



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
CENTRO DE ENGENHARIAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CAMILA CARVALHO NOBERTO

**CRIAÇÃO DE UM MODELO GEOESPACIAL PARA SELEÇÃO DE ÁREAS  
VISANDO A IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO**

MOSSORÓ-RN

2018

CAMILA CARVALHO NOBERTO

**CRIAÇÃO DE UM MODELO GEOESPACIAL PARA SELEÇÃO DE ÁREAS  
VISANDO A IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO**

Trabalho Final de Graduação apresentada à  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA. Campus Mossoró como requisito  
parcial para obtenção do título de Engenheira  
Civil.

Orientador: Profº. Dr. Paulo César Moura da  
Silva.

Coorientador: Ms.c. Brenno Dayano  
Azevedo da Silveira.

MOSSORÓ-RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N744c Noberto, Camila Carvalho.  
CRIAÇÃO DE UM MODELO GEOESPACIAL PARA SELEÇÃO  
DE ÁREAS VISANDO A IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO  
SANITÁRIO / Camila Carvalho Noberto. - 2018.  
47 f. : il.

Orientador: Paulo César Moura da Silva.  
Coorientador: Brenno Dayano Azevedo da  
Silveira.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de , 2018.

1. Consórcio Municipal. 2. Resíduos Sólidos. 3.  
Multicritérios. 4. Geoprocessamento. I. Silva,  
Paulo César Moura da , orient. II. Silveira,  
Brenno Dayano Azevedo da , co-orient. III. Título.

CAMILA CARVALHO NOBERTO

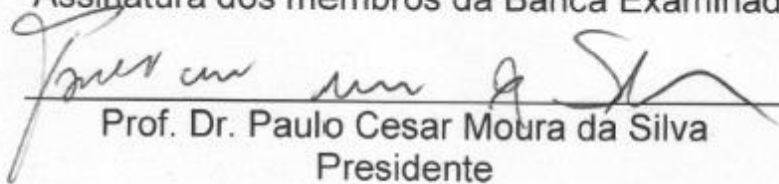
**CRIAÇÃO DE UM MODELO GEOESPACIAL PARA SELEÇÃO DE ÁREAS  
VISANDO A IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO**

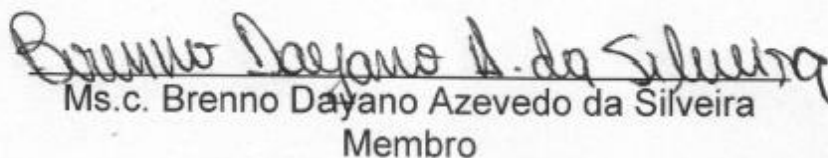
Trabalho Final de Graduação apresentada à  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –  
UFERSA. Campus Mossoró como requisito  
parcial para obtenção do título Engenheira  
Civil.

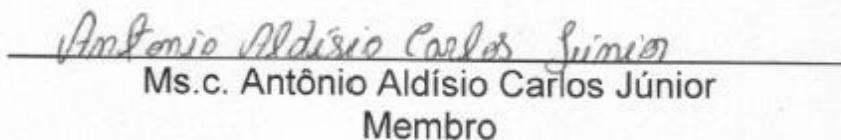
APROVADA EM: 14/09/2018

BANCA EXAMINADORA

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

  
Prof. Dr. Paulo Cesar Moura da Silva  
Presidente

  
Ms.c. Brenno Dayano Azevedo da Silveira  
Membro

  
Ms.c. Antônio Aldísio Carlos Júnior  
Membro

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me guiado nessa caminhada e me dado forças para seguir com meus objetivos, mesmo quando as dificuldades pareciam maiores.

A meus pais, Heládia e Édson Noberto, por todo incentivo, por sempre fazer o melhor para que eu pudesse ingressar no ensino superior e realizar meus sonhos, por estarem ao meu lado e me apoiarem nas minhas escolhas.

A meu orientador, Paulo César, por quem tenho enorme gratidão, pelas orientações, pelos ensinamentos, por estar disponível a sanar minhas dúvidas, pelo estímulo e mensagens positivas que me fizeram seguir com o trabalho.

A meus avós, tios, primos e irmão por estarem ao meu lado. Em especial a meu tio, Carlos José, que investiu na minha educação, a quem sou eternamente grata, por me ajudar a crescer.

A Tarcísio, por toda ajuda, apoio, por estar ao meu lado e me fazer acreditar que tudo iria dar certo.

A meus amigos pela companhia e por me motivarem na conclusão desse trabalho.

A banca examinadora que foi maravilhosa nas correções e contribuiu de forma grandiosa para o aprimoramento desse trabalho.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.  
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas  
admiráveis.” José de Alencar

## RESUMO

A destinação adequada dos resíduos sólidos tem grande importância socioambiental. Atualmente, a disposição em aterros sanitários é a maneira mais segura para que se minimize, principalmente, os impactos ambientais. Contudo, os custos para implementar áreas como essas são grandes. Visando o consórcio intermunicipal, o trabalho se propõe a gerar um modelo geoespacial para selecionar áreas adequadas à implantação de um aterro sanitário na microrregião da Chapada do Apodi, no estado do Rio Grande do Norte. Para isso, foi distribuída uma amostra de 60 sítios nessa região; e com base em cinco critérios, tidos como mais pertinentes, conseguiu-se realizar as avaliações. A partir da utilização do programa Qgis, foi possível processar, transformar e analisar os dados. Logo em seguida, os valores foram tabelados, e, ao final, cada sítio obteve uma nota, que se deu realizando a soma das pontuações obtidas em cada critério. Com base nessas informações, conseguiu-se encontrar uma equação que representava o percentual dessas pontuações. Esses dados foram inseridos no software, tornando possível a interpolação dos valores, permitindo gerar um modelo geoespacial que avaliasse a área como um todo. Conclui-se que 67% da área da microrregião apresentou maior suscetibilidade, estando estas, de modo geral, localizadas mais ao norte da região. Com isso, percebeu-se que o uso de ferramentas de geoprocessamento pode fornecer um modelo geoespacial, com base na análise de vários parâmetros, para seleção de áreas visando implantações diversas.

**Palavras-chave:** Consórcio Municipal. Resíduos Sólidos. Multicritérios. Geoprocessamento.

## ABSTRACT

The proper disposal of solid waste is of great socio-environmental importance. Currently, a disposal in landfills is a safer way to minimize, mainly, the environmental impacts. And, the costs to implement areas like these are big. Aiming at the intermunicipal consortium, the work is designed to generate a geospatial model for capturing areas in a sanitary landfill in the microregion Chapada do Apodi, in the state of Rio Grande do Norte. For this, a sample of 60 species was distributed in this region; and based on five criteria, such as the relevant ones, was achieved as assessments. From the use of the QGis program, it was possible to process, transform and analyze the data. Soon after, the data were tabulated, and in the end, each site was prepared with a note, which gave rise to a balance of the payment scores in each criterion. Based on this information, we were able to find an equation that represented the percentage of scores. These data were inserted in the software, making possible the interpolation of the values, allowing to generate a geospatial model that evaluated the area as a whole. It is concluded that 67% of the microregion area presented greater susceptibility, being these, in general, located more to the north of the region. With this instrument, one can verify the use of geoprocessing tools as a geospatial model, based on an analysis of several parameters, for the selection of areas for the several implementation.

**Keywords:** Municipal Consortium. Solid Waste. Multiple Criteria. Geoprocessing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Modelo do Aterro Sanitário Regional .....              | 20 |
| Figura 2: Corte da construção do Aterro Sanitário Regional ..... | 20 |
| Figura 3: Subsistemas de um SIG .....                            | 24 |
| Figura 4: Mapa de temperatura interpolado .....                  | 26 |
| Figura 5: Localização da Microrregião da Chapada do Apodi .....  | 27 |
| Figura 6: Distribuição dos pontos na Chapada do Apodi .....      | 29 |
| Figura 7: Buffers dos Centros Urbanos .....                      | 33 |
| Figura 8: Malha Viária .....                                     | 34 |
| Figura 9: Hidrografia da Área .....                              | 35 |
| Figura 10: Curvas de Nível da Região .....                       | 36 |
| Figura 11: Classificação dos Solos .....                         | 37 |
| Figura 12: Classificação das áreas interpoladas .....            | 41 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Pontuação atribuída aos critérios .....      | 38 |
| Tabela 2: Percentual dos sítios .....                  | 39 |
| Tabela 3: Área ocupada por cada classe de região ..... | 42 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1: Classificação de resíduos sólidos urbanos ..... | 17 |
| Quadro 2: Base de dados para o Qgis .....                 | 30 |
| Quadro 3: Centros Urbanos .....                           | 32 |
| Quadro 4: Estradas e Acessos .....                        | 33 |
| Quadro 5: Hidrografia da Microrregião .....               | 34 |
| Quadro 6: Curvas de Nível .....                           | 35 |
| Quadro 7: Textura dos Solos .....                         | 36 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                  |
| ABRELPE | Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais |
| ADS     | Avaliação do Desenvolvimento Socioeconômico                               |
| ASTER   | Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer            |
| CEMPRE  | Compromisso Empresarial para Reciclagem                                   |
| CONAMA  | Conselho Nacional do Meio Ambiente                                        |
| COPAM   | Conselho Estadual de Política Ambiental                                   |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                               |
| GDEM    | Global Digital Elevation Map                                              |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                           |
| IDEMA   | Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente                  |
| IDW     | Ponderação pelo Inverso da Distância                                      |
| LANDSAT | Land Remote Sensing Satellite                                             |
| MMA     | Ministério do Meio Ambiente                                               |
| PEGIRS  | Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do                 |
| PNRS    | Política Nacional de Resíduos Sólidos                                     |
| PNSB    | Pesquisa Nacional de Saneamento Básico                                    |
| RN      | Rio Grande do Norte                                                       |
| RSU     | Resíduos Sólidos Urbanos                                                  |
| SCP     | Semi-automatic Classification Plugin                                      |
| SEMARH  | Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos             |
| SIG     | Sistema de Informação Geográfica                                          |
| SRC     | Sistema de Referência de Coordenadas                                      |
| USGS    | United States Geological Survey                                           |

## SUMÁRIO

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                    | <b>12</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                           | <b>14</b> |
| 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS .....                                   | 14        |
| 2.1.1 Resíduos Sólidos no Brasil .....                       | 14        |
| 2.1.2 Classificação dos Resíduos .....                       | 16        |
| 2.2 DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....               | 18        |
| 2.2.1 Aterros Sanitário .....                                | 18        |
| 2.2.2 Tipos de Aterros Sanitário .....                       | 21        |
| 2.2.3 Critérios para Implementação do Aterro Sanitário ..... | 21        |
| 2.3 GEOPROCESSAMENTO .....                                   | 23        |
| 2.3.1 Utilização de SIGs – Qgis .....                        | 23        |
| 2.3.2 Análise de Critérios Múltiplos .....                   | 24        |
| 2.3.3 Análise Espacial.....                                  | 25        |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                   | <b>27</b> |
| 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....                          | 27        |
| 3.2 ÁREA DE ESTUDO .....                                     | 27        |
| 3.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....                          | 28        |
| 3.4 CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS .....               | 30        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                        | <b>32</b> |
| 4.1 AVALIAÇÃO CRITERIAL .....                                | 32        |
| 4.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA .....                               | 37        |
| 4.3 ANÁLISE ESPACIAL .....                                   | 40        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                          | <b>43</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                     | <b>44</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração de resíduos é alta e, mesmo diante disso, a disposição desses materiais ainda é feita de forma irregular, trazendo sérios danos ambientais, sociais e econômicos. De acordo com os dados da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), cerca de 7 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos não são coletados ou não têm destinação apropriada, trazendo danos à saúde de mais de 96 milhões de pessoas em todo o país (ABRELPE, 2016). Gerando custos que alcançam R\$ 5,5 bilhões por ano gastos com recuperação ambiental e tratamento de saúde em decorrência desse fator (PORTAL RESÍDUOS, 2017).

