

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**KAROLINE ALENDE SOARES**

**GEORREFERENCIAMENTO APLICADO À EXPLORAÇÃO DE RECURSOS  
ENERGÉTICOS NO POLO DE AGRICULTURA IRRIGADA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA – RS**

**Alegrete  
2024**

**KAROLINE ALENDE SOARES**

**GEORREFERENCIAMENTO APLICADO À EXPLORAÇÃO DE RECURSOS  
ENERGÉTICOS NO POLO DE AGRICULTURA IRRIGADA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA – RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof Dr.<sup>a</sup> Natalia Braun Chagas

**Alegrete  
2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S676g Soares, Karoline Alende

Georreferenciamento aplicado à exploração de recursos  
energéticos no polo de agricultura irrigada na bacia  
hidrográfica do rio Santa Maria - RS / Karoline Alende  
Soares.

58 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA ELÉTRICA, 2024.  
"Orientação: Natalia Braun Chagas".

1. Georreferenciamento. 2. Software ArcGIS. I. Título.

**KAROLINE ALENDE SOARES**

**GEORREFERENCIAMENTO APLICADO À EXPLORAÇÃO DE RECURSOS  
ENERGÉTICOS NO POLO DE AGRICULTURA IRRIGADA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA – RS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharela em  
Engenharia Elétrica.

Trabalho defendido e aprovado em: 9 de dezembro de 2024.

Banca examinadora:

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Natalia Braun Chagas

Orientadora

UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Giovani Guarienti Pozzebon

UNIPAMPA

---

Dr. José Wagner Maciel Kaehler



Assinado eletronicamente por **NATALIA BRAUN CHAGAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2024, às 14:29, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **GIOVANI GUARIENTI POZZEBON, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2024, às 15:58, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **José Wagner Maciel Kaehler, Usuário Externo**, em 20/12/2024, às 06:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1615902** e o código CRC **85CC4748**.

---

## RESUMO

As geotecnologias são cada vez mais utilizadas em diversas áreas, pois facilitam o monitoramento e gerenciamento de uma determinada região. Desta forma, este trabalho possui como objetivo mostrar as geotecnologias utilizadas atualmente para a elaboração de mapas georreferenciados. O presente trabalho apresenta conceitos de cartografia que são necessários para a padronização dos mapas, entre os conceitos pode-se citar a projeção universal transversa de Mercator (UTM). Além disso, é delineada uma comparação entre as geotecnologias utilizadas na criação de um sistema de informações georreferenciados (SIG) com enfoque nos *softwares* QGIS e ArqGIS mostrando as suas principais diferenças, assim fica claro que o ArcGIS é o software mais completo e de fácil manuseio, pois os seus aplicativos são todos interligados, além de possuir ferramentas avançadas para a elaboração de mapas. Posteriormente é apresentado os aplicativos do *software* ArcGIS e suas funções. Finalmente é delineado a estrutura da metodologia da criação do SIG, onde verifica-se cada etapa de coleta de informações para a criação do banco de dados, levando em conta a oferta, demanda e o potencial energético da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria. O trabalho possui como finalidade apresentar os potenciais energéticos renováveis que podem ser explorados pelas propriedades da região, afim de suprir toda a demanda elétrica das propriedades.

Palavras-Chave: Georreferenciamento, cartografia, *software* ArqGIS.

## ABSTRACT

Geotechnologies are increasingly used in various areas, as they facilitate the monitoring and management of a given region. Therefore, this work aims to show the geotechnologies currently used to create georeferenced maps. The present work presents cartography concepts that are necessary for the standardization of maps, among the concepts we can mention the universal transverse Mercator projection (UTM). Furthermore, a comparison is outlined between the geotechnologies used in the creation of a georeferenced information system (GIS) with a focus on QGIS and ArqGIS software, showing their main differences, so it is clear that ArcGIS is the most complete and easy-to-use software. , as its applications are all interconnected, in addition to having advanced tools for creating maps. Later, ArcGIS software applications and their functions are presented. Finally, the structure of the GIS creation methodology is outlined, where each stage of information collection for the creation of the database is verified, taking into account the supply, demand and energy potential of the Santa Maria River basin. The purpose of the work is to present the renewable energy potentials that can be explored by properties in the region, in order to meet the entire electrical demand of the properties.

Keywords: Georeferencing, cartography, ArqGIS software.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da bacia.....	14
Figura 2 – Poligonal de concessão das concessionárias.....	15
Figura 3 - Representação da latitude e longitude.....	19
Figura 4 - (a) Meridianos e (b) Paralelos.....	20
Figura 5 - Representação das coordenadas UTM.....	21
Figura 6 - Fusos UTM.....	23
Figura 7 - Escala (a) Gráfica e (b) Numérica.....	24
Figura 8 - Relação entre escala, área mapeada, detalhamento da informação e generalização.....	24
Figura 9 - Segmentos do sistema GPS.....	27
Figura 10 - Interface do ArcMap.....	31
Figura 11 - Interface do ArcCatalog.....	33
Figura 12 - Interface do ArcScene.....	34
Figura 13 - Interface do ArcGlobe.....	35
Figura 14 - Exemplo de dados (a) vetorial e (b) raster.....	38
Figura 15 - Base de dados e suas fases criterial.....	39
Figura 16 - Fluxograma proposto.....	42
Figura 17 - Hidrografia da bacia.....	44
Figura 18 - Hidrografia da região.....	45
Figura 19 - Hidrografia da propriedade rural.....	46
Figura 20 - Cargas existentes geolocalizadas na propriedade rural.....	47
Figura 21 - Talhão 1, 2, 3, 4 e 7.....	50
Figura 22 - Talhão 5 e 6.....	50

Figura 23 - Intensidade do vento na bacia.....	51
Figura 24 - Irradiação solar no estado.....	52
Figura 25 - Irradiação solar no primeiro semestre do ano na bacia.....	53
Figura 26 - Irradiação solar no segundo semestre do ano na bacia.....	53

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Elipsoides de referência.....	25
Tabela 2 - Licença e fonte dos softwares.....	28
Tabela 3 - Sistema operacional dos softwares.....	28
Tabela 4 - Área de cada pivô.....	47
Tabela 5 - Características hidráulicas e produtividade das áreas irrigadas com pivô.....	48
Tabela 6 - Divisões dos talhões na propriedade.....	48
Tabela 7 - Demanda dos talhões.....	49
Tabela 8 - Demanda energética no processo de secagem e armazenamento de grãos.....	54

