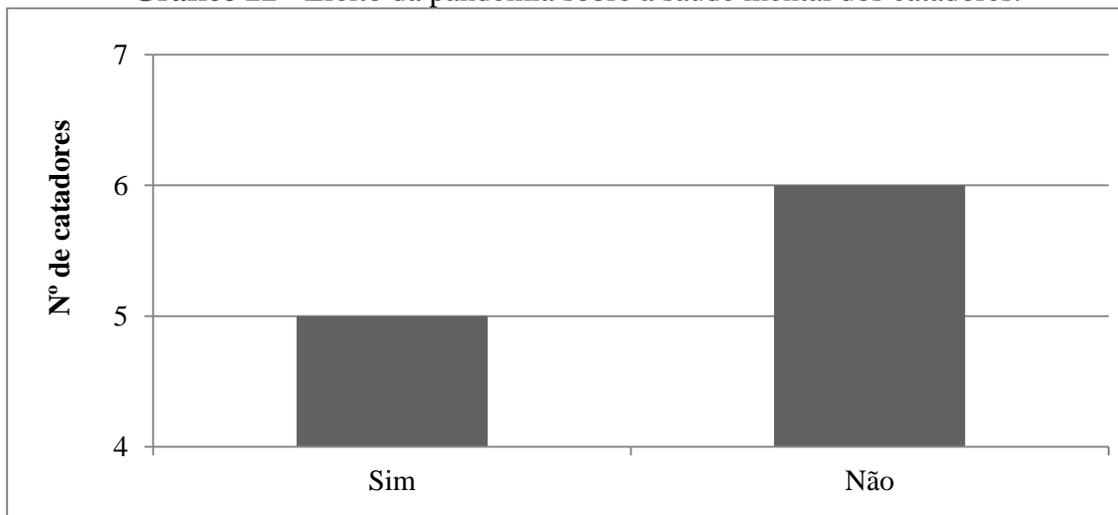


**Gráfico 19 - Permanência do trabalho no lixão durante a pandemia.**



**Gráfico 20 - Percepção sobre o aumento de catadores.****Gráfico 21 - Percepção na mudança da massa de resíduos durante a pandemia.**

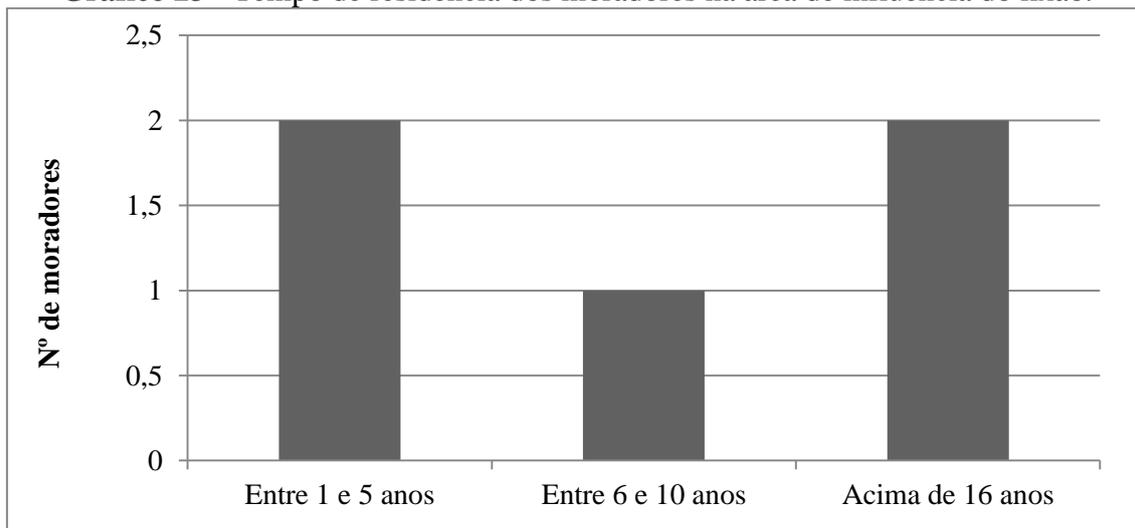
Com a chegada do novo coronavírus os catadores e trabalhadores informais, um dos grupos mais vulneráveis tiveram seus medos e inseguranças ampliados. O medo do novo inimigo invisível, atrelado ao medo de perder a vida ou de um ente querido, a insegurança alimentar ou de não conseguir honrar com as dívidas, atrelados ao isolamento social imposto pelo vírus, acabou impactando a saúde mental desses trabalhadores. É o que dizem 45% dos entrevistados (Gráfico 22). Um dado importante dentro desse grupo que afirmaram que a pandemia afetou a sua saúde mental, é que 100% são mulheres.