Segundo dados do Panorama de Resíduos Sólidos, foram produzidos cerca de 78,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, em 2016. Desse total, 58,4% dos resíduos foram destinados em aterros sanitários; 24,2% foram enviados para aterros controlados e 17,4% para lixões (ABRELPE, 2016).

De acordo com Gallardo (2015), aterros controlados, assim como os lixões, são considerados formas inadequadas para disposição de resíduos, pois não oferecem medidas de tratamento, terminando por contaminar o ambiente, além de constituir uma ameaça à saúde pública.

A Constituição Federal traz que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado” e que é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” (BRASIL, 1988).

Com base nisso, é necessário dar destinação adequada aos resíduos, para que se consiga minimizar os prejuízos causados ao ambiente, realizando processos de reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético. Com o intuito de alocar os resíduos não aproveitados de forma organizada em aterros, visando reduzir impactos ambientais, riscos à saúde pública e à segurança (BRASIL, 2010).

Diante da crescente expansão urbana, se torna necessária a obtenção de locais apropriados para a destinação adequada de resíduos. Segundo Peralta e Antonello (2015) os municípios brasileiros tinham um prazo, de até agosto de 2014, para interromper o uso de lixões e aterros controlados, e implementar aterros sanitários. De acordo com os autores, os governos federais reconhecem que muitos

municípios não possuem recursos suficientes para se adequar à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e necessitam da ajuda de instâncias superiores. Os consórcios intermunicipais, pelo caráter regional, constituem uma alternativa para que os municípios consigam se adequar à PNRS, pois dessa forma serão capazes de custear a implantação do aterro sanitário.

Por esse motivo, visando incentivar a adoção de consórcios entre os municípios, a fim de dividir os custos entre as administrações públicas (FELICORI, 2016), este trabalho se propõe a criar um modelo geoespacial para selecionar áreas adequadas à implantação de um Aterro Sanitário na Microrregião da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte, usando geotecnologias livres e gratuitas; respeitando aspectos ambientais, econômicos e sociais. Os objetivos específicos são criar um modelo que possa ser aplicado em outros estados e testar se as ferramentas são adequadas para o objetivo proposto.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS**

Historicamente, segundo Brollo (2001), o surgimento do “lixo” se deu durante a passagem do estilo de vida nômade para o sedentário, quando os homens passaram a viver em grupo e fixar-se em determinados locais, abandonando o hábito de vagar em busca de alimentos. Desde então, houve a necessidade da retirada do lixo destes locais, de convivência humana. Apesar de que as soluções iniciais se resumiam a apenas levar o lixo para longe.

Além disso, Barciotte (1994), cita que “a história dos resíduos sólidos parece se confundir com a própria história do homem urbano”. Para a autora, na idade média, era comum dizer que as cidades fediam; e, na história antiga, que era costume enterrar os resíduos e usar fogo para destruir os restos que não podiam mais ser reutilizados.

O inciso XVI, do artigo 3º da Lei Federal de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, define resíduos sólidos como sendo:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

De acordo com Philippi (1979), apenas no século XIX, por conta de novos padrões sociais resultantes da civilização industrial, é que se passou a enfatizar, em um cenário ecológico, o problema causado pelos resíduos sólidos.

#### **2.1.1 Resíduos Sólidos no Brasil**

Segundo Barciotte (1994), na pré-história, foram encontrados registros de vários sambaquis que são “montes de lixo monumentais”, fruto da ocupação do litoral do Brasil, antes mesmo do país ser descoberto.

Com o crescimento da população e criação das primeiras cidades, a limpeza que não era presada, passou a ter importância. Como observado por Polaz e Teixeira (2009), as taxas de consumo crescem, proporcionalmente, com as de

produção de resíduos, tornando-se um dos maiores problemas ambientais enfrentados pela humanidade. É visto que, com o crescimento da população, cidades e centros urbanos, cedo ou tarde viria à tona o problema da disposição de resíduos sólidos urbanos.

A Lei Federal de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10), dispõe princípios, objetivos e instrumentos relativos à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, inclui os resíduos de periculosidade elevada; as responsabilidades de quem os gerou e do poder público; além das parcelas econômicas aplicáveis (BRASIL, 2010).

Zuquette et al (2015, apud SILVA, 2017, p.18) afirma que “a hierarquia de prioridades na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos são: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Costa e Ribeiro (2013) citam, em sua obra a Lei da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – Lei 12.305/2010 – que estabelece diretrizes relacionadas à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, definindo tais conceitos da seguinte forma:

Art. 3º. [...] X – gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, 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; XI – gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Quanto a problemática dos resíduos, o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2010) cita, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), através da realização da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), que 99,96% dos municípios brasileiros possuem serviços de manejo de Resíduos Sólidos. Porém 50,75% destes fazem o processo incorreto, ao despejá-los em vazadouros a céu aberto; 22,54% depositam em aterros controlados; e apenas 27,68%, em aterros sanitários, procedimento mais adequado à saúde pública e ambiental (BRASIL, 2008).

O Ministério aponta ainda que destinação inadequada dos resíduos provoca prejuízos à saúde pública e ao meio ambiente, e está associada à triste realidade de muitas famílias que retiram seus sustentos dos lixões (BRASIL, 2008).

No Rio Grande do Norte foram geradas 3.049 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, no ano de 2015. Nesse mesmo ano, o estado apresentava 155 lixões e vazadouros em operação; dois aterros controlados localizados nos municípios de Alto do Rodrigues e São Vicente; dois aterros sanitários operando e mais dois em fase de implantação. Dos aterros sanitários em funcionamento, um é o Aterro Sanitário da Cidade de Mossoró, que está localizado e atende ao próprio município; e o outro é o Aterro Sanitário Metropolitano de Natal, localizado em Ceará Mirim, atendendo aos municípios de Ceará-Mirim, Extremoz, Ielmo Marinho, Macaíba, Natal, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, Rio do Fogo e Taipu. Já os aterros sanitários previstos serão construídos nos municípios de Upanema e Riacho da Cruz (ABRELPE, 2015).

### **2.1.2 Classificação dos Resíduos**

Segundo dados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 10.004 de 2004, que trata da classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública; os resíduos sólidos podem ser agrupados de acordo com o Quadro 1:

Quadro 1: Classificação de resíduos sólidos urbanos

|                      |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Perigosos</b>     | Resíduos Classe I                  | Aqueles que apresentam periculosidade ou características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade. Pode-se citar como tintas, solventes, lâmpadas fluorescentes, pilhas como alguns exemplos para este tipo de resíduo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Não perigosos</b> | Resíduos Classe II A - Não inertes | São aqueles resíduos que não são enquadrados nem como resíduos perigosos (Classe I) e nem como resíduos inertes (Classe II B), podendo apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Pode-se citar como exemplos: matérias orgânicas, papéis, lodos, entre outros.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                      | Resíduos classe II B - Inertes     | São resíduos que se amostrados de forma representativa através da NBR 10.007 (Estabelece o procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos) e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, de acordo com a NBR 10.006 (Estabelece o procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se o aspecto cor, turbidez, dureza e sabor. Como exemplos citam-se: entulhos, materiais e construção e tijolos. |

Fonte: (BRASIL, 2004).

O relatório síntese do Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte (PEGIRS/RN), revela que os resíduos pertencentes a classe II, denominados “resíduos comuns”, apresentam grandes quantidades de materiais recicláveis, podendo ser coletado diretamente de fontes geradoras, através da coleta seletiva, reduzindo o volume de resíduos descartados (BRASIL, 2012).

## 2.2 DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Com o desenvolvimento das cidades, o crescimento populacional, a necessidade não consiste apenas em retirar os resíduos de logradouros e edificações, mas sim, de dar destinação adequada a esses materiais coletados (MONTEIRO et al, 2001).

Em uma análise proposta por Albuquerque (2011), é feita a caracterização dos locais utilizados para destinação final de resíduos. Os aterros comuns (lixões) são considerados a forma de disposição de resíduos mais prejudicial, pois é feita de forma inadequada, lançando-os sobre o solo sem que tenham o tratamento necessário. Aterros controlados possuem a disposição de resíduos executada da mesma maneira que os lixões (aterros comuns), mas são cobertos de terra ou algum outro material inerte, apesar de não existir controle ambiental. O Manual de Gerenciamento Integrado complementa que os aterros controlados são cobertos por uma camada de material não reagente, em decorrência disso, a poluição fica restrita ao local. Já os aterros sanitários permitem que haja um confinamento seguro, de modo a evitar riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os danos ao ambiente (CEMPRE, 2018).

### 2.2.1 Aterros Sanitário

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da (NBR 8419, 1992) estabelece que o aterro sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), consiste em uma:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (BRASIL, 1992).

Para Portella (2014), aterro sanitário é uma área preparada anteriormente para receber resíduos, possui uma impermeabilização com manta e executa processos que procuram diminuir os efeitos de impactos negativos, a exemplo desses processos faz-se a cobertura diária da pilha de lixo com terra ou outro material disponível como forração ou saibro. É realizada também a recirculação do chorume, quando ele é levado para cima da pilha de lixo, fazendo com que sua absorção pela terra seja diminuída. Sendo assim, consiste na melhor alternativa para disposição dos

resíduos sólidos urbanos; pois, antes de começar a receber o resíduo, teve o terreno preparado previamente com o nivelamento de terra e com o selamento da base com argila e mantas de PVC, que são bastante resistentes.

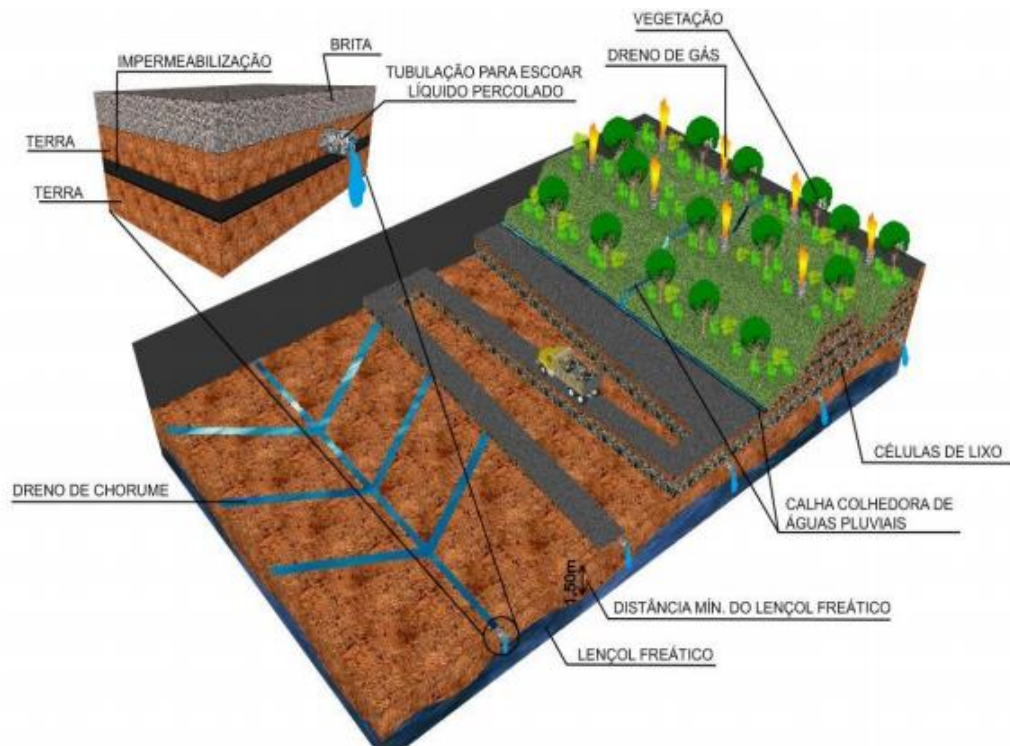
Os aterros podem ser categorizados quanto ao tipo de técnica de operação. Chamados aterros de depressão e de superfície. No caso dos aterros de depressões, a disposição dos resíduos se dá de forma que sejam aproveitadas as irregularidades geológicas presentes na região, tais como depressões, pedreiras extintas, mangues ou lagoas. Já nos aterros de superfície os resíduos sólidos são colocados em uma área plana, na forma de rampas ou trincheiras (PORTELLA, 2014).