## **LISTA DE SIGLAS**

AUSM - Associação dos Usuários das Águas do Rio Santa Maria

DoD - Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América

GPS – Sistema de Posicionamento Global

SIG – Sistema de Informações Geográficas

Ha – Hectares

IFN – Inventário Florestal Nacional

## SUMÁRIO

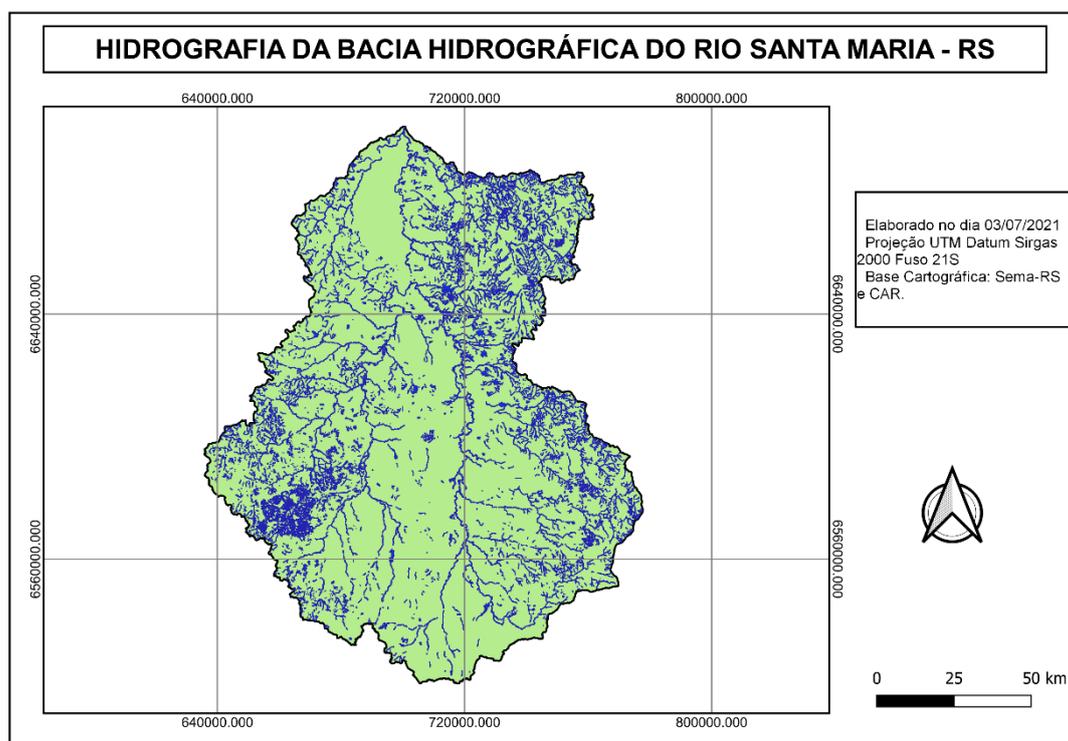
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Justificativa</b> .....	16
<b>1.2 Objetivos</b> .....	17
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	17
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	17
<b>2. GEOTECNOLOGIAS</b> .....	18
<b>2.1 Cartografia</b> .....	18
<b>2.1.1 Sistemas de coordenadas</b> .....	19
<b>2.1.2 Escala</b> .....	23
<b>2.1.3 DATUM</b> .....	25
<b>2.1.4 Sistemas de posicionamento global - GPS</b> .....	26
<b>2.2 Comparação entre os softwares disponíveis</b> .....	27
<b>2.2.1 Comparação entre os softwares ArcGIS e QGIS</b> .....	29
<b>2.3 Software ArcGIS</b> .....	30
<b>2.3.1 ArcMap</b> .....	31
<b>2.3.3 ArcScene</b> .....	33
<b>2.3.4 ArcGlobe</b> .....	34
<b>2.3.5 Conversão entre formatos</b> .....	35
<b>2.4 Considerações finais do capítulo</b> .....	36
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	37
<b>3.1 Introdução ao SIG</b> .....	37
<b>3.1.1 Tipos de camada</b> .....	38
<b>3.2 Base de dados para gestão de energia</b> .....	38
<b>3.3 Formulação do problema</b> .....	41
<b>3.4 Sistema proposto</b> .....	42
<b>4. RESULTADOS</b> .....	44
<b>4.1 Potencial hidráulico</b> .....	44
<b>4.2 Sistema de irrigação com pivô</b> .....	46
<b>4.3 Potenciais de demanda de energia na propriedade</b> .....	48
<b>4.4 Potencial de biomassa</b> .....	51
<b>4.5 Potencial eólico</b> .....	51
<b>4.6 Potencial Solar</b> .....	52

<b>4.7</b>	<b>Demanda de energia</b> .....	<b>54</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Agroindústria</b> .....	<b>54</b>
<b>4.7.2</b>	<b>Demanda de energia para o cultivo de cereais</b> .....	<b>55</b>
<b>4.8</b>	<b>Considerações finais do capítulo</b> .....	<b>55</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Polo de Irrigação da Bacia do Rio Santa Maria - RS possui como premissa a construção das barragens nos arroios de Taquarembó (116 hm<sup>3</sup>) e Jaguari (122 hm<sup>3</sup>), beneficiando a produção rural dos municípios de Dom Pedrito, Rosário do Sul, Santana do Livramento, São Gabriel, Lavras do Sul e Cacequi, podendo-se verificar na Figura 1 o mapa de localização da bacia.

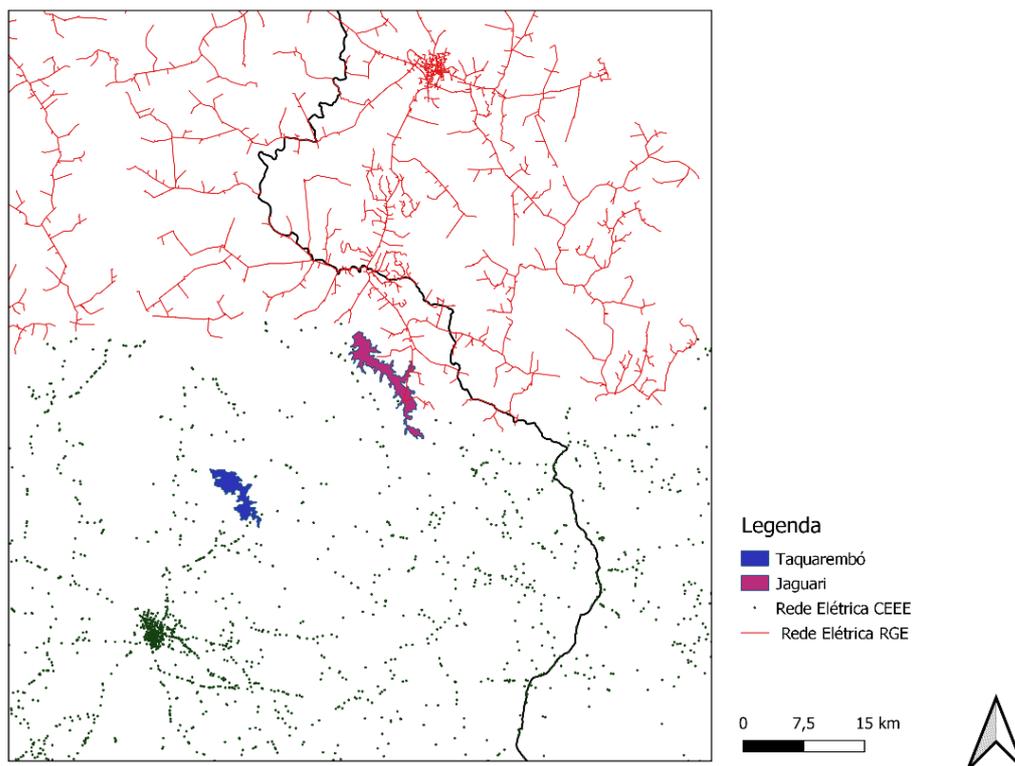
Figura 1 - Mapa de localização da bacia.