**Gráfico 22 - Efeito da pandemia sobre a saúde mental dos catadores.**

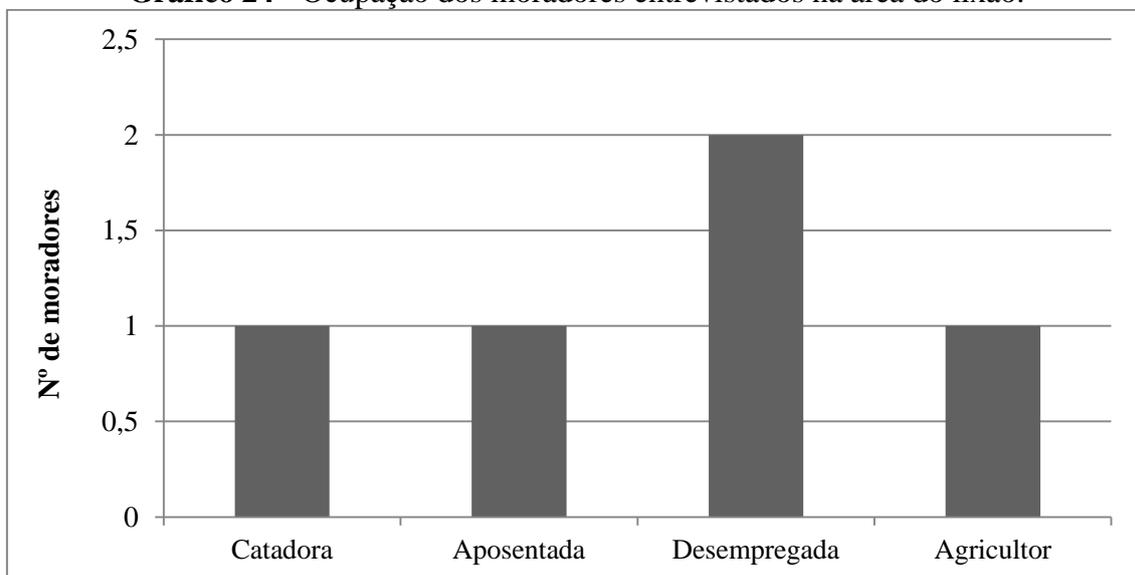
### 5.5 O lixão e a População Adjacente

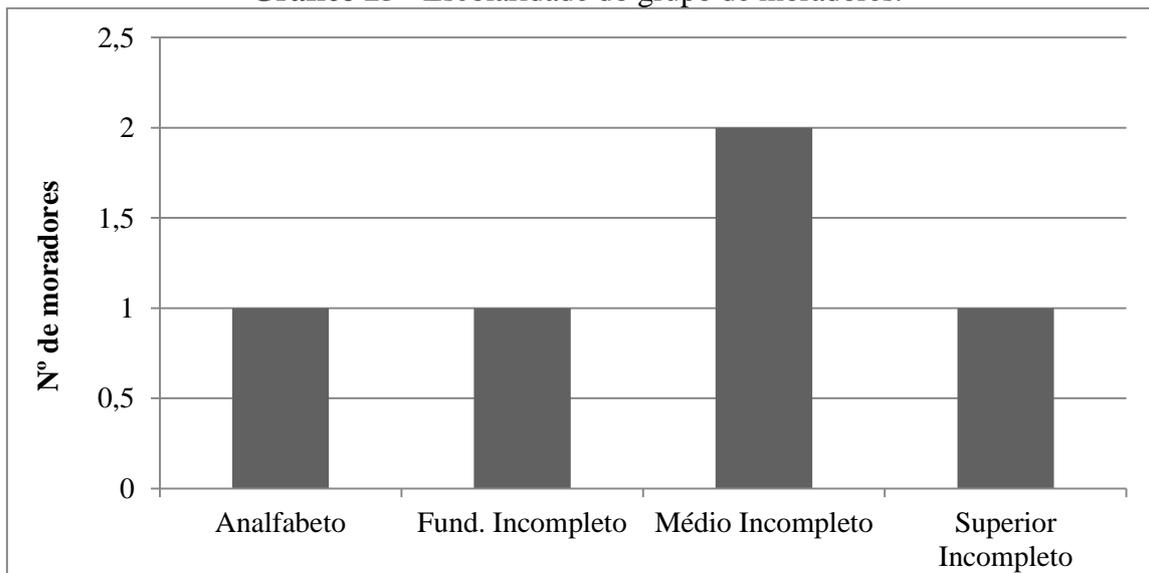
Na área de influência do lixão moram aproximadamente seis famílias, com residências localizadas às margens da CE – 060. O grupo de famílias foi incluído na pesquisa devido à proximidade de suas residências na área do lixão. O questionário foi aplicado no mês de junho de 2022, junto a um membro das seis famílias, a fim de traçar um perfil socioeconômico, bem estar e conhecer os problemas vivenciados pela população local em decorrência do lixão, evidenciando o grau de percepção acerca da problemática.

Nas residências próximas a área do lixão residem aproximadamente 27 pessoas, entre crianças, adultos e idosos, distribuídas em 6 grupos familiares, entretanto só conseguiu-se contato com 5 membros dos grupos familiares. As famílias que residem no local têm seu tempo de moradia variando entre 2 e 22 anos. (Gráfico 23).

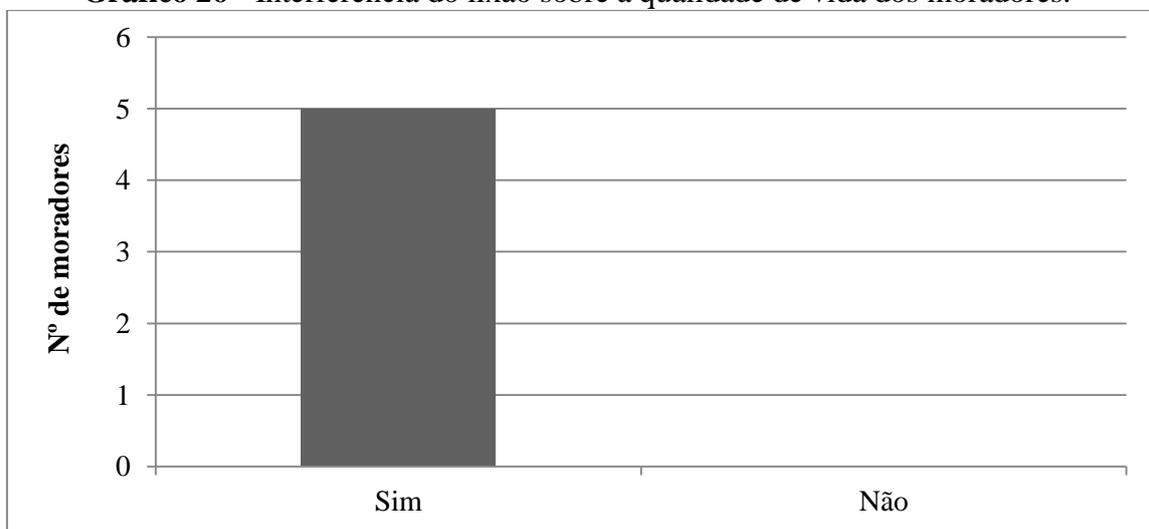
**Gráfico 23 - Tempo de residência dos moradores na área de influência do lixão.**

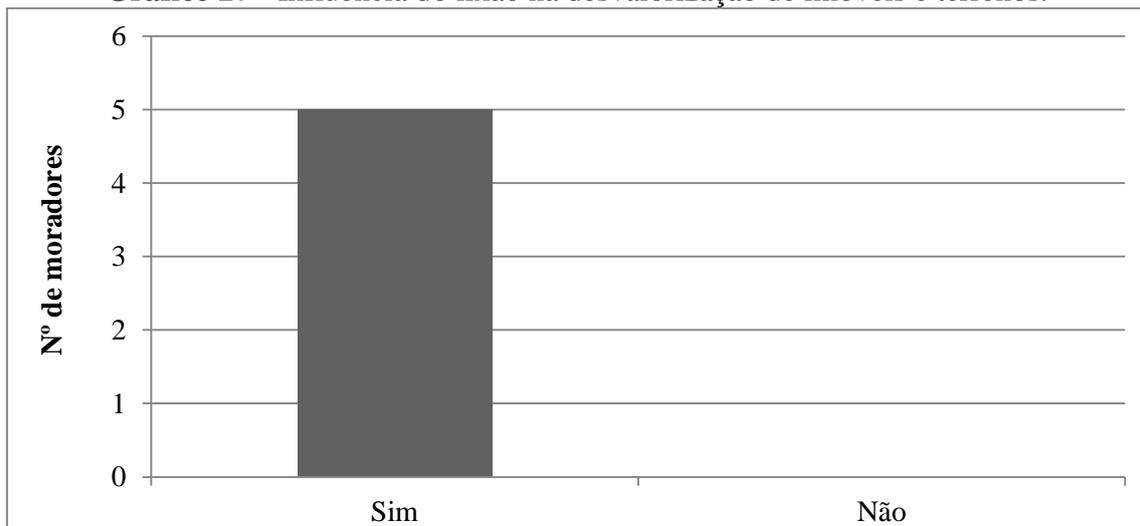
Os moradores entrevistados, os responsáveis pela unidade familiar ou cônjuge enquadram-se como agricultores, catadores, aposentados e desempregados. (Gráfico 24). A maioria do grupo entrevistado possui baixa escolaridade, ensino fundamental e médio incompleto (Gráfico 25).

**Gráfico 24 - Ocupação dos moradores entrevistados na área do lixão.**

**Gráfico 25 - Escolaridade do grupo de moradores.**

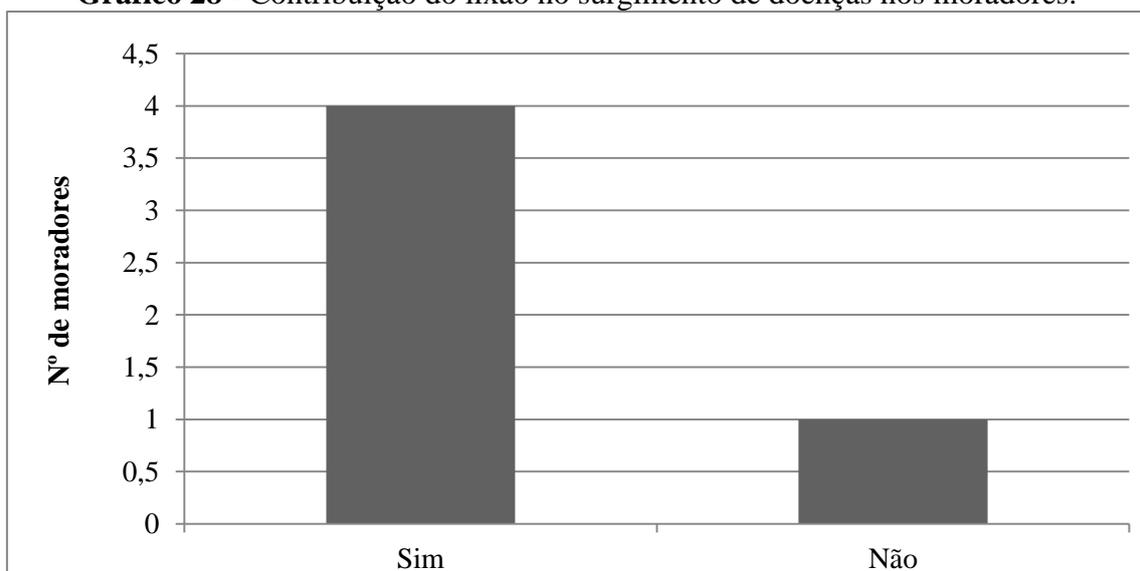
Quando indagados sobre os impactos que o lixão traz para qualidade de vida de sua família e desvalorização do imóvel e terrenos, a resposta do grupo foi unânime, onde todos afirmaram existir interferência do vazadouro sobre esses pontos abordados. (Gráficos 26 e 27).