Os custos de implementar o aterro, inclui:

- Aquisição do terreno;
- Limpeza do terreno;
- Acesso principal;
- Acessos internos;
- Estruturas físicas: oficinas, pátios, banheiros, refeitório, entrada principal;
- Balanças;
- Lagoas de tratamento de chorume;
- Cercas de proteção;
- Poços de monitoramento;
- Construção da primeira célula (escavação, regularização de taludes, colocação de drenos coletores, drenagem), (BRASIL, 2012).

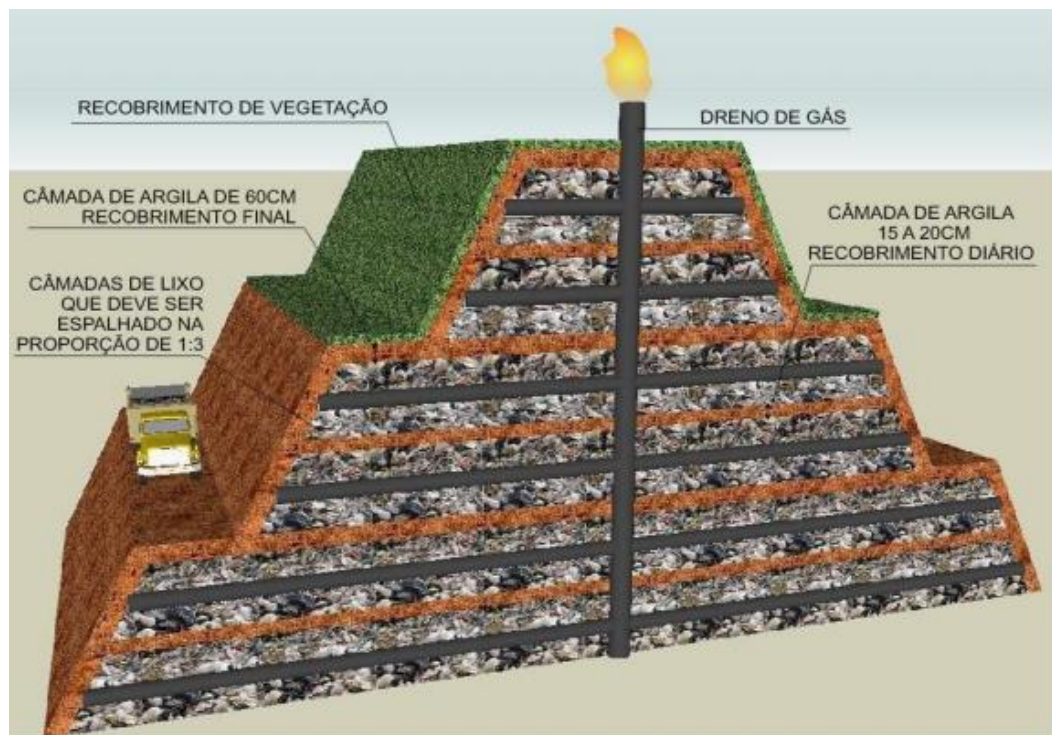
Com intuito de dividir os custos da implementação de um aterro, esse pode ser construído e utilizado por um conjunto de municípios que constituem determinada região. A esse tipo de aterro é dado o nome de aterro sanitário regional (ABRELPE, 2016), representado nas Figuras 1 e 2.

Figura 1: Modelo do Aterro Sanitário Regional



Fonte: (BRASIL, 2012).

Figura 2: Corte da construção do Aterro Sanitário Regional



Fonte: (BRASIL, 2012).

Aterro sanitário regional apresenta segurança ao meio ambiente, além disso, oferece economia nas fases de implantação e operacionalização, já que os custos envolvidos são rateados entre os municípios associados.

### **2.2.2 Tipos de Aterros Sanitário**

Aterros sanitários são considerados a melhor forma de disposição final dos resíduos, pois em sua construção e utilização apresentam meios que evitam a contaminação do ambiente pelo material depositado e por seus subprodutos.

Aterro sanitário de pequeno porte, é apresentado pela resolução CONAMA nº 404 de 2008, como aquele com disposição diária de resíduos sólidos urbanos de até 20 toneladas (BRASIL, 2008).

De acordo com a legislação ambiental, que apoia a Deliberação Normativa COPAM 07/94, aterro sanitário de médio porte apresentam capacidade de até 100 t/dia; já aterro sanitário de grande porte possui capacidade superior a 100 t/dia (BRASIL, 1994).

### **2.2.3 Critérios para Implementação do Aterro Sanitário**

A avaliação dos critérios para seleção de áreas de aterros sanitários envolve o estudo de vários elementos e deve ser implantado de forma que se reduza os impactos, que seja aceita pela população vizinha, que esteja de acordo com o zoneamento local e que possa ser utilizado num período de no mínimo 10 anos (BRASIL, 2012).

Segundo o Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, estratégia usada para selecionar a área deve seguir esses passos:

- seleção preliminar das áreas disponíveis no Município;
- estabelecimento do conjunto de critérios de seleção;
- definição de prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos;
- análise crítica de cada uma das áreas levantadas frente aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando-se aquela que atenda à maior parte das restrições através de seus atributos naturais (IBAM, 2001).

A NBR 13896 (1997) estabelece condições mínimas para a implementação e operação de aterros para alocar resíduos não perigosos; de forma que os impactos sejam minimizados, que tenha boa aceitação pela população quando instalado, que

esteja de acordo com o zoneamento da região e que possa ser utilizado por um longo período, sem que haja necessidade de obras futuras (BRASIL, 1997).

Os pontos de avaliação para adequabilidade de um local, segundo a essa mesma norma, são:

**Topografia:** considerado fator determinante para escolha do método construtivo. Recomenda-se declividade variando de 1% a 30 %;

**Geologia e tipos de solos existentes:** importantes para saber a velocidade de infiltração do solo e a capacidade de depuração. Material deve ser homogêneo, possuir permeabilidade inferior a  $10^{-6}$  cm/s e zona não saturada de espessura superior a 3,0 m;

**Recursos hídricos:** o aterro deve possuir distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água;

**Vegetação:** deve ser feito estudo, uma vez que, ela pode favorecer a redução de fenômenos como erosão, poeira e transportes de odores;

**Acessos:** fator importante pois é utilizado durante toda operação do aterro;

**Tamanho disponível e vida útil:** recomenda-se vida útil de no mínimo 10 anos;

**Custos:** varia em decorrência do tamanho e do método construtivo;

**Distância mínima a núcleos populacionais:** recomenda-se que essa distância seja superior a 500 m (BRASIL, 1997).

A mesma norma, apresenta ainda restrições que, obrigatoriamente, devem ser observadas: o aterro não pode ser construído em áreas sujeita a inundações, período de recorrência de 100 anos; deve existir uma espessura mínima de 1,50 m entre a camada máxima do lençol freático e a superfície inferior do aterro; a construção do aterro deve ser feita em locais com permeabilidade do subsolo inferior a  $5 \times 10^{-5}$  cm/s; não podendo exceder  $10^{-4}$  cm/s; o aterro só pode ser construído em áreas de uso conforme legislação local (BRASIL, 1997).

Além dos critérios estabelecidos por norma, Lino (2007), cita que a direção dos ventos predominantes deve avaliada para implantação de aterro sanitário, evitando que haja o transporte de poeira e maus odores para os núcleos habitacionais próximos da região.

## 2.3 GEOPROCESSAMENTO

Zaidan (2017) caracteriza geoprocessamento como um conjunto de técnicas e métodos teórico-computacionais, que estão atrelados a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento dos dados, com objetivo de obter novos dados, informações espaciais ou georreferenciadas, ligada a uma posição específica do globo através de suas coordenadas.

De acordo com Câmara et al (2001), “trabalhar com geoinformação significa, antes de mais nada, utilizar computadores como instrumentos de representação de dados espacialmente referenciados”. Logo, o maior problema de se trabalhar com sistema de geoinformação é abstrair alguns conceitos, do que está sendo estudado, a fim de inserir parâmetros acerca disto na forma computacional.

Para Silva (2003), o processo de operações e cálculos matemáticos feitos por computadores, abriu possibilidades de pesquisa na manipulação de imensas quantidades de dados, principalmente os espaciais, e tornou motivo para que o tratamento e armazenamento de dados censitários fosse mais utilizado. Logo no fim da década de 50, cientistas meteorológicos, geofísicos e geólogos começaram a incorporar, nas suas atividades, mapas gerados por computadores.

### 2.3.1 Utilização de SIGs – Qgis

Zaidan (2017) pontua que Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem ser considerados uma das geotecnologias que estão inseridas no ramo de atividades do geoprocessamento.

Um SIG é, segundo Teixeira (1995):

Um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuário), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação.

De acordo com Lochpe e Lisboa (1996), os SIG possuem vantagens em relação a outros sistemas que também manipulam dados espaciais (como o CAD), entre elas está a possibilidade dada ao usuário de manipular dados gráficos e não-gráficos de forma integrada, além de permitir a capacidade de acesso a registros imobiliários utilizando sua localização geográfica.

Segundo definição de Burrough e McDonnell (1998), “SIG seria um sistema automatizado de coleta, armazenamento, manipulação e saída de dados cartográficos”. O que, em síntese, está disposto na Figura 3.

Figura 3: Subsistemas de um SIG



Fonte: Zaidan (2017).

Em suma, utilizar um SIG significa traduzir os questionamentos e dados do mundo real para coordenadas espaciais, com o objetivo de inseri-los no computador, de uma forma que esses dados “traduzidos” sejam reconhecidos e o trabalho possa ser realizado.

Qgis é um SIG de acesso livre e gratuito e com o objetivo de ser uma ferramenta útil e de fácil utilização, fornecendo funções e recursos comuns. O software suporta formatos de vetores, rasters e bases de dados e funcionalidades. Além de fornecer um número crescente de recursos disponibilizados por funções básicas e *plugins*. No software, é possível visualizar mapas, criar, editar, analisar dados e compor versões imprimíveis.

### 2.3.2 Análise de Critérios Múltiplos

A deficiência de meios apropriados a destinação final de RSU faz surgir a necessidade de agrupar um conjunto de parâmetros, de modo a atender o objetivo de se criar um local adequado com essa finalidade. Esses parâmetros consideram aspectos sociais, ambientais e econômicos.