Fonte: Autor.

Nesta localidade constata-se uma forte deficiência no fornecimento de energia elétrica, pois o Polo situa-se na divisória da poligonal de concessão entre as concessionárias RGE e a CEEE-D (grupo Equatorial), como pode ser visto na Figura 2. Isto implica numa carência de suprimento de energia de parte das duas concessionárias, induzindo os produtores rurais na utilização de sistemas diesel para atender boa parte da demanda energética de irrigação, secagem e armazenamento de grãos.

Figura 2 – Poligonal de concessão das concessionárias.



Fonte: Autor.

Desta forma, se faz necessário repensar os sistemas de suprimento energético da área compreendida pelo Polo, através da análise e a avaliação das cargas rurais atuais em termos de localização e de perfil de uso. Com base neste procedimento será proposto a construção ou/e reforço dos alimentadores e ramais de distribuição de média tensão (MT) para atender adequadamente os usuários beneficiados pelas barragens. Com base nesses dados será realizada uma nova avaliação, não somente da capacidade de atendimento dos requisitos de energia elétrica, mas também verificar o potencial de geração distribuída dos recursos energéticos hidráulicos, solar, eólico e de biomassa disponível em cada propriedade rural ou agrupamento de propriedades. Assim será possível mapear a potencialidade de exploração destes recursos de forma descentralizada segundo critérios técnicos, econômicos, sociais e ambientais.

Este trabalho possui como objetivo realizar uma base cartográfica georreferenciada enfocando a questão energética da região, tanto pelo lado da oferta de energia, com a exploração dos recursos naturais renováveis na geração descentralizada de energia elétrica, como pelo lado de demanda de energia nos

processos produtivos e serviços energéticos de uso final no segmento rural. Com posse desses mapas será aplicado a metodologia do SIG (Sistema de Informações Geográficas) para a tomada de decisão.

Desta forma, serão apresentadas as geotecnologias que são utilizadas no tratamento dos dados espaciais para transformá-los em informação georreferenciada. Neste trabalho será utilizado o software ArqGIS, este será abordado com maior enfoque ao longo da revisão bibliográfica.

## **1.1 Justificativa**

Este trabalho tem por finalidade a elaboração dos mapas georreferenciados do Polo de Irrigação da Bacia do Rio Santa Maria e da concepção do SIG. Esta ferramenta possui um compilado de informações sobre a região, sendo estes altamente detalhados e com grande quantidade de detalhamentos. Desta forma pode-se analisar criteriosamente a capacidade de produção agropecuária das propriedades rurais, verificando a expansão de carga e o potencial energético existente.

A criação do SIG se faz necessária, pois a Associação dos Usuários das Águas do Rio Santa Maria – AUSM deseja capitalizar e otimizar os recursos hidráulicos que serão acumulados nas barragens de Taquarembó e de Jaguari para o benefício dos produtores rurais daquela localidade.

Para a elaboração do SIG no gerenciamento da bacia hidrográfica é necessário a realização de uma base cartográfica georreferenciada. Esta, por sua vez, contém as localizações das cargas atuais das propriedades, as redes de canais hidráulicos, os reservatórios, os potenciais energéticos renováveis (hidráulico, solar, eólico e de biomassa), a demanda das tecnologias inovadoras e da infraestrutura da região.

Os mapas georreferenciados são o alicerce na tomada de decisão em todos os níveis, desde o nível estratégico ao operacional. Através destes será possível definir como, por exemplo, se o reservatório será utilizado para a geração de energia elétrica ou se é conveniente utilizar apenas para o armazenamento de água para a irrigação.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Realização de uma base cartográfica com os dados dos processos produtivos e serviços energéticos de uso final e dos recursos energéticos disponíveis no Polo de Agricultura Irrigada na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – RS para a aplicação da metodologia do SIG.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Mapeamento georreferenciado das cargas elétricas e energéticas existentes;
- Mapeamento georreferenciado dos potenciais de demanda de energia com as tecnologias inovadoras de alta eficiência energética;
- Mapeamento georreferenciado das redes de canais de irrigação natural e dos reservatórios existentes (açudes e barragens) na região;
- Mapeamento georreferenciado dos potenciais eólico, fotovoltaico e de biomassa;
- Mapeamento georreferenciado das áreas de plantio em uso, em pouso ou que tenham potencial de serem implantadas.

## 2. GEOTECNOLOGIAS

As geotecnologias são cada vez mais utilizadas em diversas áreas, pois facilitam o monitoramento de uma área de interesse. Estas são aplicadas como, por exemplo, na saúde, na engenharia, no combate à fraude e no monitoramento ambiental.

Segundo (Fitz, 2018), as geotecnologias podem ser definidas como novas tecnologias que estão ligadas a geociência que são utilizadas para coletar, processar e analisar os dados espaciais e os transformar em informação georreferenciada. Desta forma, contribuem para o desenvolvimento de aplicações que auxiliam na leitura do espaço geográfico e na tomada de decisão.

Antes de apresentar as geotecnologias mais utilizadas atualmente, se faz necessário compreender os conceitos de cartografia. Na elaboração dos mapas cartográficos é essencial ter conhecimento sobre o DATUM (modelo matemático teórico da representação da superfície terrestre ao nível do mar), escala e sobre os sistemas de coordenadas, além das representações geométricas usualmente utilizadas na identificação dos elementos a serem georreferenciados.

### 2.1 Cartografia

Na literatura há diversas definições para a cartografia, pois é um conceito que sofreu várias alterações ao longo dos anos. Desta forma, pode-se compreender a cartografia como sendo um conjunto de operações científicas, artísticas e técnicas utilizadas para a representação da superfície terrestre por meio de mapas.