**Gráfico 26 - Interferência do lixão sobre a qualidade de vida dos moradores.**

**Gráfico 27 - Influência do lixão na desvalorização de imóveis e terrenos.**

Essa percepção acerca da interferência do lixão na qualidade de vida e na desvalorização de imóveis e terrenos também foi observado por Lavor et. al (2017) em seu estudo realizado na área do lixão do município de Iguatu, no centro sul cearense.

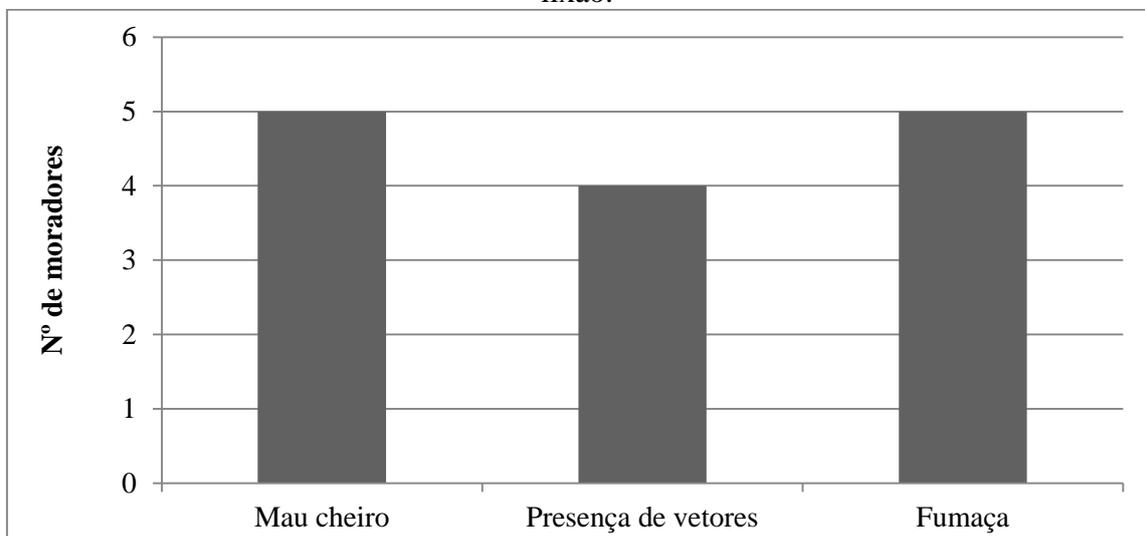
80% dos moradores entrevistados afirmaram que algum membro do grupo familiar já adquiriu alguma doença ou enfermidade em decorrência de residir nas proximidades do lixão, que o vazadouro seria o principal responsável pelo comprometimento de sua saúde em alguma etapa de sua vida. Como mostra o Gráfico 28.

**Gráfico 28 - Contribuição do lixão no surgimento de doenças nos moradores.**

Dentre as principais doenças, estão as relacionadas ao sistema respiratório e câncer. Esses problemas de saúde estão associados a alguns transtornos perceptíveis pela população como: à presença de vetores, ao mau cheiro forte e a fumaça que chega

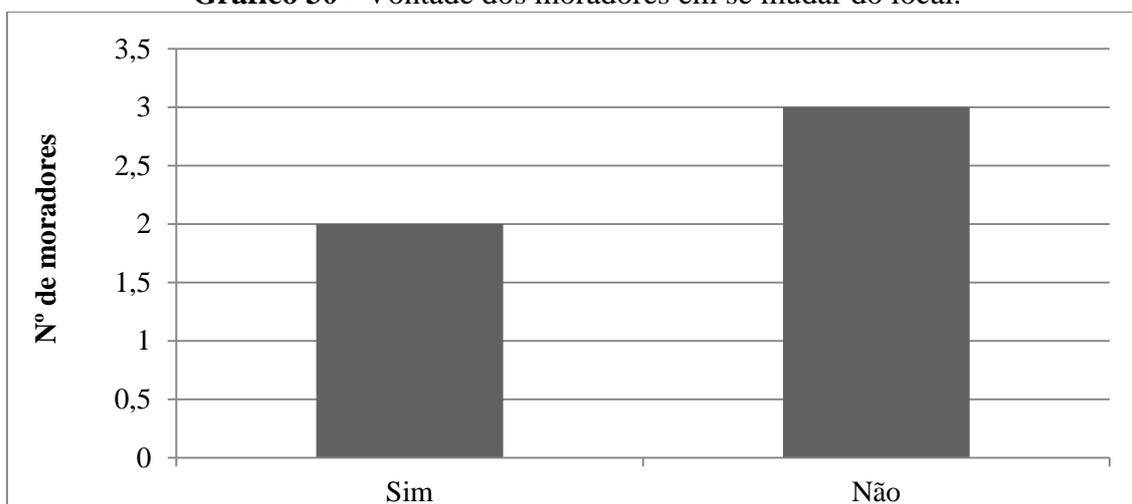
às residências, sobretudo à noite, em decorrência de queimas ou processos de combustão na área do lixão. (Gráfico 29).

**Gráfico 29** - Transtornos perceptíveis pela população em decorrência da presença do lixão.

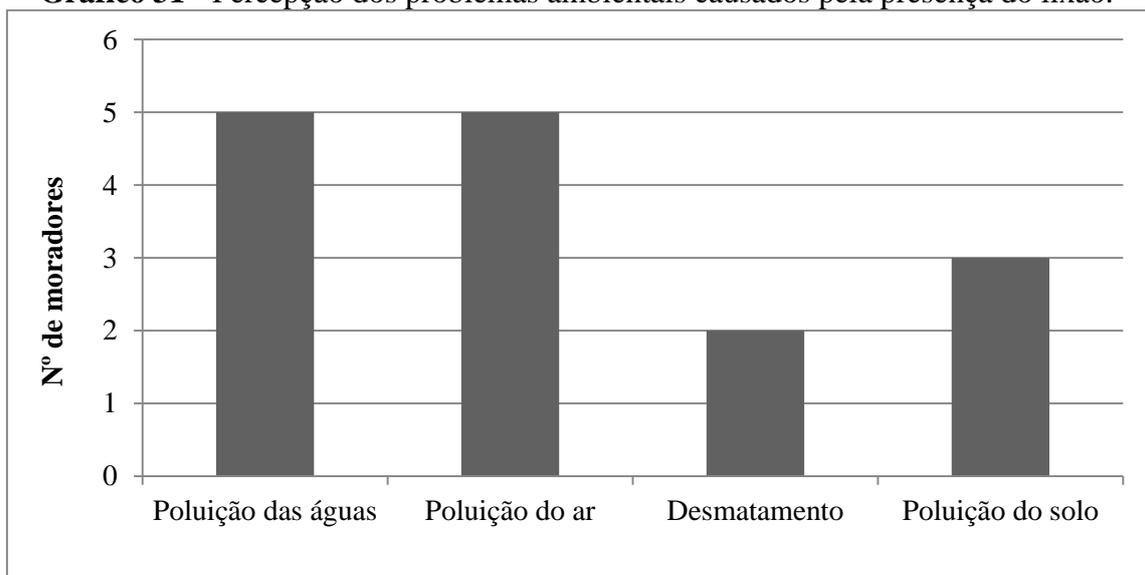


Apesar de toda problemática vivenciada em decorrência de morar próximo ao lixão, ao serem indagados sobre a vontade de se mudar do local, 60% afirmam não querer sair do local onde moram. (Gráfico 30). Isso ocorre devido a diversos fatores como: tempo de residência, vínculo afetivo e profissão.