A análise multicritério, de acordo com a Avaliação do Desenvolvimento Socioeconômico (ADS) (2004), serve como ferramenta de auxílio à escolha, e é

utilizada na comparação de projetos alternativos. Com ela é possível verificar, ao mesmo tempo, vários critérios ao se analisar uma situação que dependa de diversas variáveis. Os resultados obtidos são utilizados, geralmente, para aplicação de uma decisão de natureza operacional ou para que sejam explanados, servindo como base para futuros estudos. Como em um caso que existam muitos participantes na decisão de algum aspecto, a análise de multicritérios deve ser realizada, para que as preferências dos mesmos sejam atendidas (QREN, 2004).

Multiple Criteria Decision Making constitui uma metodologia de tomada de decisão bastante conhecida, podendo ser utilizada nos ramos de ciências, negócios e engenharia. Segundo os autores, o método auxilia a melhora da qualidade da decisão promovendo um processo mais explícito, racional e eficiente. Ele se baseia em selecionar a melhor alternativa, baseando-se em critérios e alternativas específicos (DENG et al., 2011, apud MENDES et al. 2014), (TRANTAPHYLLOU, 2000, apud MENDES et al. 2014).

Segundo Voogd (1982), os métodos e técnicas de planejamento devem ser capazes de ampliar o conhecimento sobre como lidar com o problema tratado; além disso, devem ser planejados a fim de que consigam solucionar os problemas em questão; adaptar-se às variações circunstanciais; não devem demandar muito tempo, ainda que necessitem de planejamento; seus resultados devem ser facilmente “manuseados” e seu custo barateado, facilitando sua aplicação.

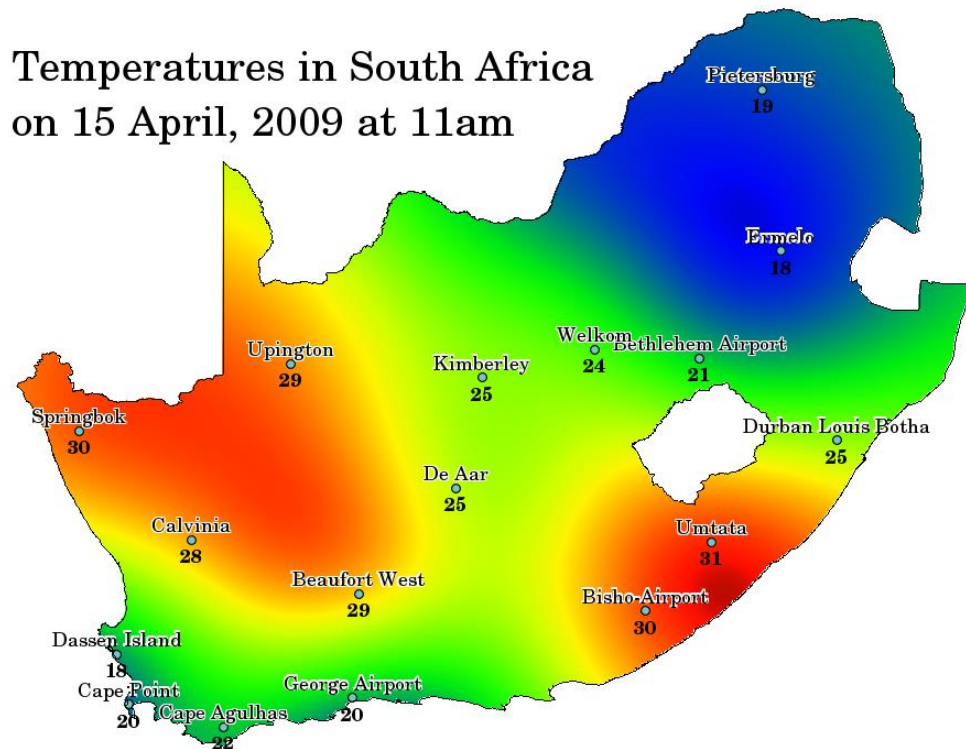
Ao observar essas práticas de planejamento, é possível concluir que tais condições nem sempre serão atendidas, demonstrando que, por vezes, esses métodos e técnicas não têm como finalidade resolver um problema em questão, e sim, explicitá-lo (VOOGD, 1982).

### **2.3.3 Análise Espacial**

Análise espacial é uma forma de obter informações através de dados existentes. Normalmente, é executada através de um SIG, que “fornece ferramentas de análise espacial para calcular as estatísticas de recursos e realização de atividades de geoprocessamento como interpolação de dados” (SUTTON, 2009). Em SIG, a interpolação espacial de uma amostra de pontos pode ser usada para criar uma superfície com base em estimativas, visando conhecer valores nos locais onde não foram tomadas amostras ou medidas. Na Figura 4 é apresentado um mapa de

temperaturas, no qual os dados das diversas partes foram estimados com base nos valores coletados ao longo da região.

Figura 4: Mapa de temperatura interpolado



Fonte: (Sutton, 2009).

Dentre os métodos de interpolação, existe a Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW). Este método se baseia no princípio de que entes mais próximos entre si são mais parecidos do que entes mais distantes, dessa forma, é possível atribuir valor a um determinado local. Cada ponto influencia na estimativa do novo ponto, e essa influência reduz à medida que a distância, a esse, aumenta (JACOB et al., 2006).

A Ponderação, segundo Sutton (2009) é realizada através de um coeficiente de ponderação. Ao aumentar esse coeficiente, o valor do ponto será mais próximo dos pontos vizinhos. A qualidade da interpolação está diretamente ligada à distribuição regular dos pontos.

### 3 METODOLOGIA

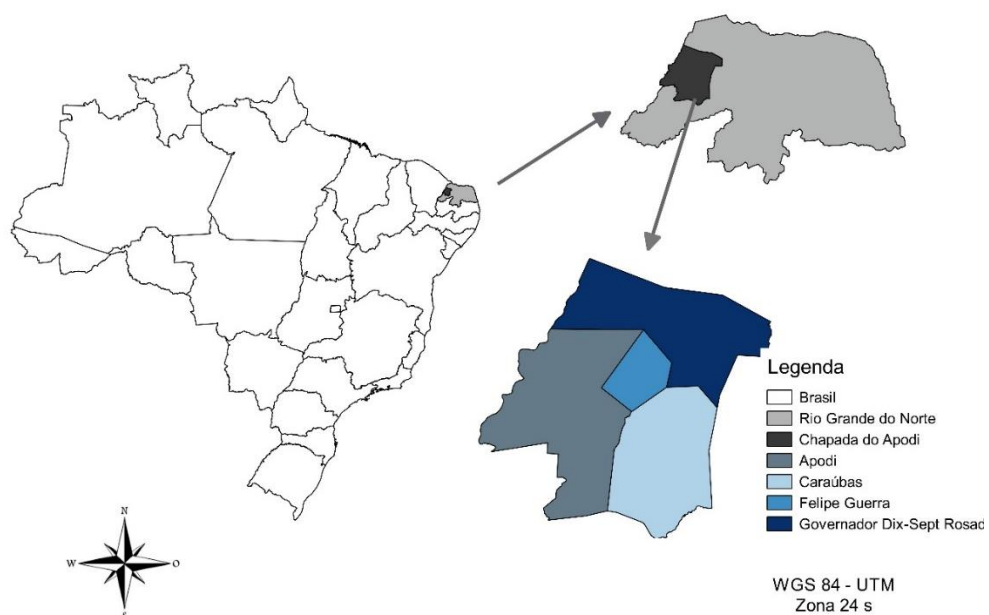
#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa pode ser caracterizada como exploratória, envolvendo levantamentos bibliográfico e análise de dados, de forma se familiarizar com o problema, tornando-o mais explícito, favorecendo a formulação da hipótese (GIL, 2008).

#### 3.2 ÁREA DE ESTUDO

O IBGE projetou para o estado do Rio Grande do Norte, no ano de 2017, uma população de 3.507.003 (IBGE, 2010). Este estado é constituído por quatro mesorregiões geográficas: Agreste Potiguar, Central Potiguar, Leste Potiguar e Oeste Potiguar. A mesorregião Oeste Potiguar é composta por 62 municípios agrupados em sete microrregiões, sendo elas: Chapada do Apodi, Médio Oeste, Mossoró, Pau dos Ferros, Serra de São Miguel, Umarizal e Vale do Açu. De acordo com Freire (2011), essa mesorregião “tem uma dinâmica econômica impulsionada pelas atividades petrolíferas e pela fruticultura irrigada para importação”.

Figura 5: Localização da Microrregião da Chapada do Apodi



Fonte: Autoria Própria (2018).

A microrregião selecionada é a Chapada do Apodi, composta pelos municípios de Apodi, Caraúbas, Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado (FIGURA 5). Possui uma área territorial de 4.095,616 km<sup>2</sup> e população estimada de 76.239 pessoas para 2017 (IBGE, 2010).

Segundo dados do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA), a área possui predominância de clima muito quente e semiárido, e um período chuvoso que se estende de fevereiro a maio e precipitação média anual em torno de 700 mm. A formação vegetal da Chapada é composta por Caatinga Hiperxerófila, que possui um caráter mais seco, com abundância de cactácea e plantas de porte mais baixo e espalhadas, e Carnaubal, este presente nos municípios de Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado. Ainda de acordo com instituto, a área possui solo formado por Cambissolo Eutrófico (textura argilosa, bem a moderadamente drenado), Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico (mais presente nos municípios de Apodi e Caraúbas), e Rendzina (IDEMA, 2008).

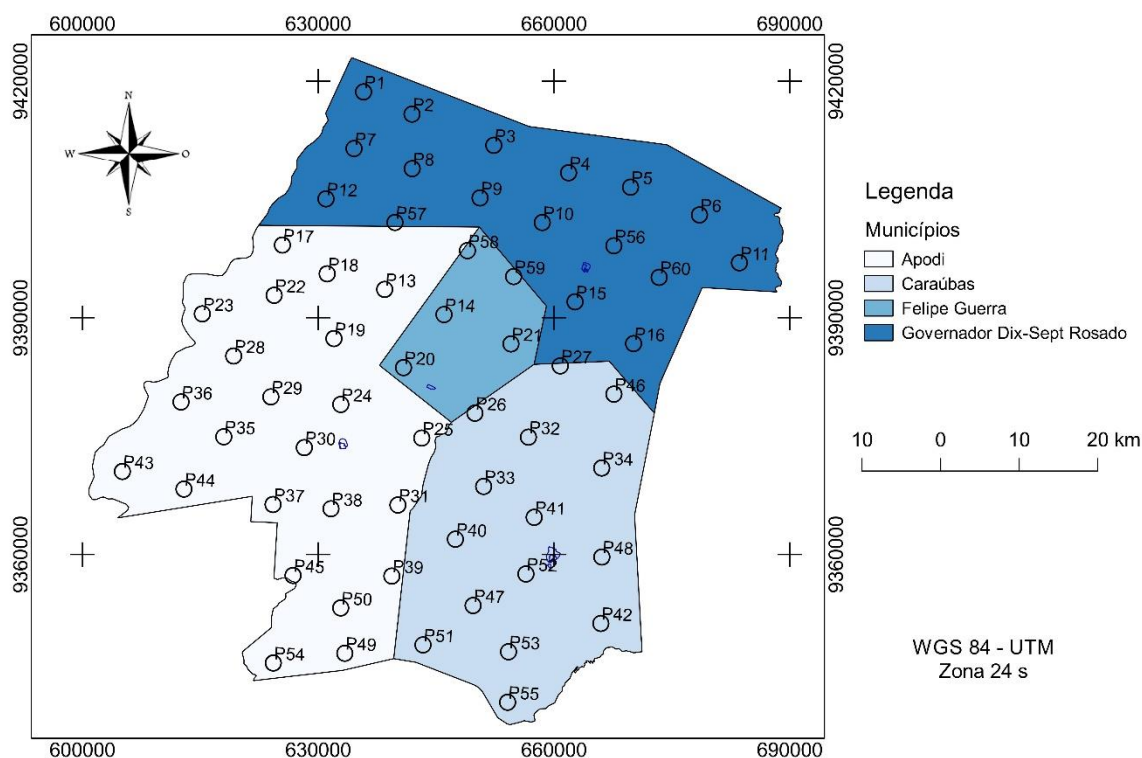
### 3.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Escolheu-se uma amostra de 60 pontos que foi distribuída na microrregião da Chapada do Apodi, de maneira aleatória, buscando uniformidade e distanciamento dos corpos hídricos e centros urbanos. Para isso, foi utilizado a ferramenta “adicionar marcador” do Google Earth.