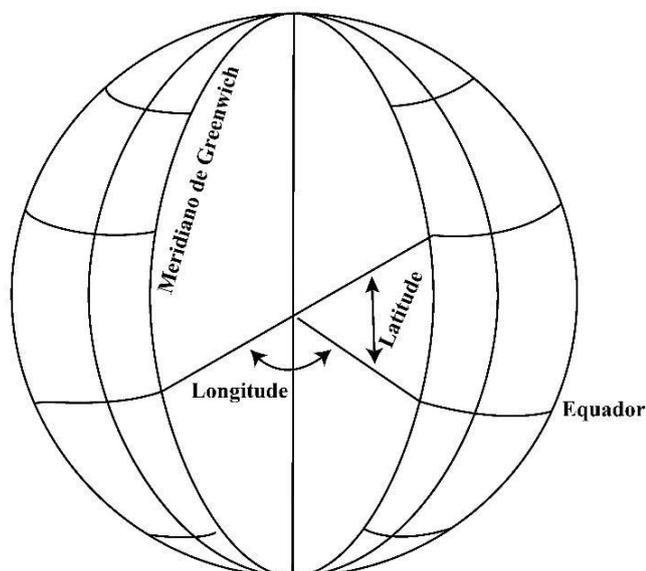
A palavra mapa é de origem cartaginesa que significa “toalha de mesa”. Historicamente na época os navegadores discutiam suas rotas e os locais de destino rabiscando sobre as toalhas (*mappas*) surgindo assim a denominação mapa.

Segundo (Rosa, 1996) define-se um mapa como sendo um desenho seletivo, convencional e generalizado de uma região de uma grande área vista de cima com uma escala reduzida, sendo delimitado por aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais e é necessário utilizar um sistema de coordenadas para a sua representação.

### 2.1.1 Sistemas de coordenadas

Segundo (Fitz, 2018) um sistema de coordenadas é definido por duas posições principais: a latitude e a longitude. A latitude pode ser definida como a distância angular entre o plano do equador e um ponto da superfície da Terra, sendo que possui uma variação de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  no sentido norte ou sul. A longitude é o ângulo formado entre um ponto da Terra com o meridiano de origem (normalmente o Meridiano de Greenwich), este possui uma variação de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  no sentido leste ou oeste deste meridiano. Na Figura 3 é mostrado a representação dos conceitos de latitude e longitude.

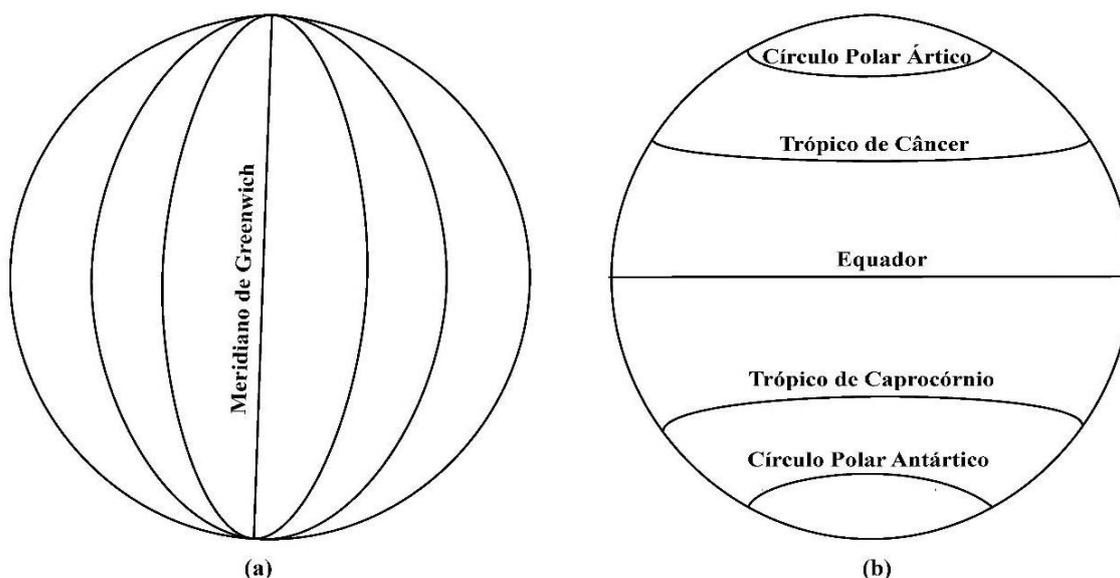
Figura 3 - Representação da latitude e longitude.



Fonte: Adaptado de FITZ,1996.

Outros dois conceitos são necessários salientar, os meridianos e os paralelos. O meridiano é definido como um dos círculos máximos que cortam a Terra em duas partes iguais passando pelos polos norte e sul. E paralelo é definido como cada círculo que corta a Terra perpendicularmente em relação aos meridianos. Na Figura 4 pode-se observar a representação dos meridianos e dos paralelos. Cada ponto de cruzamento entre um meridiano e um paralelo representa um ponto de coordenadas.

Figura 4 - (a) Meridianos e (b) Paralelos.



Fonte: Autor.

Os dois tipos de sistemas de coordenadas mais utilizados são: o sistema de coordenadas geográficas ou geodésicas e a projeção universal transversa de Mercator (UTM).

#### 2.1.1.1 Sistemas de coordenadas geográficas

No sistema de coordenadas geográficas cada ponto da superfície da terra é indicado na intersecção de um paralelo com um meridiano e as suas coordenadas são dadas através da longitude e latitude. Neste sistema de coordenadas é utilizada unidade de medida angular, isto é, graus ( $^{\circ}$ ), minutos ( $'$ ) e segundos ( $''$ ).

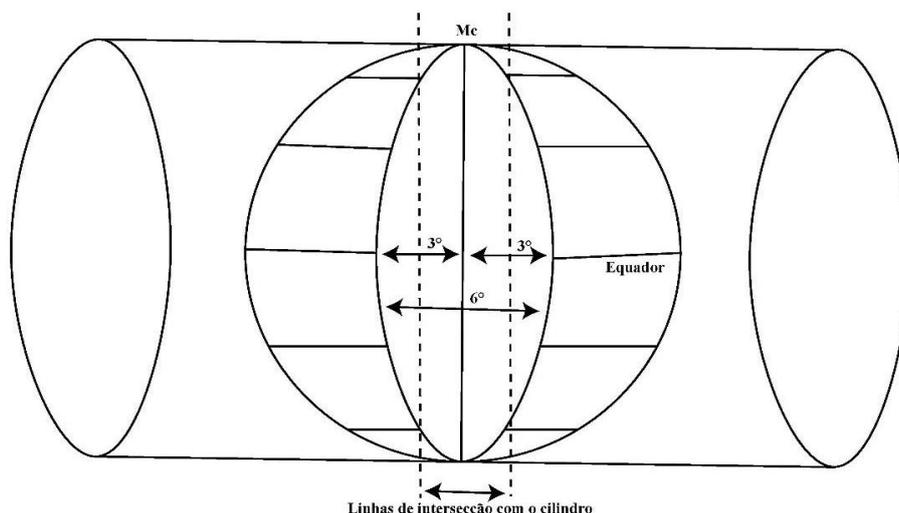
Estas coordenadas devem apresentar a indicação do hemisfério associado, ou seja, N ou S para a coordenada norte ou sul que indica a latitude ou ainda L ou O para as coordenadas leste e oeste, respectivamente, indicando a longitude. É convencional utilizar os sinais negativo e positivo para a indicação das coordenadas, sendo que as coordenadas nortes e leste são positivas e as coordenadas sul e oeste, negativas.