**Gráfico 30** - Vontade dos moradores em se mudar do local.



Sobre a percepção acerca dos problemas ambientais na área de influência do lixão, são destacados, sobretudo poluição do ar e das águas, além da poluição do solo e desmatamento (Gráfico 31).

**Gráfico 31** - Percepção dos problemas ambientais causados pela presença do lixão.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados ao longo deste trabalho foram discutidos e explanados em tópicos separados, entretanto a problemática relacionada à disposição inadequada de resíduos e os impactos relacionados a essa prática, bem como a presença de lixões e aterros controlados, está intimamente relacionada a questões de cunho ambiental, social e de saúde pública.

No que tange a esfera ambiental, sobretudo a qualidade dos corpos hídricos locais, e com base nos parâmetros analisados que mensura a poluição em ambientes aquáticos, como DQO e OD, é possível afirmar que a lagoa interna existente na área do lixão de Juazeiro do Norte é fortemente impactada pelo lixiviado oriundo da decomposição dos resíduos. Estando assim, fora dos padrões estabelecidos pelas legislações para ambientes de classe 2.

Os SD é outro parâmetro que evidencia o impacto do lixão na lagoa, os elevados valores de SD acima do indicado pela legislação reforçam a contaminação das águas por chorume. Outro ponto que reforça o comprometimento das águas da lagoa interna pelo lixiviado é que os valores de SD da lagoa externa chegaram a atingir valores bem inferiores aos encontrados nas lagoas internas, esse comportamento se deve a distância que a lagoa fica do lixão e do lixiviado produzido pela decomposição dos resíduos.

As concentrações baixas de OD na lagoa interna e o odor forte muitas vezes presente também refletem o impacto do lixão sobre a qualidade de água, a presença de plantas aquáticas evidencia a elevada carga de nutrientes a qual a lagoa está submetida. A lagoa interna pela legislação CONAMA 357 está enquadrada em classe 2, e que em tese poderia ser utilizada para abastecimento humano após tratamento convencional, recreação, irrigação e pesca, entretanto, durante algumas coletas a lagoa teve parâmetros semelhantes ou superiores aos encontrados em lagoas de chorume.

Ressalta-se ainda, a importância do período chuvoso para esses ambientes degradados e poluídos, já que favorece uma diminuição da carga orgânica devido à diluição da carga poluidora, refletindo em um melhoramento da qualidade da água superficial.

Tratando-se da lagoa externa a área do lixão é possível verificar um melhoramento nas características físico-químicas das águas, chegando a atingir valores preconizados pela legislação, essa melhor condição pode ser atribuída principalmente à

distância que a mesma fica do vazadouro e do seu lixiviado, sendo assim, menos impactada pela disposição inadequada de RSU.

Assim como a água, o solo do lixão também é impactado pelo o vazadouro ou lixão. Isso é perceptível na comparação dos pontos na área que recebe descarga de resíduos com o ponto controle, em área com características de vegetação natural. Os valores de pH e condutividade sempre valores significativos mais elevados. Os valores de COT mais elevados no P1 dão-se, sobretudo, ao lançamento de podas nas imediações do ponto. Contribuindo para valores mais expressivos de carbono e suas frações.

Com relação aos resultados obtidos nos ensaios geotécnicos, na área do aterro controlado, observou-se que o solo da área de estudo apresentou elevada resistência à perfuração ao trado manual, o que pode estar relacionado à compactação do solo pelo grande fluxo de veículos pesados e a distribuição granulométrica do solo.

O valor de condutividade hidráulica de  $6,99 \times 10^{-3}$  cm/s é típico de material granular fino, coerente com a distribuição granulométrica do solo e se enquadrando na classe de baixa a média permeabilidade. Conclui-se assim, que é possível uma percolação do chorume na área estudada, podendo impactar os solos e as águas subterrâneas.

O ensaio SPT realizado próximo da área da lagoa natural externa, até os 6,0 m de profundidade, não detectou o nível freático. O solo, ao longo do perfil, apresentou-se muito argiloso, podendo caracterizar uma barreira impermeável, apontando para a existência de um impedimento de interligação entre as águas das lagoas internas e externa do aterro controlado. Sendo assim, a lagoa externa é praticamente alimentada por águas superficiais, o que pode explicar um menor nível de contaminação quando comparado às águas das lagoas internas.

No eixo social o lixão surge como herói e vilão, uma vez que fornece renda e trabalho para aqueles que não têm outra forma de garantir sua sobrevivência e da sua família, entretanto cobra um preço muito alto, oferecendo condições de trabalho subumanas, jornadas de trabalho longas, muito esforço físico e um retorno financeiro baixo. São sob essas condições que os catadores de materiais recicláveis trabalham e vivem no lixão de Juazeiro do Norte e em tantos outros lixões Brasil afora. Com a chegada da pandemia da covid-19 os catadores viram sua vida, seu trabalho mudar, sua renda despencar e sua saúde mental afetada.

Quanto aos moradores adjacentes a área é notório que o lixão impacta de forma negativa suas vidas, sua saúde e bem estar. Que a fumaça associada ao mau cheiro são

os principais problemas relatados pela população, sendo os principais causadores de doenças respiratórias e desenvolvimento de câncer na população estudada.

Assim, entende-se que o lixo degrada das mais variadas formas as diversas esferas da sociedade, sendo o ambiental e o social as mais impactadas.

Apesar das melhorias e dos avanços, os catadores continuam sendo marginalizados, e sujeitos as mais variadas formas de desigualdades, mesmo sendo a principal peça na indústria da reciclagem.

Desta forma, enquanto o fim dos lixões não for uma realidade brasileira, os impactos, a degradação e os conflitos continuarão sendo parte do nosso dia a dia. Ver-se-ão as águas, solos e ar contaminados e poluídos, e brasileiros em trabalhos e condições de moradias insustentáveis e subumanas.

## APÊNDICES - FORMULÁRIOS



### UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL

#### FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS SOCIOECONÔMICOS DOS MORADORES QUE RESIDEM EM ÁREAS ADJACENTES A ÁREA DO LIXÃO

##### (Características Gerais das pessoas)

- Sexo: ( )F ( )M
- Idade:\_\_\_\_\_.
- Escolaridade \_\_\_\_\_.
- Profissão;\_\_\_\_\_.
- Renda familiar ( )até meio salário mínimo ( )até um salário mínimo. ( ) acima de 1 salário mínimo ( ) acima de 2 salários mínimos.
- Recebe Auxilio Brasil? ( )SIM ( )NÃO.
- Número de membros na família;\_\_\_\_\_.
- Tipo de habitação:\_\_\_\_\_.
- Número de cômodos;\_\_\_\_\_.
- Água tratada?\_\_\_\_\_  Energia elétrica?\_\_\_\_\_  Rede de esgoto?\_\_\_\_\_
- Frequenta o posto de saúde do Bairro?\_\_\_\_\_
- Existe agente comunitário de saúde na área?\_\_\_\_\_.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL**  
**SUSTENTÁVEL**

**FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS SOCIOECONÔMICOS DOS**  
**MORADORES QUE RESIDEM EM ÁREAS ADJACENTES A ÁREA DO**  
**LIXÃO**