Para obter e processar os dados, foi utilizado o software Qgis 2.18, com o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) configurado para WGS84 / UTM zona 24S. Os pontos criados no Google Earth foram exportados para o Qgis em formato *kml*, e posteriormente, convertidos em formato *shapefile*, para que pudessem ser manipulados no programa. A Figura 6 traz a representação da distribuição dos sítios.

Criou-se um *buffer* de 1 km (um quilômetro) de raio ao redor de cada ponto (sítio), esse valor foi atribuído para que se obtivesse uma representação mais adequada.

Figura 6: Distribuição dos pontos na Chapada do Apodi



Fonte: Autoria Própria (2018).

O Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte (PEGIRS/RN) demonstra produtividade média de 500 g/dia de resíduos por pessoa, esse valor está abaixo da nacional, de 700 g/dia por pessoa, pois a maior parte dos municípios do Estado apresentam menos de 18.000 habitantes (PEGIRS, 2010).

A microrregião da Chapada do Apodi apresentou em 2017 população de aproximadamente 76.239 habitantes, essa população foi considerada a mesma para o ano de 2018. Considerando uma projeção de 20 anos, e utilizando o método da progressão geométrica, encontrou-se uma população estimada de 88.848 habitantes para o ano de 2038. Com base em Mancini (2014), adotando Massa Específica do Resíduo igual a 0,7 t/m<sup>3</sup>, altura de empilhamento de 5 m, produção per capta de resíduos igual a 500 g/dia e 20 % a mais de volume para terra e cobertura; encontrou-se que o volume ao longo da vida útil do aterro é de 555.934,63 m<sup>3</sup>. Resultando numa área de 11,12 hectares. Nessas condições, e por apresentar produção diária de, aproximadamente, 38 toneladas, o aterro pode ser caracterizado como de médio porte.

Os dados utilizados estão dispostos na Quadro 2, com seus respectivos órgãos fornecedores.

Quadro 2: Base de dados para o Qgis

| Parâmetros         | Órgão de Origem   | Ano de Elaboração |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Estradas           | SEMARH - RN       | 2006              |
| Hidrografia        | SEMARH - RN       | 2006              |
| Solos              | Embrapa           | 1971              |
| Declividade        | USGS - ASTER GDEM | 2012              |
| Núcleos urbanos    | SEMARH - RN       | 2006              |
| Imagens LANDSAT    | USGS              | 2016              |
| Limites Municipais | IBGE              | 2010              |

Fonte: Autoria própria (2018).

As informações, contidas no Quadro 2, foram utilizadas em formato *shapefile* no Qgis para que se pudesse realizar as avaliações de cada critério. Para isso, à cada ponto foi atribuído pontuações, com base nas classes estabelecidas, onde a maior nota representa a condição mais favorável. A avaliação dos pontos foi feita de forma visual, observando as características inseridas em cada sítio.

### 3.4 CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS

Tendo em vista que não seria possível analisar todos os critérios estabelecidos por norma, tanto pela quantidade quanto pela carência de dados; escolheu-se cinco critérios considerados mais relevantes, avaliando-os com base em aspectos ambientais, sociais e econômicos. Distanciamento dos centros urbanos, facilidade de acessos (estradas), distanciamento dos corpos hídricos, tipo de solo e declividade. Os pesos atribuídos aos critérios foram atribuídos baseado na experiência pessoal dos autores e na consulta bibliográfica.

Cada sítio foi avaliado em todos os critérios, ao final das avaliações, as pontuações encontradas foram somadas. Dessa forma, a maior nota que poderia ser atingida era de a 25, e a menor, 2; essas correspondem a um percentual de 100 % e 0 %, respectivamente. Com base nisso, foi calculado encontrada a equação da reta, onde “x” representava o valor numérico, e “y” o valor percentual. A Equação 1 obtida foi a utilizada para converter o número em porcentagem.

$$y = 4,35x - 8,70$$

*Equação (1)*

Em seguida, essas pontuações foram repassadas para o software Qgis, os pontos foram interpolados, utilizado o complemento de interpolação. O método escolhido foi o IDW.

No modelo interpolado, foram recortados os solos aluviais, já que esses não podem ser usados para alocar obras como a de um aterro sanitário. Posteriormente, foi utilizado o Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), considerando um algoritmo de distância máxima e a banda 5 do LANDSAT 8, correspondente ao infravermelho próximo, com o objetivo de separar os corpos hídricos. A escolha da banda está relacionada à absorção desta pela água.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AVALIAÇÃO CRITERIAL

Estudando cada parâmetro, foi possível perceber que, com relação aos centros urbanos, a NBR 13896, recomenda que haja afastamento mínimo de 500 m dos núcleos populacionais (BRASIL, 1997). O Quadro 3 apresenta a pontuação atribuída para uma determinada faixa de distância desses centros, a maior pontuação foi dada ao ponto mais afastado dos centros populacionais.

Quadro 3: Centros Urbanos

| Variação              | Nota |
|-----------------------|------|
| 0 - 5 km de raio      | 1    |
| 5 - 10 km de raio     | 3    |
| 10 km ou mais de raio | 5    |

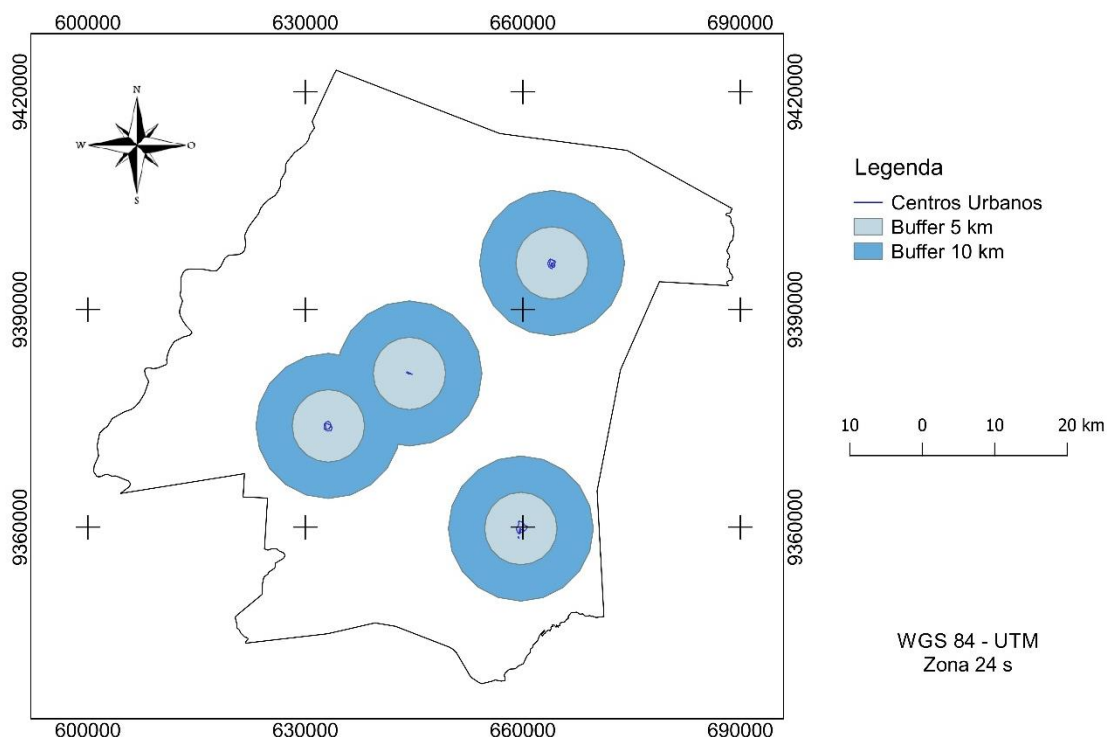
Fonte: Autoria própria (2018).

O afastamento dos núcleos urbanos é um critério que tem grande impacto social e econômico. O primeiro está relacionado ao bem-estar da comunidade, pois a instalação de aterro próximo aos centros urbanos pode servir de porta de entrada para insetos e roedores, além de acarretar odores indesejados. Já se instalado muito distante dos núcleos produtores, pode acarretar gasto elevados com transporte dos resíduos.

Como se trata de uma área com quatro núcleos geradores de rejeitos, preferiu-se que houvesse distanciamento dos mesmos, para que não interferisse no crescimento desses, por isso a pontuação maior foi dada para maiores distâncias desses núcleos populacionais.

Para avaliação, foram realizados *buffers* de 5 km e 10 km de raio de cada centro urbano, dessa forma, conseguiu-se perceber se os pontos estavam ou não inseridos nesses limites (FIGURA 7).

Figura 7: Buffers dos Centros Urbanos



Fonte: Autoria Própria (2018).

Em se tratando de acessos, esse é um fator de grande necessidade, pois está atrelado a fase de criação e operacionalização do aterro. Contudo, é necessário que sua instalação esteja a no mínimo 200 m do sistema viário (CALIJURI et al, 2002). No Quadro 4 está discriminado a pontuação estabelecida para cada situação.