### 2.3.1.2 Sistemas de coordenadas UTM

Este sistema de coordenadas é uma projeção cartográfica cilíndrica da esfera terrestre onde o eixo do cilindro está no plano do equador. Sendo concebido através de paralelos retos e meridianos retos e equidistantes. Este sistema se caracteriza por adotar coordenadas métricas planas ou plano-retangulares, estas coordenadas possuem as suas especificações nas margens dos mapas.

Esta projeção é realizada com 60 cilindros secantes à superfície terrestre dividindo-o em 60 zonas de 6° cada. Assim, cada zona é delimitada em 3° para o oeste e 3° para o leste do meridiano central (Mc) como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Representação das coordenadas UTM.



Fonte: Autor.

A latitude dos fusos é limitada em 80° ao sul e 84° ao norte, pois para latitudes superiores as deformações seriam aumentadas. No sentido norte-sul o sistema é disposto em 4° e representado por letras do alfabeto em maiúsculo e de forma crescente, sendo que é incorporado o símbolo da latitude, ou seja, a primeira zona sul é simbolizada por SA e a segunda por SB, o mesmo vale para a primeira zona norte sendo simbolizada pôr NA e a segunda por NB.

A simbologia adotada é: N - para as coordenadas norte-sul e E - para as coordenadas leste - oeste. Desta forma, qualquer região será definida no sistema UTM pelo par de coordenadas E e N;

Todos os fusos possuem um meridiano central com uma taxa de deformação linear, o fator  $K = 0,9996$  para os pontos ao longo do meridiano central sendo denominado  $K_0$  e para qualquer outro ponto dentro do fuso o coeficiente de deformação linear é dado pela equação 1.

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 - (\cos \phi) \sin(\lambda - \lambda_0)}} \quad (1)$$

Onde:

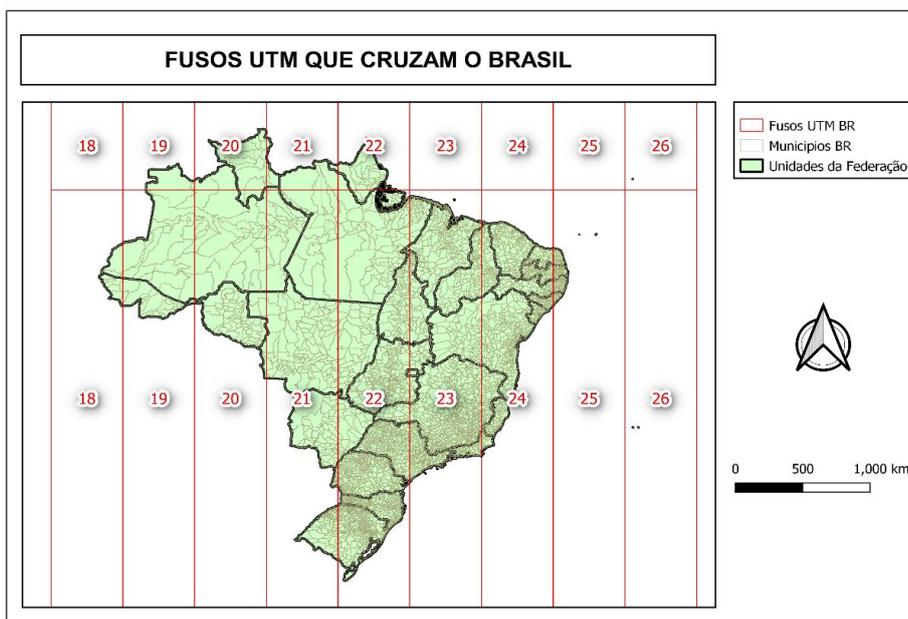
- $\lambda_0$  é o meridiano central do fuso;
- $\lambda$  é o meridiano do lugar;
- $\Phi$  é a latitude do lugar;
- $K_0$  é o coeficiente de deformação linear no meridiano central;
- $K$  é o coeficiente de deformação linear do lugar.

Para a representação usa-se o sinal positivo para as longitudes ao leste do meridiano de Greenwich e o sinal negativo para as longitudes ao oeste.

### 2.3.1.3 Utilização do sistema de coordenadas

Antes de iniciar um projeto no *software* é necessário escolher o sistema de coordenadas para manipular os dados georreferenciados. O sistema de coordenadas geográficas será utilizado quando a área de estudo é muito grande como, por exemplo, quando é realizada uma análise que abrange todo o Brasil, ou quando a área de interesse está entre dois fusos. A Figura 6 mostra os fusos que passam pelo Brasil, ao todo são 8 fusos.

Figura 6 - Fusos UTM.



Fonte: Autor.

O sistema de coordenadas UTM será utilizado quando a área de estudo está contida em apenas um único fuso. A projeção UTM é mais preciso que as coordenadas geográficas, possibilitando cálculos exatos.

### 2.1.2 Escala

Segundo (De Menezes, 2016), a escala de um mapa pode ser definida como sendo a razão entre a medida real e aquelas que representam a realidade. A escala cartográfica é um fator decisivo para demarcação do espaço físico, detalhamento e identificação das feições geográficas.

(De Menezes, 2016) ressalta que os conceitos de escala geográfica e de escala cartográficas são diferentes. A escala cartográfica está associada a representação de um fenômeno, isto é, representa as propriedades da informação e as suas respectivas características geográficas. Já a escala geográfica está associada a compreensão deste fenômeno.

Em geoprocessamento trabalha-se com a escala numérica e gráfica, a Figura 7 demonstra esses dois tipos de escalas. Na escala numérica o denominador representa a distância real e o numerador a distância no mapa. A

escala gráfica é uma representação linear, sendo dividida em partes que representam os comprimentos da área de estudo.

Figura 7 - Escala (a) Gráfica e (b) Numérica.