**(Características de saúde, locais)**

1. Há quanto tempo você mora neste lugar? Entre 1 e 5 anos ( ) Entre 5 e 10 ( ) Entre 10 a 15 ( ) De 15 por diante ( ) Quantos anos \_\_\_\_\_
2. Sua família se sente desconfortável com a presença do lixão no lugar que ele está atualmente? Sim ( ) Não ( ) Um pouco ( )
3. Você ou algum membro da família trabalha ou já trabalhou como catador no lixão? Sim ( ) Não ( )
4. Sua família tem vontade de se mudar? Sim ( ) Não ( ) – Se Sim, por qual motivo? ( ) Por ser próximo ao lixão ( ) questão de acesso a área ( ) problemas na estrutura do imóvel outro \_\_\_\_\_
5. Você ou algum membro da sua família tem/teve alguma doença que provavelmente tenha sido contraída pelo fato de morarem próximo ao lixão? Sim ( ) Não ( ) Talvez ( ) Qual? \_\_\_\_\_
6. Você ou algum membro do grupo familiar apresenta algum tipo de doença respiratória? Sim ( ) Não ( )
7. Quais os tipos de transtorno que a população local sente ou percebe na comunidade por causa do lixão: ( ) mau cheiro ( ) presença de vetores ( ) fumaça decorrente da

queima do lixão ( ) paisagem modificada ( ) desvalorização da área ( ) outros\_\_\_\_  
( ) nenhuma das respostas ( ) não existe problemas

**8.** Qual período do dia é mais perceptível o desconforto causado pelo lixão? Manhã ( )  
Tarde ( ) Noite ( )

**9.** Você acredita que o lixão interfere negativamente na qualidade de vida da sua família? Sim ( ) Não ( ) Talvez ( )

**10.** Você acha que o lixão desvaloriza seu imóvel/terreno? Sim ( ) Não ( ) Talvez ( )

**11.** Algo te incomoda em morar próximo ao Lixão? Sim ( ) Não ( ) Se sim, o que mais te incomoda? \_\_\_\_\_

**12.** Quais os problemas ambientais visíveis: ( ) Poluição das águas causada pela contaminação ( ) Poluição do ar pela emissão dos gases ( ) Desmatamento de mata nativa ( ) Poluição e compactação do solo ( ) Não houve nenhum problema.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL**  
**SUSTENTÁVEL**

**FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS SOCIOECONÔMICOS DOS**  
**CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS DO LIXÃO DE JUAZEIRO DO**  
**NORTE – CE**

**CARACTERIZAÇÃO (PERFIL SOCIOECONÔMICO)**

- 1) Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_
- 2) Escolaridade \_\_\_\_\_
- 3) Tem filhos? ( ) não ( ) sim Em caso afirmativo  
quantos? \_\_\_\_\_
- 4) Quantas pessoas da sua família trabalham para formar a renda familiar? \_\_\_\_\_
- 5) Qual a sua renda mensal familiar? \_\_\_\_\_
- 6) Tira quanto por semana/ quinzena aqui no lixão, média? \_\_\_\_\_
- 7) Você tem alguma outra fonte de renda? ( ) sim ( ) não Qual? \_\_\_\_\_

**CONDIÇÕES DE TRABALHO ATUAL**

- 1) Há quanto tempo trabalha com coleta de material reciclável? ( ) 0 a 1 ano ( ) 2 a 5 anos ( ) 5 a 10 anos ( ) acima de 10 anos
- 2) Qual seu horário de trabalho, quantas horas por dia? \_\_\_\_\_
- 3) Quantos dias você trabalha por semana? \_\_\_\_\_
- 5) Qual o grau do seu esforço físico no trabalho?  
( ) fraco ( ) moderado ( ) forte ( ) muito forte
- 4) Este esforço provoca em você algum efeito? ( ) sim ( ) não
- 5) Qual? \_\_\_\_\_
- 6) Você possui equipamentos de proteção individual? ( ) sim ( ) não
- 7) Quais? ( ) luvas ( ) botas ( ) máscara ( ) avental ( ) outros \_\_\_\_\_

- 8) Você utiliza esses equipamentos de proteção individual? ( ) sim ( ) não
- 9) Na sua opinião, o seu trabalho pode provocar alguma doença em você?  
( ) sim ( ) não. Qual? \_\_\_\_\_
- 10) Durante o pico da pandemia da covid-19 seu trabalho permaneceu sendo aqui no  
lixão? ( )sim ( )
- 11) Tinha/tem conhecimento que no ambiente de trabalho você pode ser contaminado  
pelo coronavírus? ( ) Sim ( ) Não
- 12) Teve perda de rendimento como catador aqui no lixão durante a pandemia? ( ) Sim  
( ) Não
- 13) Você percebeu que houve aumento no número de catadores após o início da  
pandemia? ( ) Sim ( ) Não
- 14) Percebeu mudanças no tipo de resíduos produzidos pela população durante a  
pandemia ( ) Sim ( ) Não
- 15) A pandemia da covid-19 trouxe algum problema de saúde mental? ( ) Sim ( ) Não
- 16) Teve medo de continuar sendo catador durante a pandemia, devido a exposição ao  
vírus? ( ) Sim ( ) Não