Quadro 4: Estradas e Acessos

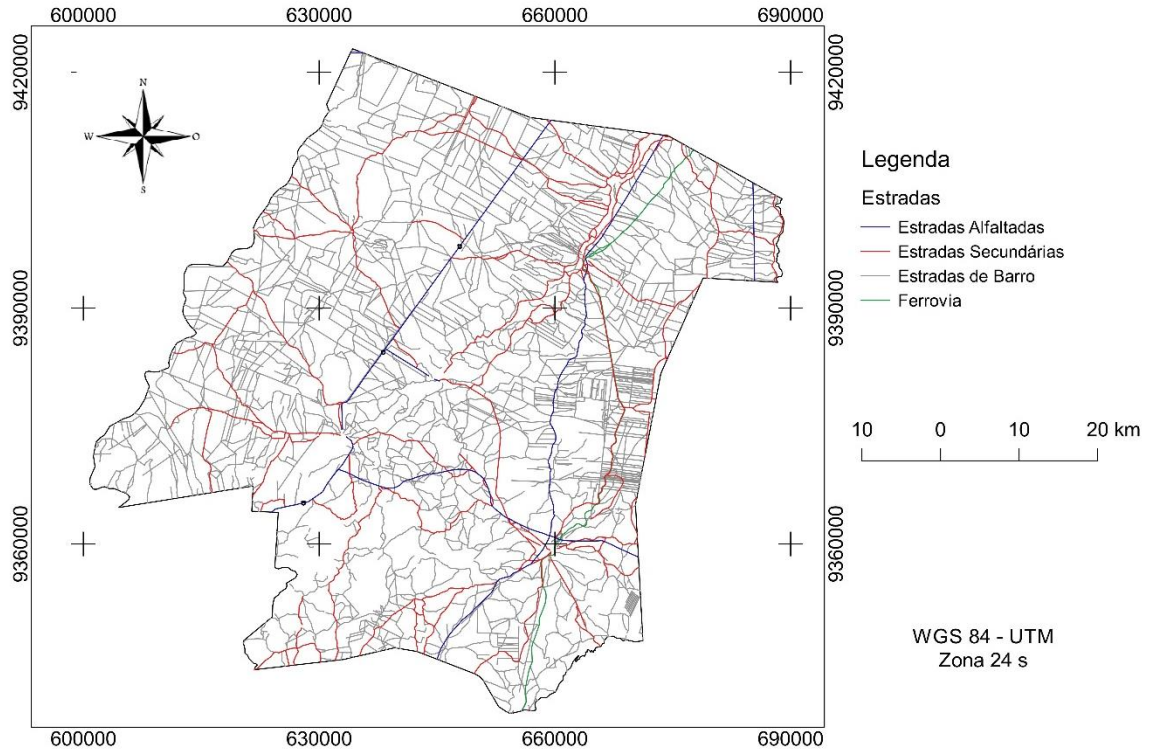
| Variação                             | Nota |
|--------------------------------------|------|
| Sem estradas                         | 0    |
| 1 a 3 vias vicinais                  | 1    |
| 4 ou mais vias vicinais/ secundárias | 3    |
| Asfaltada                            | 5    |

Fonte: Autoria própria (2018).

Esse parâmetro foi definido com base na quantidade de estradas que passavam por dentro de cada ponto de raio de 1 km, criado inicialmente, utilizando o recurso *buffer*. As maiores pontuações foram atribuídas aos pontos que apresentassem mais acessos inseridos em sua circunferência, por questões

econômicas, já que esse fator contribui para as fases de implantação e operação do aterro (FIGURA 8).

Figura 8: Malha Viária



Fonte: Autoria Própria (2018).

Quanto a hidrografia, de acordo com a NBR 13896 é estabelecido que haja um distanciamento de, no mínimo, 200 m de qualquer corpo hídrico (BRASIL, 1997). Foram considerados apenas os corpos hídricos superficiais, os quais estão discriminados no Quadro 5, com suas respectivas pontuações.

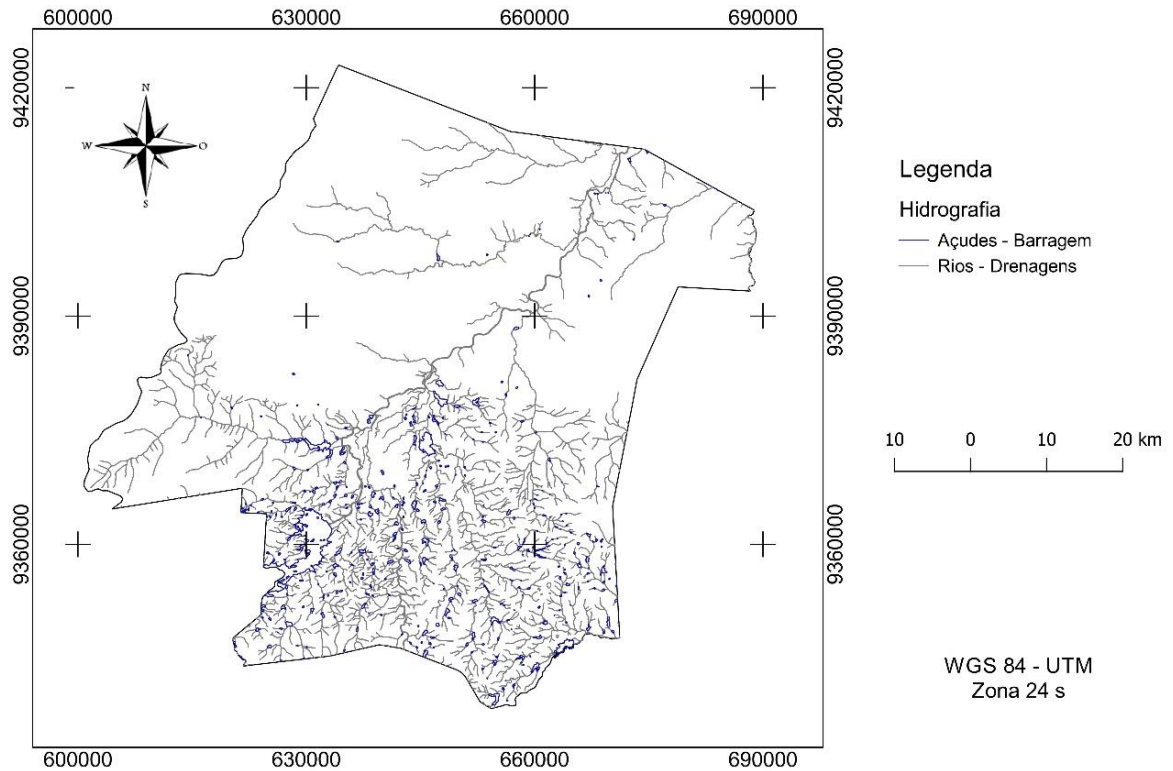
Quadro 5: Hidrografia da Microrregião

| Variação            | Nota |
|---------------------|------|
| Açude - Barragem    | 0    |
| 4 ou mais Drenagens | 1    |
| 3 Drenagens         | 2    |
| 1 ou 2 Drenagens    | 3    |
| Zero drenagens      | 5    |

Fonte: Autoria própria (2018).

Diante disso, a maior nota foi dada ao ponto que não contivesse drenagens no seu interior, por questões ambientais (FIGURA 9), já que esse é fator limitante para construção do aterro.

Figura 9: Hidrografia da Área



Fonte: Autoria própria (2018).

A declividade desejada varia de 1% a 30% (BRASIL, 1997). Com isso, a maior nota foi atribuída ao ponto que só apresentava uma curva de nível em sua circunferência, como explicitado no Quadro 6:

Quadro 6: Curvas de Nível

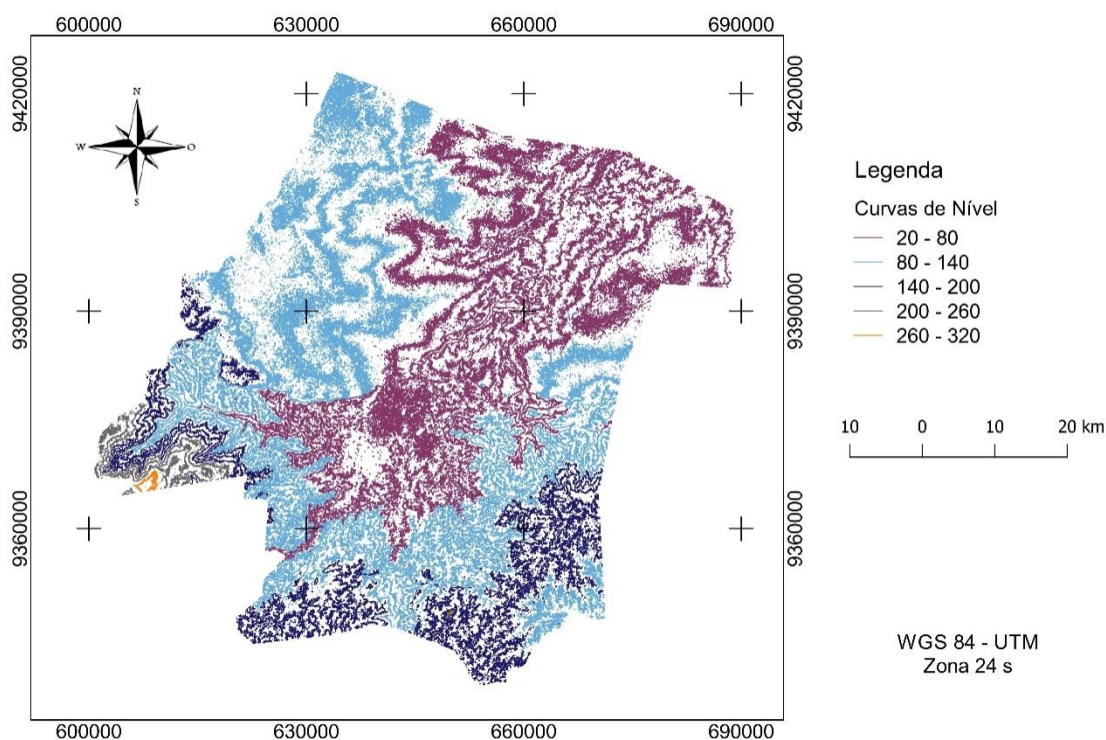
| Varição          | Nota |
|------------------|------|
| 1 Curva          | 5    |
| 2 Curvas         | 3    |
| 3 ou mais Curvas | 1    |

Fonte: Autoria própria (2018).

As curvas foram obtidas através da imagem da área fornecida pelo ASTER GDEM, com pixel de 30 m x 30 m. Essas foram espaçadas de 20 em 20 metros, de

modo que a presença de muitas curvas contida nos pontos avaliados, geraria menor pontuação (FIGURA 10).

Figura 10: Curvas de Nível da Região



Fonte: Autoria própria (2018).

Dentre os solos encontrados na Chapada do Apodi, foi feita a classificação segundo a textura, atribuindo maior peso ao ponto com menor permeabilidade (QUADRO 7). Pois segundo a norma o material deve apresentar permeabilidade inferior a  $10^{-6}$  cm/s e zona não saturada de espessura superior a 3,0 m (BRASIL, 1997).

Quadro 7: Textura dos Solos

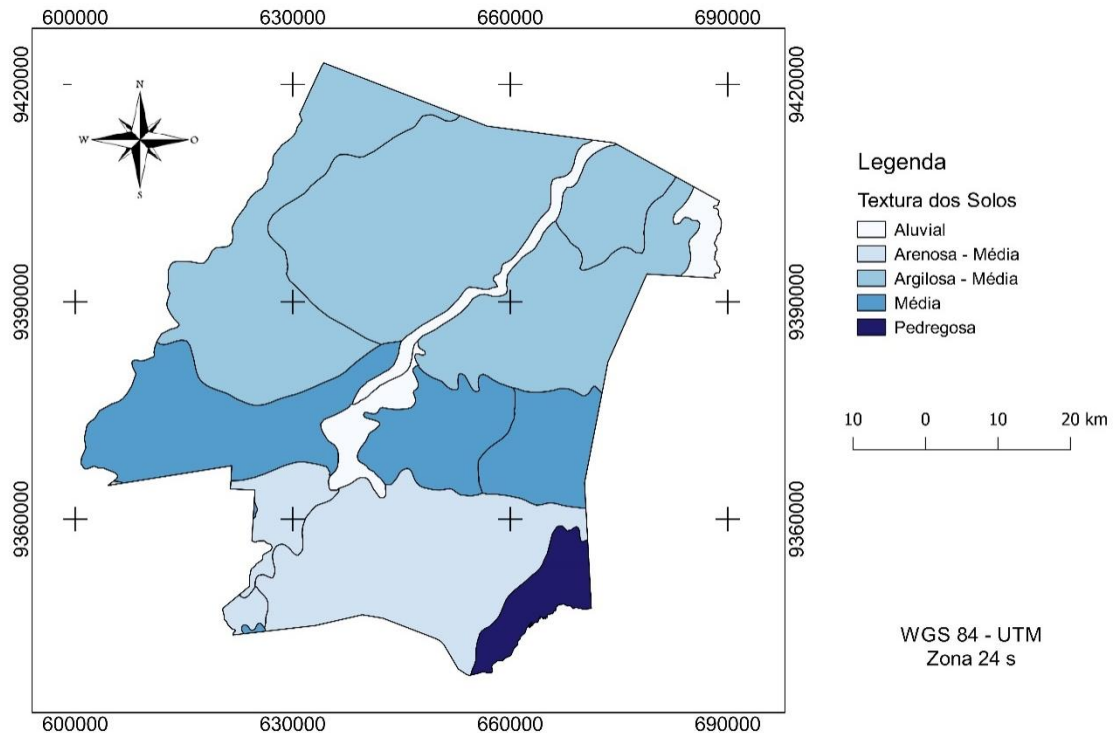
| Variação         | Nota |
|------------------|------|
| Aluvial          | 0    |
| Pedregosa        | 1    |
| Arenosa - Média  | 2    |
| Média            | 3    |
| Argilosa - Média | 5    |

Fonte: Autoria própria (2018).