Fonte: Autor.

A Figura 8 mostra como estão relacionados os seguintes fatores: a escala do mapa, a área de mapeamento, o nível de detalhamento da informação e a generalização. Se a área de estudo for pequena, então a escala utilizada é grande, proporcionando um maior detalhamento das informações geográficas e vice versa.

Figura 7 - Relação entre escala, área mapeada, detalhamento da informação e generalização.



Fonte: Adaptado De Menezes, 2016.

### 2.1.3 DATUM

Como demonstrado por Isaac Newton a Terra não é um corpo rígido e está em um movimento de rotação, logo ela não deveria possuir um formato redondo, mas sim uma forma de elipsoide de revolução, sendo achatada nos polos. Porém pode-se verificar que a Terra não é um elipsoide perfeito ele contém deformações formando um geóide, podendo ser determinada por meio de medidas da aceleração da gravidade em diversos pontos da esfera terrestre.

Segundo (Silva, 2003), para representar um elipsoide é necessário conhecer os seus parâmetros, isto é, o seu semieixo maior (a) e o semieixo menor (b), este é paralelo ao eixo de rotação da Terra, ou o seu achatamento (e). A posição do elipsoide e a sua forma, constituem um conjunto de parâmetros que são chamados de Datum.

Na Tabela 1 são apresentados alguns elipsoides de referência, os seus semieixos e o achatamento.

Tabela 1 - Elipsoides de referência.

<b>Nome do Elipsoide</b>	<b>Semieixo maior (m)</b>	<b>Semieixo menor (m)</b>	<b>Achatamento</b>
Bessel 1841	6377397,16	6356078,96	0,00334277
Clarke 1880	6378249,15	6356514,87	0,00332445
Everest 1969	6377295,66	6356094,67	0,00332445
SGS 85	6378136,00	6356751,30	0,00335281
UGGI-79	6378137,00	6356752,31	0,00335281
GRS 1980	6378137,00	6356732,31	0,00335595

Fonte: Silva, 2003.

Ao decorrer do tempo surgiram vários elipsoides que buscam melhor definir o formato da Terra. Assim, com instrumentos geodésicos cada vez mais precisos novos valores de elipsoides são propostos. Porém cada parte do globo terrestre

possui suas particularidades, desta forma há elipsoides que melhor se ajustam a algum local específico e outros que conseguem definir a Terra como um todo.

Cada país possui um sistema geodésico de referência, no Brasil é o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) que utiliza o elipsoide GRS 1980. Este DATUM foi concebido para substituir o SAD-69 (Sistema Geodésico Sul-Americano de 1969), pois necessitava de um sistema de referência compatível com as técnicas de posicionamento por satélite como o GPS.

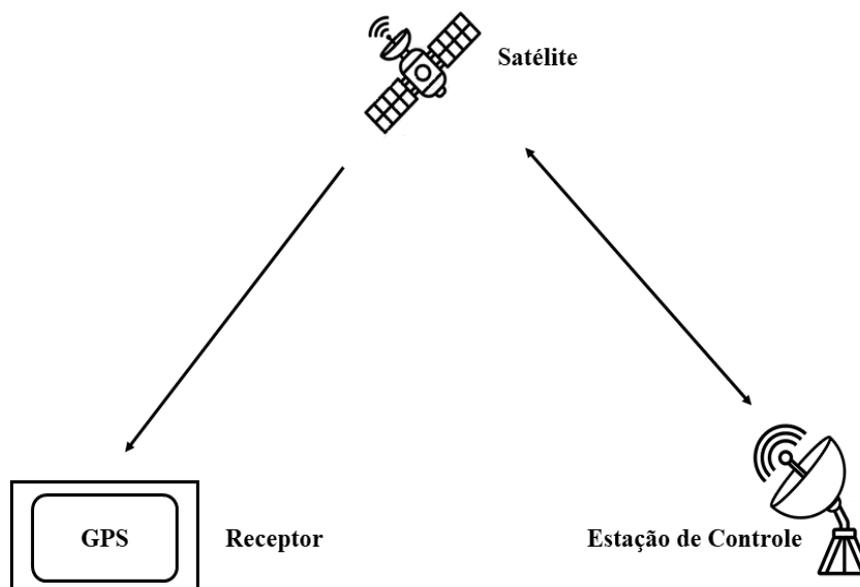
#### **2.1.4 Sistemas de posicionamento global - GPS**

O sistema de posicionamento global (GPS) consiste em um sistema de rádio navegação baseado no uso de satélites, este foi desenvolvido pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América (DoD) com o intuito de possibilitar ao usuário a sua exata localização em qualquer lugar do globo terrestre sob qualquer condição meteorológica (ROSA, 1996).

O GPS entrou em operação em 1991, sendo que em 1993 a constelação de satélites que o sistema utiliza foi finalizada. Esta constelação foi projetada para que existam pelo menos quatro satélites sobre o plano horizontal do observador (BERNARDI, 2002).

Este sistema é formado por três segmentos: o segmento espacial que é composto pelos satélites artificiais da terra, o segmento de controle que é composto pelas estações que mantêm o sistema em operação e o segmento dos usuários sendo composto pelos receptores que recebem os sinais dos satélites (PAZ, 1997). O esquema do funcionamento destes segmentos está representado na Figura 9, onde os sinais que são enviados pelos satélites são recebidos pelo receptor, estes através da informação captada calculam a sua localização.

Figura 8 - Segmentos do sistema GPS.



Fonte: Autor.

O receptor realiza o cálculo da localização através da intersecção das medições feitas pelos satélites. Com o uso dos dados de três satélites é possível calcular a posição em duas dimensões (latitude e longitude), além disso, com o uso dos dados de intersecção de mais um satélite é possível calcular a posição em três dimensões (latitude, longitude e altitude).

O sistema GPS utiliza das coordenadas dos satélites, estas são referenciadas a um sistema geodésico, sendo esse o mesmo sistema que o receptor utiliza para processar as informações recebidas. O sistema geodésico utilizado pelo GPS é o WGS – 84, porém o usuário pode alterar este sistema de referência para a representação das suas coordenadas.

## 2.2 Comparação entre os *softwares* disponíveis

Existem várias geotecnologias disponíveis para a realização de um SIG, nesta seção será apresentado a comparação de algumas delas para verificar as vantagens e desvantagens de cada um dos *softwares*.

Na Tabela 2 é mostrado uma comparação entre a licença dos *softwares* e as fontes dos mesmos.

Tabela 2 - Licença e fonte dos softwares.

<b>Software</b>	<b>Software gratuito</b>	<b>Código Aberto</b>
ArqGIS	Visualizador	Não
MapServer	Sim	Sim
QGIS	Sim	Sim
SPRING	Sim	Sim
TerraView	Sim	Sim

Fonte: Autor.