## ANEXOS – MAPAS DE HIPSOMETRIA E DIREÇÃO DOS FLUXOS SUPERFICIAIS DA ÁREA DE ESTUDO, E RELATÓRIO DE SONDAGEM SPT.

**Figura 13** - Hipsometria e direção dos fluxos superficiais da área do lixão de Juazeiro do Norte-CE

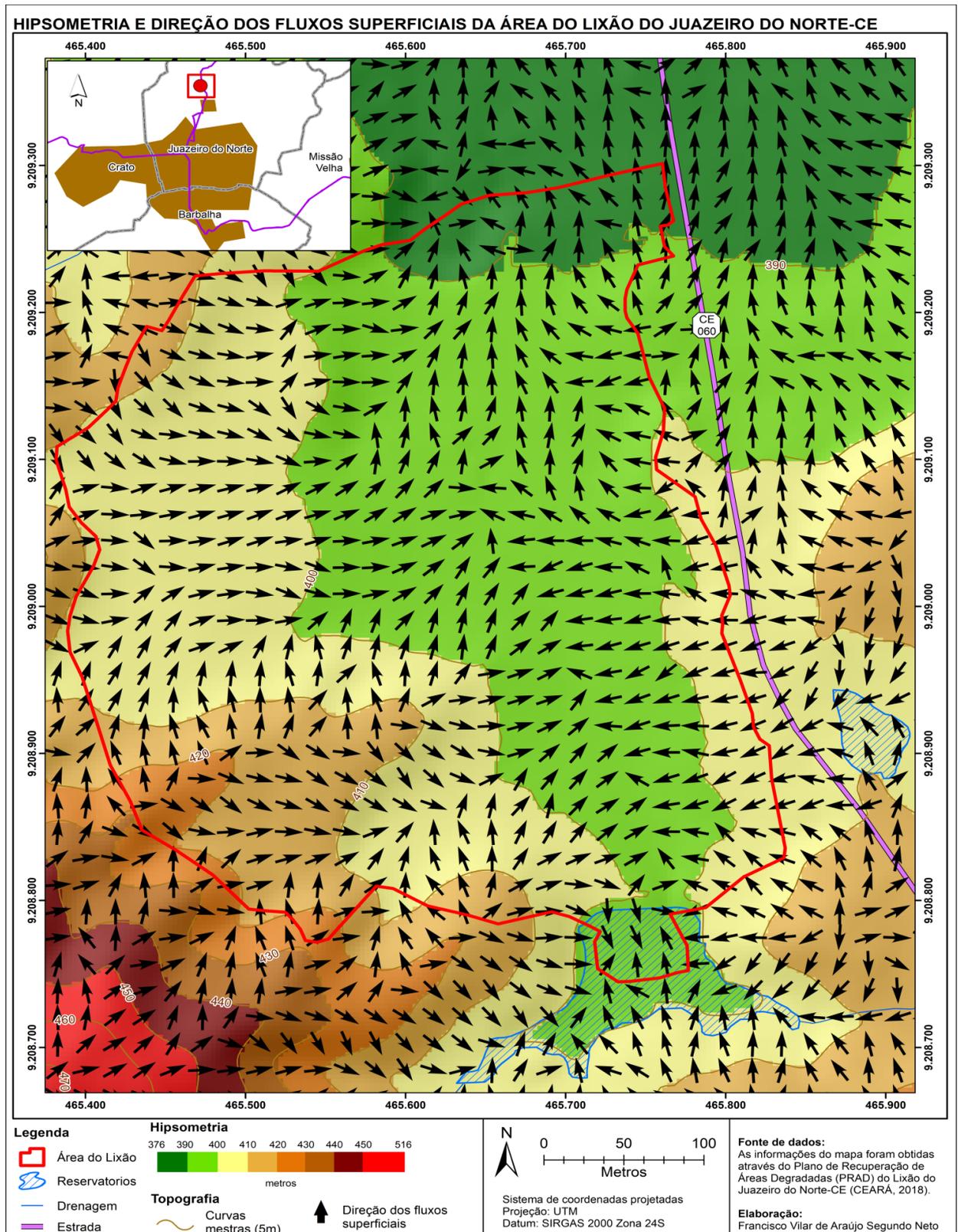
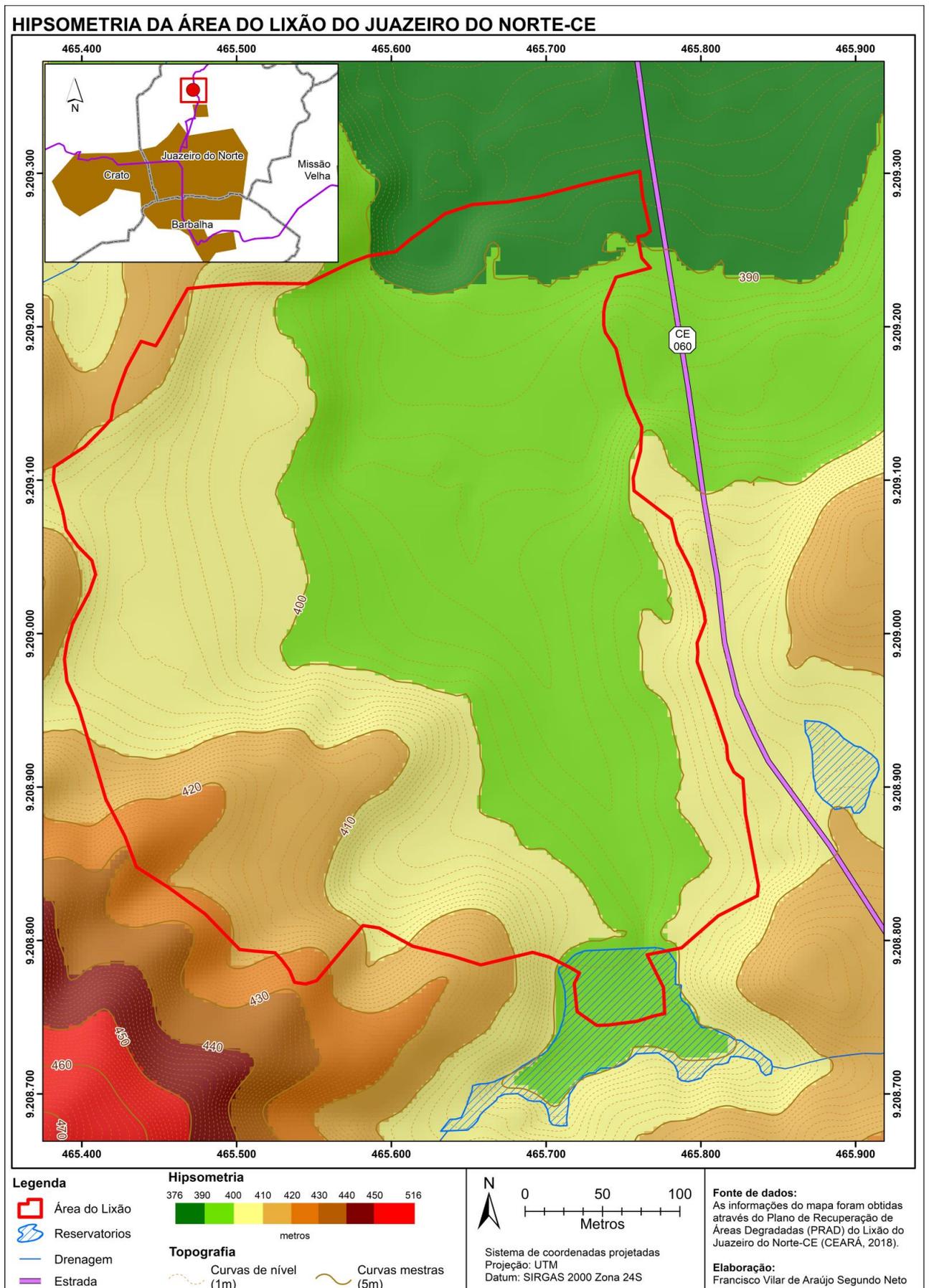
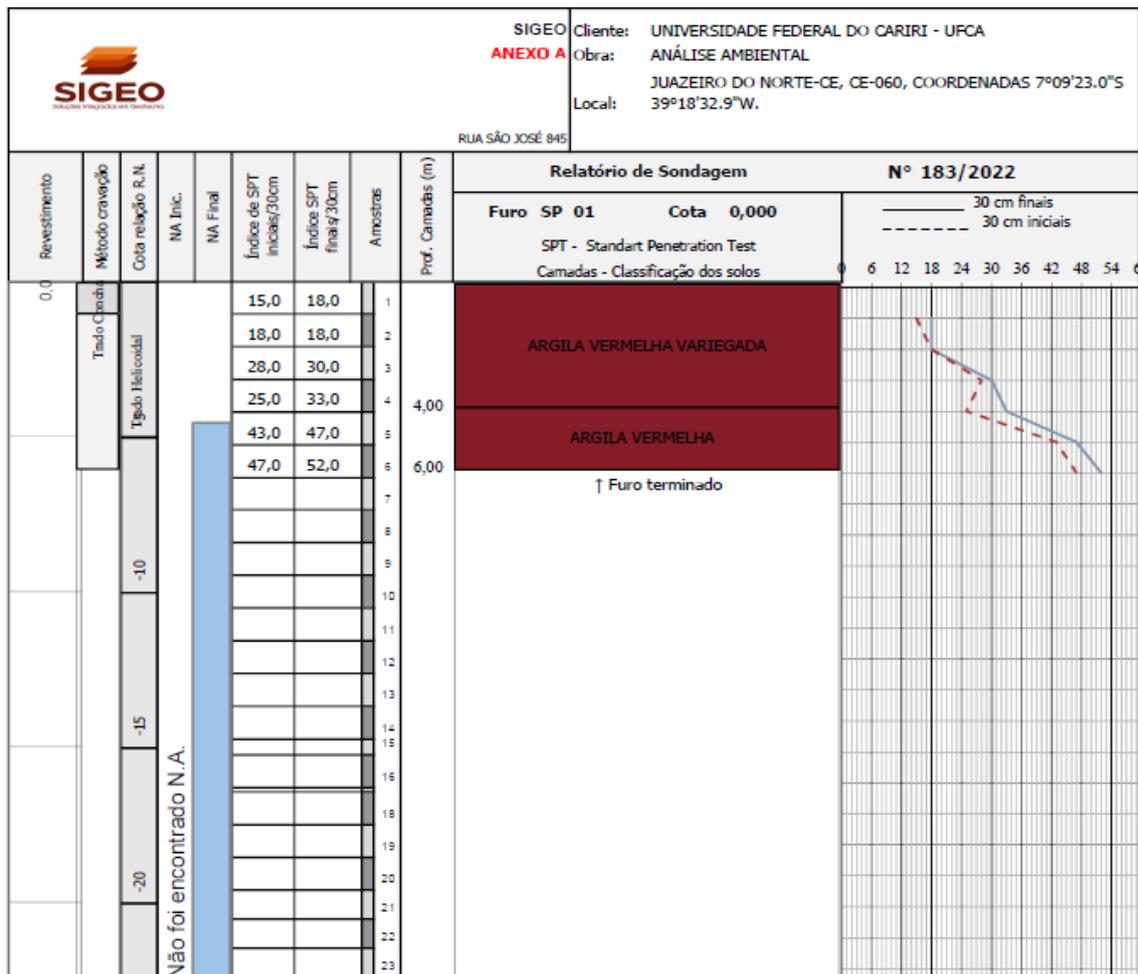


Figura 14 - Hipsometria da área do lixão de Juazeiro do Norte-CE.