Os solos encontrados foram agrupados em cinco classes segundo sua textura predominante (FIGURA 11). Notou-se que os solos aluviais, em particular, são

solos com grande retenção de água, o que impede a construção nesse tipo de material. Por esse motivo, a nota atribuída a esse solo foi nula.

Figura 11: Classificação dos Solos



Fonte: Autoria própria (2018).

Os solos mais presentes na região foram solos de textura argilosa média, esse apresenta menor permeabilidade, sendo, portanto, o mais adequado para as necessidades do aterro.

#### 4.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA

Esse tópico, refere-se a análise dos dados antes da criação do modelo matemático, que será abordado na sequência.

Os 60 pontos dispostos na microrregião da Chapada do Apodi foram avaliados, de acordo com os critérios adotados, e suas notas estão distribuídas na Tabela 1.

Tabela 1: Pontuação atribuída aos critérios

| Sítio                                                     | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | Sítio                                   | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|-----------------------------------------|----|----|----|----|----|
| 1                                                         | 5  | 1  | 5  | 5  | 5  | 31                                      | 3  | 3  | 0  | 3  | 0  |
| 2                                                         | 5  | 1  | 5  | 5  | 5  | 32                                      | 5  | 1  | 1  | 3  | 3  |
| 3                                                         | 5  | 3  | 3  | 3  | 5  | 33                                      | 5  | 5  | 0  | 3  | 3  |
| 4                                                         | 5  | 3  | 5  | 5  | 5  | 34                                      | 5  | 3  | 2  | 1  | 3  |
| 5                                                         | 5  | 5  | 0  | 3  | 0  | 35                                      | 5  | 1  | 2  | 1  | 3  |
| 6                                                         | 5  | 1  | 5  | 3  | 5  | 36                                      | 5  | 1  | 3  | 3  | 3  |
| 7                                                         | 5  | 1  | 5  | 3  | 5  | 37                                      | 5  | 3  | 0  | 1  | 2  |
| 8                                                         | 5  | 1  | 5  | 3  | 5  | 38                                      | 3  | 1  | 0  | 3  | 2  |
| 9                                                         | 5  | 1  | 5  | 5  | 5  | 39                                      | 5  | 1  | 0  | 1  | 2  |
| 10                                                        | 3  | 1  | 5  | 3  | 5  | 40                                      | 5  | 3  | 0  | 1  | 2  |
| 11                                                        | 5  | 3  | 5  | 5  | 5  | 41                                      | 1  | 1  | 0  | 1  | 3  |
| 12                                                        | 5  | 3  | 3  | 3  | 5  | 42                                      | 3  | 1  | 1  | 3  | 1  |
| 13                                                        | 5  | 1  | 5  | 3  | 5  | 43                                      | 5  | 1  | 2  | 1  | 3  |
| 14                                                        | 3  | 1  | 5  | 5  | 5  | 44                                      | 5  | 1  | 3  | 3  | 3  |
| 15                                                        | 1  | 3  | 3  | 3  | 5  | 45                                      | 5  | 0  | 0  | 1  | 2  |
| 16                                                        | 5  | 3  | 5  | 3  | 5  | 46                                      | 5  | 3  | 5  | 3  | 5  |
| 17                                                        | 5  | 3  | 5  | 3  | 5  | 47                                      | 5  | 1  | 0  | 3  | 2  |
| 18                                                        | 5  | 1  | 5  | 3  | 5  | 48                                      | 3  | 5  | 0  | 3  | 1  |
| 19                                                        | 5  | 1  | 5  | 5  | 5  | 49                                      | 5  | 3  | 3  | 5  | 2  |
| 20                                                        | 1  | 5  | 3  | 5  | 3  | 50                                      | 5  | 3  | 0  | 3  | 2  |
| 21                                                        | 5  | 3  | 5  | 3  | 5  | 51                                      | 5  | 3  | 0  | 3  | 2  |
| 22                                                        | 5  | 3  | 5  | 5  | 5  | 52                                      | 1  | 5  | 0  | 3  | 2  |
| 23                                                        | 5  | 3  | 5  | 5  | 5  | 53                                      | 5  | 3  | 0  | 5  | 2  |
| 24                                                        | 1  | 3  | 5  | 3  | 3  | 54                                      | 5  | 3  | 0  | 1  | 2  |
| 25                                                        | 3  | 3  | 0  | 5  | 0  | 55                                      | 5  | 3  | 0  | 3  | 2  |
| 26                                                        | 3  | 1  | 0  | 3  | 3  | 56                                      | 1  | 1  | 3  | 3  | 5  |
| 27                                                        | 5  | 1  | 5  | 3  | 5  | 57                                      | 5  | 0  | 3  | 3  | 5  |
| 28                                                        | 5  | 3  | 5  | 1  | 5  | 58                                      | 5  | 5  | 5  | 3  | 5  |
| 29                                                        | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 59                                      | 3  | 3  | 5  | 3  | 5  |
| 30                                                        | 1  | 3  | 0  | 1  | 3  | 60                                      | 3  | 1  | 5  | 5  | 5  |
| C1 – Centros Urbanos;<br>C3 – Hidrografia;<br>C5 – Solos. |    |    |    |    |    | C2 – Estradas;<br>C4 – Curvas de Nível; |    |    |    |    |    |

Fonte: Autoria Própria (2018).

Analisando a Tabela 1, é possível perceber que, com relação ao critério C1 referente aos Centros Urbanos, mais da metade dos sítios observados, 43, apresentou pontuação máxima equivalente a 5 pontos, mostrando adequabilidade nesse sentido.

Quanto ao aspecto das Estradas, critério C2, apenas 6 sítios exibiram nota máxima, ou seja, 5 pontos; e 2 apresentaram pontuação mínima, que, para essa situação, foi de 0 pontos.

No quesito Hidrografia, critério C3, pode-se notar que pouco menos da metade dos sítios, 26, demonstrou atender, com êxito, ao critério. Em contrapartida, 20 sítios obtiveram pontuação nula, significando que essas áreas não seriam apropriadas para implementação do aterro sanitário.

Quando se observou as Curvas de Nível, C4, percebeu-se que apenas 16 sítios atendiam ao item que representava a condição mais favorável, com nota atribuída de 5 pontos.

Em se tratando dos Solos, C5, notou-se que metade dos pontos alcançou nota máxima para essa condição, 5 pontos, revelando-se propício ao quesito. Entretanto, 3 sítios zeraram essa condição, mostrando-se inadequados.

A Tabela 2 apresenta o percentual relativo a cada ponto, após a soma dos critérios e aplicação desse total na (Equação 1).

Tabela 2: Percentual dos sítios

| Sítios | Percentual (%) | Sítios | Percentual (%) | Sítios | Percentual (%) |
|--------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|
| P1     | 82,65          | P21    | 82,65          | P41    | 17,4           |
| P2     | 82,65          | P22    | 91,35          | P42    | 30,45          |
| P3     | 73,95          | P23    | 91,35          | P43    | 43,5           |
| P4     | 91,35          | P24    | 56,55          | P44    | 56,55          |
| P5     | 47,85          | P25    | 39,15          | P45    | 26,1           |
| P6     | 73,95          | P26    | 34,8           | P46    | 82,65          |
| P7     | 73,95          | P27    | 73,95          | P47    | 39,15          |
| P8     | 73,95          | P28    | 82,65          | P48    | 43,5           |
| P9     | 82,65          | P29    | 65,25          | P49    | 69,6           |
| P10    | 65,25          | P30    | 26,1           | P50    | 47,85          |
| P11    | 91,35          | P31    | 30,45          | P51    | 47,85          |
| P12    | 73,95          | P32    | 47,85          | P52    | 39,15          |
| P13    | 73,95          | P33    | 60,9           | P53    | 56,55          |
| P14    | 73,95          | P34    | 52,2           | P54    | 39,15          |
| P15    | 56,55          | P35    | 43,5           | P55    | 47,85          |
| P16    | 82,65          | P36    | 56,55          | P56    | 47,85          |
| P17    | 82,65          | P37    | 39,15          | P57    | 60,9           |
| P18    | 73,95          | P38    | 30,45          | P58    | 91,35          |
| P19    | 82,65          | P39    | 30,45          | P59    | 73,95          |
| P20    | 65,25          | P40    | 39,15          | P60    | 73,95          |

Foram calculadas as medidas de tendências centrais com o objetivo de caracterizar os resultados descritos na tabela, de modo a identificar valores que apareçam com mais frequência, representando melhor a amostra.

Com base na média obtida, 60,25%, notou-se que esse valor está situado entre as amplitudes máxima e mínima, 91,37% e 17,4%, respectivamente. Com base naquele dado, percebeu-se que pouco mais da metade dos pontos, 31 especificamente, demonstrou-se acima da média.

A mediana corresponde ao valor central da distribuição ordenada, mas, diferentemente da média, não é influenciada por valores extremos. Para essa situação, apresentou valor de 60,9%. Pouco menos da metade, 29 pontos, obtiveram porcentagem superior a mediana.