Na Tabela 3 pode-se observar os sistemas operacionais que os *softwares* são compatíveis.

Tabela 3 - Sistema operacional dos *softwares*.

<b>Software</b>	<b>MacOS X</b>	<b>Linux</b>	<b>Windows</b>	<b>Unix</b>	<b>BSD</b>	<b>Rede</b>	<b>Outros</b>
ArqGIS	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Google Earth Plugin, KML, WMS
MapServer	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	AMP	Não
QGIS	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Google Earth Plugin, KML, WMS
SPRING	Não	Sim	Sim	Solaris	Não	Não	Não
TerraView	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não

Fonte: Autor.

Além dos *softwares* mencionados acima, existe o Google Earth Engine, esta é uma plataforma para análise de dados geoespaciais. Para os usuários que possuem projetos sem fins lucrativos é uma ferramenta gratuita, porém quando o cliente requer licença de desenvolvedor é cobrado uma taxa.

Como é uma plataforma gratuita, as imagens são de satélite e possui interface intuitiva é amplamente utilizada pelos produtores rurais, para análise de dados geoespaciais de suas propriedades.

No Brasil os softwares ArcGIS e QGIS são os mais utilizados, pois como pode ser verificado nas tabelas 2 e 3 eles são os mais completos, além disso eles são totalmente customizáveis e de fácil operação.

Dentre as vantagens que Who [7] destaca do QGIS pode-se listar:

- a) Interface amigável e de fácil navegação para a importação e edição dos dados, execução das análises e a modificação do *layout* do mapa;
- b) Diversos formatos de dados de entrada e saída tanto para tabular como para espacial. Entre os formatos de dados tabulares, pode-se citar CSV e Excel. Suportando a maioria dos formatos de dados espaciais;
- c) Os usuários conseguem facilmente deslocar, ampliar e personalizar os mapas;
- d) Dados vetoriais de forma fácil são editados no QGIS;
- e) Há diversos *plugins* para a execução dos métodos avançados de análise espacial como, por exemplo, a associação de conjuntos de dados com base em suas relações espaciais, cálculo da distância, cálculo raster, entre outros;
- f) Este *software* oferece suporte à programação utilizando as linguagens SOL e *python*.

Além dos itens citados acima vale ressaltar que a versão completa do QGIS tem funções do *software* GRASS (este é um *software* mais robusto utilizado em análises de geoprocessamento) e ainda do *software* SAGA GIS. Destaca-se que o QGIS é um *software* livre, isto é, seu código fonte é aberto aos usuários, desta forma, é possível criar *plugins* específicos para realizar as análises.

### 2.2.1 Comparação entre os softwares ArcGIS e QGIS

O ArcGIS fornece seu próprio pacote de aplicativos GIS. Entre esses aplicativos, pode-se mencionar o ArcGIS *Desktop* para mapeamento estático e análise espacial extensa, o ArcGIS *Online* para mapeamento interativo da *Web*, e assim por diante. O QGIS foi concebido como um aplicativo de *desktop* GIS. Em alguns casos, os usuários precisarão de outras ferramentas e *softwares* para obter o mesmo fluxo de trabalho do ArcGIS. A conexão entre plataformas geralmente não é fácil devido às diferenças nos formatos de dados.

O ArcGIS inclui muitas opções de saída cartográfica. Além disso, diferentes quadros de dados podem ser vinculados e têm funções avançadas para realizar o mapeamento. No QGIS, diferentes quadros de dados não podem ser vinculados e não possui funções avançadas de mapeamento.

Em relação às funções e ferramentas integradas, o ArcGIS possui um conjunto bem estruturado de ferramentas para a realização de análises espaciais, todas documentadas e explicadas pela empresa. Os *plugins* do QGIS são geralmente publicados na comunidade de usuários do *software*. Também possui vários *plugins* para desenvolver a mesma tarefa, o que torna difícil para os usuários saberem qual deles usar em seu trabalho.

Esses *softwares* possuem muitas semelhanças, inclusive no formato dos dados, você pode abrir os arquivos gerados no ArcGIS no QGIS, mas isso nem sempre é feito de forma simples, ou seja, é necessário recriar alguns componentes de mapeamento no QGIS. Esse problema ocorre ao contrário também.

### **2.3 Software ArcGIS**

Neste trabalho será utilizado o ArcGIS para a criação do SIG proposto, desta forma se faz necessário a compreensão do conjunto de funcionalidades baseadas na localização que este *software* apresenta. As funcionalidades do ArcGIS são: Análise espacial, imageamento e sensoriamento remoto, mapeamento e visualização, GIS em tempo real, 3D GIS e a coleta e gerenciamento de dados.

Com as funções de análise fornecidas pelo *software*, você pode realizar medições precisas, identificar padrões e relacionamentos entre recursos e planejar uma rota eficaz para as operações que deseja realizar. Usando ferramentas de sensoriamento remoto, a análise e o gerenciamento do projeto podem ser melhorados.

Com o ArcGIS é possível fazer mapas interativos e em 3D o que facilita a visualização dos padrões espaciais da região em estudo. Também permite que seja realizadas análises e sejam exibidos simultaneamente os dados de sensores e de dispositivos em tempo real.

Este programa apresenta um conjunto completo de ferramentas para armazenar, editar e gerir os dados. Uma vantagem do ArcGIS é que ele é customizável, isto é, possui uma flexibilidade na gestão dos dados.