**Figura 15 - Relatório de Sondagem SPT.**



## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457 Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484 Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180 Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181 Solo - Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1. p. 299-352

AGOSTINI, J., & BUSATO, M.A.. **Vulnerabilidades em saúde e ambiente de catadores de materiais recicláveis em tempos de Covid-19**. In C. Ayres (Org.) Novos paradigmas de abordagem na biomedicina contemporânea 2. (Cap.7, 73-82). Atena Editora, 2020.

ALLISON, D. G. The biofilm matrix. **Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research**. v. 19, n.2, p. 139-150, 2003.

ALVES, G. D. O. **DEGRADAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO SEMIÁRIDO TROPICAL**. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA, UFRN, NATAL - RN, 2016.

AMARAL, M.; FERREIRA, C.; LANGE, L., AQUINO, S. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de lixiviados de aterro sanitários. **Eng. Sanit. Ambient.** vol.13 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar., 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-1522008000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-1522008000100006&script=sci_arttext) Acesso em 08/10/2022.

APHA, et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23<sup>a</sup> Edição, American Public Health Association, Washington D C. 2001.

APHA, et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23<sup>a</sup> Edição, American Public Health Association, Washington D C. 2001.

ARAÚJO, B. G. P.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. F.; VIEIRA JUNIOR, A. S. **Resíduos Sólidos Urbanos**: análise sobre a situação do conjunto Albano Franco – Riachão do Dantas–SE. 2013. Disponível em: <[http://fjav.com.br/revista/Downloads/EdicaoEspecialdaPosLatoSensuemTerritorioDesenvolvimentoMeioAmbiente2013/Artigo45\\_58.pdf](http://fjav.com.br/revista/Downloads/EdicaoEspecialdaPosLatoSensuemTerritorioDesenvolvimentoMeioAmbiente2013/Artigo45_58.pdf)>. Acessado em: 17 de set.de 2021.

ARAÚJO, C. S. D. **QUALIDADE DO SOLO DA CAMADA DE COBERTURA FINAL EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO SEMIARIDO TROPICAL**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Curso de PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA, UFRN, NATAL - RN, 2014.

ARAÚJO, C.S.. **Qualidade do solo da camada de cobertura final em área de disposição final de resíduos no semiárido tropical**. 2014. 42 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal de Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

ARAÚJO, E. C. S., SILVA, V. F., MARTINS, W. A., ARAÚJO, & S. K. S.. **Diagnóstico da situação dos catadores de materiais recicláveis em diferentes países durante a pandemia do Covid-19**. *GeoGraphos*, 11(136), 96-120, 2021. <https://doi.org/10.14198/GEOGRA2021.12.136>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 7, 1992.

ATHAYDE JÚNIOR, Gilson Barbosa *et al.* Efeito do antigo Lixão do Roger, João Pessoa, Brasil, na qualidade da água subterrânea local. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, TAUBATÉ, ano 2009, n. 4, p. 142-155.

Atlas da exclusão social no Brasil : dez anos depois, volume 1 / Alexandre Guerra, Marcio Pochmann, Ronnie Aldrin Silva, organizadores. — São Paulo : Cortez, 2014.

AZEVEDO, P. B. D. **DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA ÁREA DO LIXÃO DE POMBAL - PB POMBAL - PB 2014**. 2019. TCC (Graduação) - Curso de ENGENHARIA AMBIENTAL, UFCG, POMBAL, 2019.

BAIRD, C; CANN, M. **Química ambiental**, 4ªed. Editora Bookman: Porto Alegre- RS, pg. 623, 2011.

BALDWIN, D.S.; MITCHELL, A.M.; REES, G.N.; WATSON, G.O.; WILLIAMS, J.L.Nitrogen processing by biofilms along a lowland river continuum. **River Research and Applications** 22, 319e326. 2006.

BATTIN, T.J.; KAPLAN, L.A.; NEWBOLD, J.D.; HANSEN, C.M.E. Contributions of microbial biofilms to ecosystem processes in stream mesocosms. **Nature**, 426, 439-442. 2003.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120p.

BISPO, T. B. **Análise de qualidade de água no município de Juazeiro do Norte-CE**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER) – Universidade Federal do Cariri, UFCA, 2015.

BOSCOV, M. Geotecnia Ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2008  
CALDEIRONI, S. Os bilhões perdidos no lixo. São Paulo: Humanitas Editora /FFLCH/USP. 2ª ed, 2008.

**BRASIL**. Resolução nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2005.

CANCIO, L. C. Airway management and smoke inhalation injury in the burn patient. *ClinPlastSurg*. 2009.

CARVALHO, A. L. **Contaminação de águas subsuperficiais em área de disposição de resíduos sólidos urbanos: o caso do antigo lixão de Viçosa(MG)**. 2001. 122 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

CARVALHO, M. A. R. SCHUTZ, E. G. Conflitos Envolvendo Lixões e Aterros Sanitário no Brasil. Casos Clássicos de Injustiça Ambiental. Anais 2º simpósio Brasileiro de Saúde e Ambiente. 12-22 de Outubro. Belo horizonte – MG. Disponível em: [http://www.sibsa.com.br/resources/anais/4/1404130967\\_ARQUIVO\\_ResumeexpandidoSIBSACarvalho,MAR;Schutz,GE.pdf](http://www.sibsa.com.br/resources/anais/4/1404130967_ARQUIVO_ResumeexpandidoSIBSACarvalho,MAR;Schutz,GE.pdf). Acesso: outubro de 2022.

CINTRA, I.; COSTA, B.; LIBÂNIO, P. e CHERNICHARO, C. Estudo da Aclimação de Biomassa Aeróbia na Degradação de Chorume de Aterro Sanitário. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, PB, 2001.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 317-326, abr. 2004.

COELHO, M.C.N. Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B.C. (Org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2009. 416p.

COLARES, B. A. **Diagnóstico socioambiental da área do lixão de Quixadá-Ce.** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA) – Universidade Federal do Ceará, UFC, 2013.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 001, DE 23 de jan. de 1986.**

CRESTANI, M. C; VIVAN, G. A; LUDWIG, R; BARBOSA, F. S; QUADRO, M. S. **utilização dos parâmetros do solo como indicadores físicos,químicos e biológicos da qualidade do solo.** XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E X ENCONTRO DA PÓS GRADUAÇÃO, UFPel, 2008.

DEMAJOROVICK, Jacques. LIMA, Márcia. **Cadeia de reciclagem: um olhar para os catadores.** São Paulo: Edições SESC SP, 2013.

DUARTE, M. B. C. P. **os impactos socioambientais decorrentes de lixões: estudo de caso do sítio gulandim - limoeiro de anadia - alagoas.** 2018. 103 p. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2018.

EMBRAPA, **Manual de Métodos de Análise de Solo** ,1997.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 3ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, RJ. 2011.

ESTEVES, F. A.; 1998, **Fundamentos de Limnologia**, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 244-254.

FEITOSA, F.; JOÃO FILHO, M. **Hidrogeologia:** Conceitos e aplicações.. Fortaleza:

FERNANDES, D. R.. Gestão de resíduos sólidos: desafios e perspectivas para a sustentabilidade em área urbana. **Boletim Governnet de Administração Pública e Gestão Municipal**, v. 5, p. 458-458, 2015.

FERREIRA, E.M.; CRUVINEL, K.A.S.; COSTA, E.S. 2014. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos: diagnóstico da gestão do município de Santo Antônio de Goiás. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v.14, n.3, mai-ago. p.3401-3411.

FERREIRA, J.A, & ANJOS, L.A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados a gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001.

FIORUCCI, A. R; BENEDETTI-FILHO, E. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos.** Química Nova na Escola, n. 22, p. 10-16, 2005.