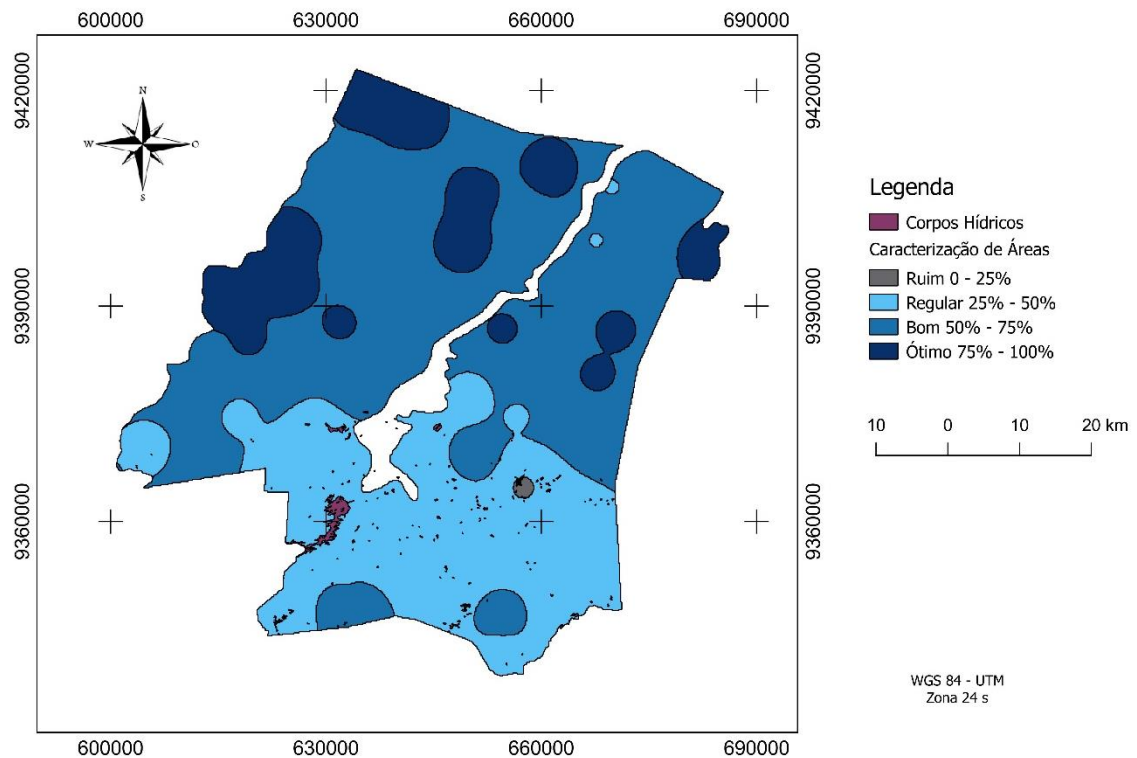
A moda se refere ao valor que aparece com maior frequência, este corresponde a 73,95%. Ela, por sua vez, só pode ser usada como valor de tendência central, se apenas um valor da série ocorrer com mais frequência.

Optou-se, por fim, por utilizar a média como medida de tendência central, já que é a mais indicada quando se tem uma distribuição aproximadamente simétrica e se deseja um valor de medida exata.

#### 4.3 ANÁLISE ESPACIAL

Como os sítios não conseguiram abranger a área estudada, em sua totalidade; foi feita a interpolação dos pontos para analisar a aptidão de toda a área da microrregião da Chapada do Apodi. O resultado da interpolação foi o mapa temático representado na Figura 12.

Figura 12: Classificação das áreas interpoladas



Fonte: Autoria Própria (2018).

No mapa (FIGURA 12), as feições de Solos Aluviais foram descartadas, já que esse não são propícios para a construção do aterro, por suas características de retenção de água. As feições de Corpos Hídricos também foram desconsideradas. As áreas foram divididas em 4 classes, onde classificou a aptidão das áreas.

Regiões com pontuação entre 0 e 25% foram consideradas “Ruins” para esse tipo de construção. Aquelas inseridas entre 25% e 50% foram consideradas “Regulares”, mas essas áreas mais ao sul apresentam grandes quantidades de corpos hídricos, também derivados do terreno cristalino, que constitui essa região, favorecendo essas formações hídricas. Por conta disso, esses dois grandes grupos foram considerados inapropriados para receber um aterro sanitário.

O grupo incluído no percentual de 50% a 75% foi identificado como “Bom” e o intervalo de 75% a 100% foi classificado com “Ótimo”. Ambos os casos revelam boa suscetibilidade para incorporar um aterro.

Tabela 3: Área ocupada por cada classe de região

| Região  | Área Disponível (km <sup>2</sup> ) | Porcentagem (%) |
|---------|------------------------------------|-----------------|
| Ruim    | 5,95                               | 0%              |
| Regular | 1277,35                            | 32%             |
| Boa     | 2088,27                            | 53%             |
| Ótima   | 561,01                             | 14%             |

Fonte: Autoria Própria (2018).

Na Tabela 3 consta o valor das áreas agrupadas de acordo com as regiões atribuídas à Figura 12. A região “Ruim” apresenta área disponível de 5,95 km<sup>2</sup>, e com relação à área disponível, exibiu valor irrisório. É possível perceber que, 67% das áreas, são mais susceptíveis a receber um aterro sanitário, esse percentual corresponde a soma das regiões “Boa” e “Ótima”.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Obras como a de um aterro sanitário podem causar grandes impactos ambientais, sociais e econômicos. Com intuito de mitigar esses danos, é importante que haja observância de todos os parâmetros, que envolvem a construção e utilização do aterro, ou de, pelo menos, boa parte deles. A análise de critérios múltiplos contribui de forma significativa para que se consiga um bom estudo de viabilidade.

Percebeu-se que o modelo geoespacial, decorrente da análise proposta, apresentou resultado satisfatório, conseguindo determinar as áreas com potencial para receber um aterro sanitário. Constatando que o uso de geotecnologias livres e gratuitas pode ser um aliado no auxílio à tomada de decisões. Contudo, é indicado que se faça reconhecimento da área e estudo mais detalhado para assim fazer a definição das áreas mais propícias.

As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento das etapas foram suficientes para processar, transformar e aperfeiçoar dados, facilitando a análise e interpretação dos parâmetros, permitindo a avaliação de vários critérios, tornando o estudo mais confiável. Sem elas, não seria possível alcançar os objetivos estabelecidos.

Diante disso, notou-se que o modelo pode ser aplicado para seleções diversas, desde que haja conhecimento do que se deseja e que se disponha de dados suficientes para análise.

## REFERÊNCIAS

Análise Espacial (Interpolação). QGIS, Tim Sutton (2009). Disponível em: [https://docs.qgis.org/2.8w/pt\\_BR/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/2.8w/pt_BR/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html). Acesso em: 14 jun. 2018.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 63p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**. Aterros para resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997. 12p.

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2015. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

ALBUQUERQUE, J. B. T. **Resíduos Sólidos: teoria – jurisprudência – legislação – prática**. 1. Ed. Leme/SP: Independente, 2011.

BARCIOTTE, M. L. **Coleta seletiva e minimização de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem integradora**. São Paulo (SP); 1994. [Tese de Doutorado - Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP].

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Rio Grande do Norte- população- censo 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/panorama>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente – IDEMA. Rio Grande do Norte, perfil do seu município. 2008. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=875&ACT=&PAGE=3&PARM=&LBL=>>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras

providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ Ato2011-2014/2011/Lei/L12405.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2011-2014/2011/Lei/L12405.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. **Ministério do Meio Ambiente**, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. RESOLUÇÃO nº 404, de 11 de novembro de 2008. Resoluções do CONAMA, p 874-876. Acesso em: 31 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH. **Relatório Síntese** – Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte - PEGIRS/ RN. Natal (RN), 2012. 158 p. Acesso em: 30 ago. 2018.

BROLLO, M. J.; SILVA, M. M. **Política e gestão ambiental em resíduos sólidos**. Revisão e análise sobre a atual situação no Brasil. Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333 p.

CALIJURI, L. M.; MELO, A. L. de O.; LORENTZ, F. J. **Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão**. Informação pública, v. 4, n. 2, p. 231-250, 2002.

CÂMARA, G. et al. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação**. (Ed.) Introdução à ciência da geoinformação, São José dos Campos: INPE. 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap2-conceitos.pdf>> Acesso em: dezembro de 2017.

CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo, 2018. 4ª ed. 374 p.

COPAM, Deliberação Normativa nº 07, de 19 de abril de 1994. **Licenciamento ambiental de Obras de Saneamento**. Acesso em: 31 ago. 2018.

COSTA, B. S.; RIBEIRO, J. C. J. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013. Acesso em 12 jun. 2018.

FELICORI, T. de C. et al. **Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [s.l.], v. 21, n. 3, p.547-560, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n3/1809-4457-esa-21-03-00547.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

FREIRE, F. H. M. A.; CLEMENTINO, M. L. M. **O Rio Grande do Norte e sua região metropolitana no Censo de 2010**. Observatório das Metrôpoles- Núcleo de Natal. Natal, 18 p., agosto de 2011.

- GALLARDO, S. M. A. G. **O problema da disposição inadequada de resíduos sólidos no Brasil**. 2015. Disponível em: <[https://www4.tce.sp.gov.br/sites/tcesp/files/downloads/o\\_problema\\_da\\_disposicao\\_inadequada\\_de\\_residuos\\_solidos\\_no\\_brasil.pdf](https://www4.tce.sp.gov.br/sites/tcesp/files/downloads/o_problema_da_disposicao_inadequada_de_residuos_solidos_no_brasil.pdf)>. Acesso em 10 jun. 2018
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.
- IOCHPE, C.; LISBOA, J. F. **Introdução a sistemas de informações geográficas com ênfase em banco de dados**. Recife – PE, ago. 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2018.
- JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**. Caxambu, set. 2006. Disponível em: <<http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/metodosinterpolacao.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2018.
- LINO, I. S. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa de métodos**. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007. 99 p.
- MANCINI, S. D. **Dimensionamento de Aterros Sanitários**. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, 2016. 26 p.
- MENDES, F. S. et al. **Utilização da Metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) na Mensuração da Importância das Características Empreendedoras** - um Estudo em um Curso de Engenharias de Volta Redonda. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2014. 11 p. Acesso em: 31 ago. 2018.
- MONTEIRO, José Henrique Penido et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor ZularZveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- PEGIRS - **RELATÓRIO 3 - Definição de critérios, construção de cenários e definição de metodologia para a escolha do cenário ideal do novo modelo de gestão integrada e regionalizada**. Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PEGIRS/RNSEMARH. Natal, 2010.
- PERALTA, L. R.; ANTONELLO, I. T. **O desafio enfrentado pelos municípios de pequeno porte para atender à política nacional de resíduos sólidos: o uso do consórcio intermunicipal**. São Paulo, out. 2015. Disponível em: <<http://www.enanpege.ggf.br/2015/anais/arquivos/12/379.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2018.
- PHILIPPI, A. J. **Sistema de resíduos sólidos: coleta e transporte no meio urbano**. São Paulo (SP); 1979. [Dissertação de Mestrado – Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP].
- POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. **Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Paulo (SP)**. Engenharia sanitária ambiental, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 411 – 420, jul./set. 2009.

PORTAL RESÍDUOS, 2017. **SITUAÇÃO ATUAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/situacao-atual-dos-rs-no-brasil/>>. Acesso em: 2 ago. 2018.

PORTELLA, M. O.; RIBEIRO, J. C. J. **Aterros sanitários**: aspectos gerais e destino final dos resíduos. Revista Direito Ambiental e sociedade, v. 4, n. 1, 2014 (p. 115-134).

QREN, Observatório. **A Avaliação do Desenvolvimento Socioeconômico, MANUAL TÉCNICO II: Métodos e Técnicas Instrumentos de Enquadramento das Conclusões da Avaliação: Análise Multicritério**. Disponível em: <[http://www.observatorio.pt/item1.php?lang=0&id\\_page=548](http://www.observatorio.pt/item1.php?lang=0&id_page=548)>. Acessado em 10 jun. 18.

SILVA, A. D. B. **Sistema de Informações Georreferenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: UNICAMP, 2003. 240 p.

SILVA, K. T. **Projeto de um aterro sanitário de pequeno porte**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015922.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2018.

SILVA, T. F. **Estudo de mistura de solos para impermeabilização eficiente de camada de base de aterros sanitários**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2017.

TEIXEIRA, A. et. al. **Qual a melhor definição de SIG**. Revista FATOR GIS, n. 11, 1995. Acesso em: 04 set. 2018.

VOOGD, J. H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. Technische Universiteit Eindhoven. DOI: 10.6100/IR102252. January 1982.

ZAIDAN, R. T. **GEOPROCESSAMENTO CONCEITOS E DEFINIÇÕES**. Revista de Geografia-PPGEO-UFJF, v. 7, n. 2, 2017.