FREIRE, G. J. M. **Análise de municípios mineiros quanto à situação de seus lixões.** 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FUNCEME (2016). Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Índice de Aridez para o Ceará. Disponível em: [http://www.funceme.br/index.php/areas/17-mapas-tematicos/542-índice-de-aridez-para-o-ceará](http://www.funceme.br/index.php/areas/17-mapas-tematicos/542-indice-de-aridez-para-o-ceara). Acesso em: Junho/2022.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos.** Belo Horizonte, 36 p., 2010.

Fundação Estadual do Meio Ambiente. Feam., 2008. Orientações técnicas para atendimento à deliberação Normativa 118/2008 do Conselho Estadual de Política. 3. ed. - Belo Horizonte: Feam. 46 p.

GOMES, F. C. S. P.; AQUINO, S. F.; COLTURATO, L. F. D. B. Biometanização seca de resíduos sólidos urbanos: estado da arte e análise crítica das principais tecnologias. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.17, n.3, p. 295-304, 2012.

Head, K.H (1994). Manual of Soil Laboratory Tests. John Wiley & Sons. Inc. New York. Vol.2.

INÁCIO, E. D. S. B. **DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE CARBONO ORGÂNICO EM LATOSSOLO SOB DIFERENTES USOS.** 2009. 86 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFLA, LAVRAS - MG, 2009.

IPECE (2016-b). Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará –IPECE (2016). Perfil Básico Municipal 2015. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/index.php/perfil-basico-municipal>. Acesso em: Junho/2022.  
ISWA (2016). - International

LAVOR, A. A. A.; SILVA, A. C. A.; RIBEIRO, M. E. O.; TURATTI. L.; 2017. Conflitos Causados pelos Lixões: Uma análise comparativa da situação do Brasil com o Município de Iguatu-CE. **Revista Multidisciplinar e Psicologia**, v.11, n.37, Disponível em: <http://idonline.emnuvens.com.br/id>

**Lei Federal N° 12.305, de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 17/09/2021.

LEMOS, J. **Mapa as exclusão social no Brasil.** Fortaleza, CE: Banco do Nordeste S.A, 2005.

MACEDO, C. C. A. **Diagnóstico da erodibilidade e da qualidade hídrica em uma unidade de conservação municipal.** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER) – Universidade Federal do Cariri, UFCA, 2019.

MAVROPOULOS, A et al. Roteiro para Encerramento de Lixões: Os lugares mais poluídos do mundo. Associação Internacional de Resíduos Sólidos. [S.l.]. 2017.

MENDONÇA, E.S. MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p.107, 2005.

MELO, L. C. A. **Caracterização físico-química e comparação de métodos de digestão de resíduos orgânicos.** 5 ed. 2014.

Menezes. H. Z. **Os objetivos de desenvolvimento sustentável e as relações internacionais.** João Pessoa: Editora UFPB, 2019.

MOREIRA, C. A.; OIVEIRA, M. T. de; SILVA, A. C. da. **Estudo geofísico em aterro controlado disposto sobre rochas fraturadas.** Revista Ambient.Água, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 180-190, 2011.

NASCIMENTO, B. H. S. D. **QUALIDADE DO SOLO EM LIXÃO DESATIVADO NO MUNICÍPIO DE BREJINHO, RN.** 2017. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, UFRN, 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.** I Simposio Iberoamericano de Engenharia de Resíduos, Castellon, ano 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, Antônio Claret de *et al.* **FORMAS E QUANTIDADES DE CARBONO EM LIXIVIADOS DE LATOSSOLOS VERMELHOS SOB INFLUÊNCIA DE CALCÁRIO E FÓSFORO.** **R. Bras. Ci. Solo**, VIÇOSA - MG, ano 2008.

Oliveira, L.F.C. et al., 2013. Sorção e mobilidade do lítio em solos de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental** 18, 139-148.

**Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil- 2020.** São Paulo: ABRELPE; 2020. São Paulo: Ed. Cortez, 2003.

PEREIRA NETO, J. T. **Gerenciamento do lixo urbano: Aspecto técnicos e operacionais.** 1.ed. Minas Gerais: Miro Saraiva, 2007. p. 13 - 51.

Pinto, C.S (2000). Curso Básico de Mecânica dos Solos. Oficina de Textos. São Paulo.

PIVELLI, R., KATO,M. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos.** São Paulo: ABES, 2005.

POCHMANN, M. Outra cidade é possível: alternativas de inclusão social em São Paulo.

PRAD - PLANO DE RECUPERAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA DO LIXÃO DE JUAZEIRO DO NORTE (BACIA DO SALGADO) - 2018. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/plano-de-recuperacao-de-areas-degradadas-por-lixao-prad/plano-de-recuperacao-de-areas-degradadas-bacia-salgado/>. Acesso em: Junho/2022.

RAMALHO, J. SANTOS, T. AMARAL, C. **Breve Relato Técnico sobre o Recente Deslizamento/Corrida de Lixo sobre a Comunidade do Fischer em Teresópolis.** Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação, Uberaba - MG, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, p.128 - 134, 2018.

SETTA, B. R. S. **Avaliação da efetividade da recuperação ambiental do vazadouro do Município de Volta Redonda - RJ.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, A. C. S; MELLONI. R; MELLONI. E. G. P; RAMOS. P. P; PEREIRA. J. M; 2020. Avaliação da qualidade de solo de área de lixão desativado: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.2, p.630 - 640.

SILVA, A. Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado. Tese apresentada à COPPE/UFRJ, 2002.

SILVA, Aline Daniele Barbosa da. Caracterização do trabalho dos catadores de resíduos sólidos em área de lixão e os impactos sociais e econômicos da categoria no município de Monteiro, Cariri Paraibano. 2018. 51f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biosistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4162>

SOUSA, C. E. **Avaliação de sistemas biorremediadores em efluentes da lagoa facultativa da estação de tratamentos de esgotos em Mangabeira, João Pessoa/PB.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2014.

SOUSA, F.W. A.; SOUSA, J.R. 2019. Impactos ambientais na zona urbana do município de Nazária, Piauí. **Revista Científica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - SOMMA**, v.5, n.1, jan/jun. p. 39- 53.

SOUZA, Maria Aparecida de; COSTA, Mariane Patrício; RAMALHO, Ângela Maria Cavalcanti. CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS DOS MORADORES DO ENTORNO EM UM LIXÃO NO INTERIOR DA PARAIBA. **1º CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE**, GRAMADO - RS, ano 2018.

SWISTON, J. R. , DAVISON, W. ,ATTRIDGE, S. , Li, G. T. BRAUER, M., and van Eeden S. Wood smoke exposure induced pulmonary and systemic inflammatory response in firefighters. Euro.Respo. J. 2008.

THE WORD BANK.,. What a waste: A global review of solid waste management. 15. ed. Washington: Urban Development & Local Government Unit. 116 p, 2012.

THOMÉ. A. KNOP. A. Movimento de contaminantes no solo. Disponível em: <http://cbhpf.upf.br/phocadownload/2seminario/contaminantesii.pdf>. Acesso em: 27/06/2022.

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

VALE, C.S.. **Custos ambientais, sociais e econômicos da escolha inadequada de local pra disposição final de resíduos sólidos: o caso da cidade de Juiz de Fora**. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

WETZEL, R. G. Periphyton of freshwater ecosystems development. The Hague. Dr. W. Junk Publ. Developments Hydrobiology, 17, 1983.

Romanel, C. (2019) *Mecânica dos Solos - Capítulo 1*. PUC-Rio, Rio de Janeiro. 52 p.

CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6º ed. Rio de Janeiro: livros técnicos e científicos, 1988.

ALONSO, U. R. Rebaixamento temporário de aquíferos. São Paulo: TECNOGEO/GEOFIX, 1999. 131 p.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M. Avaliação de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférrico sob diferentes povoamentos florestais. Revista Cerne, Lavras, v. 8, n. 1, p. 32-41, 2002.

MESQUITA, M. G. B. F. Caracterização estatística da condutividade hidráulica saturada do solo. 2001. 110 f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 3, p.963-969, maio/jun. 2004.