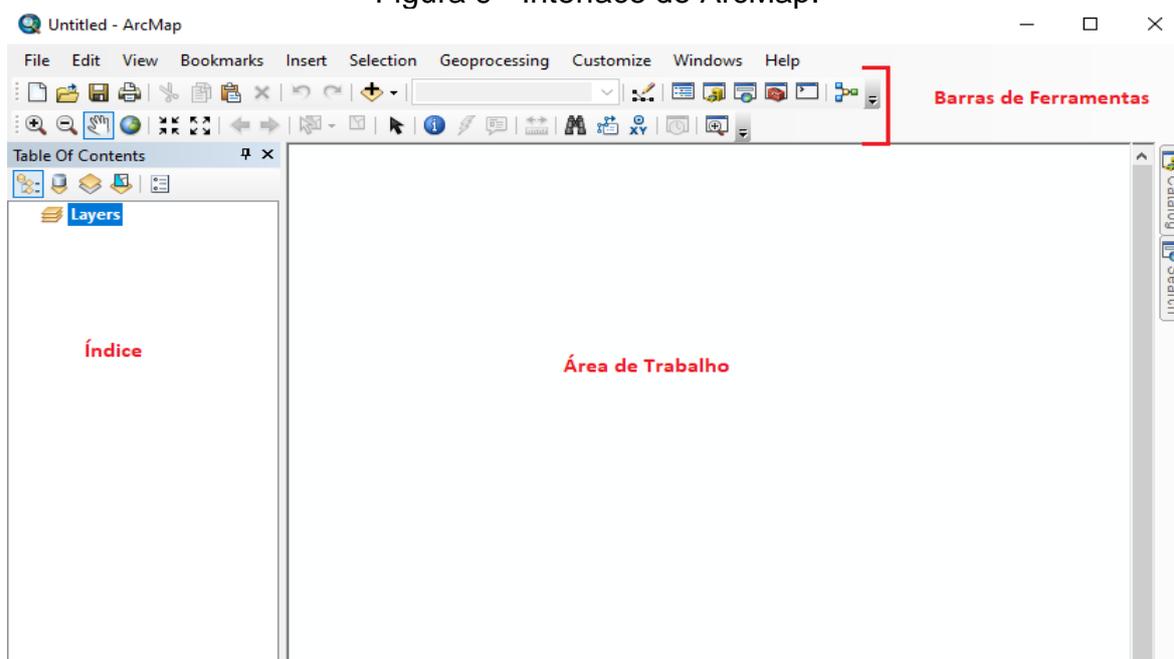
A seguir serão mostradas as ferramentas existentes no ArcGIS e logo em seguida será discutido sobre as conversões de formatos no *software*.

### 2.3.1 ArcMap

Esta é o principal aplicativo do ArcGIS, pois através dele é possível visualizar, editar, criar e analisar os dados geoespaciais. Permitindo que o usuário possa explorar e incluir diferentes dados geoespaciais, simbolizar os recursos conforme o necessário e elaborar os mapas. Dentre os recursos que o ArcMap possui, estão as barras de escala, títulos, legendas, setas, entre outros.

Este é um aplicativo que possui uma interface de fácil manuseio e pode ser visualizado na Figura 9. Onde é visto uma área principal de trabalho, o índice onde contém listados os arquivos que estão sendo analisados e por fim as barras de ferramentas.

Figura 9 - Interface do ArcMap.



Fonte: Autor.

### 2.3.1.1 Esri Shapefile

Este formato foi desenvolvido pela empresa Esri e é amplamente utilizado a mais de 20 anos. O *shapefile* é um formato de arquivo que contém dados geoespaciais em forma de vetor para armazenar a posição, forma e atributos de feições geográficas, estes são utilizados em SIGs. Este seguidamente possui feições muito grandes com diversos dados associados e são utilizados pelo aplicativo ArcMap.

Os *shapefiles* espacial descrevem as geometrias pontos, linhas e polígonos, estas podem representar como, por exemplo, postes, estradas e barragens, respectivamente. Cada item pode possuir atributos que os descrevem como, por exemplo, nome da propriedade e profundidade das barragens.

É importante destacar que o *shapefile* não suporta geometria híbrida, isto é, pode conter apenas informação do tipo ponto, linha ou polígono, nunca misturando essas geometrias em um mesmo dado.

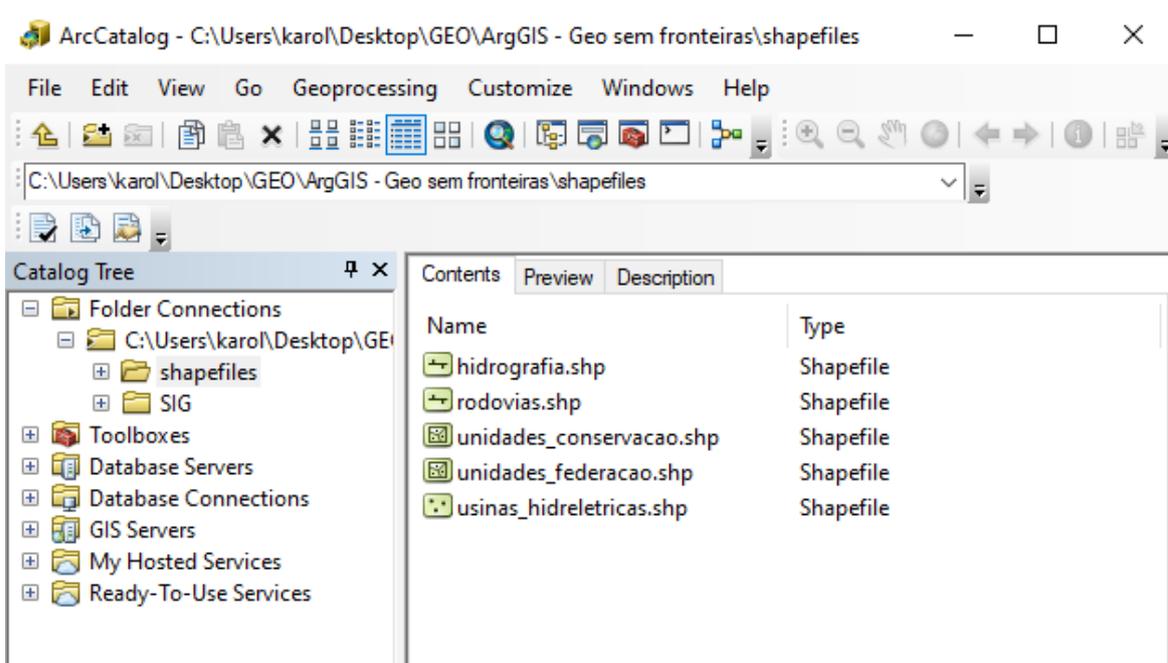
Abaixo estão listados alguns dos arquivos que o *shapefile* possui:

- .shp - guarda informações sobre a feição geométrica;
- .shx - conecta a tabela de atributos a cada feição geométrica;
- .prj - responsável pela referência espacial;
- .dbf – possui informações de atributo.

### 2.3.2 ArcCatalog

Este aplicativo fornece uma janela de catálogo que é usada na organização e no gerenciamento dos vários tipos de informações geográficas como pode ser visualizado na Figura 11. Entre os tipos de informação que podem ser gerenciados no ArcCatalog pode-se citar: *Geodatabases*, arquivos raster, *shapefiles* e documentos de mapa.

Figura 10 - Interface do ArcCatalog.



Fonte: Autor.

Este aplicativo organiza os materiais em uma visualização em árvore com a qual pode-se trabalhar para organizar os conjuntos de dados GIS para melhor gerenciá-los.

### 2.3.3 ArcScene

Este aplicativo possibilita sobrepor várias camadas de dados em um ambiente 3D. Desta forma, quando os dados são colocados em uma superfície 3D facilita a visualização informações de altura, atributos e propriedades da camada. Além disso, cada camada em 3D pode ser tratada de uma forma diferente.

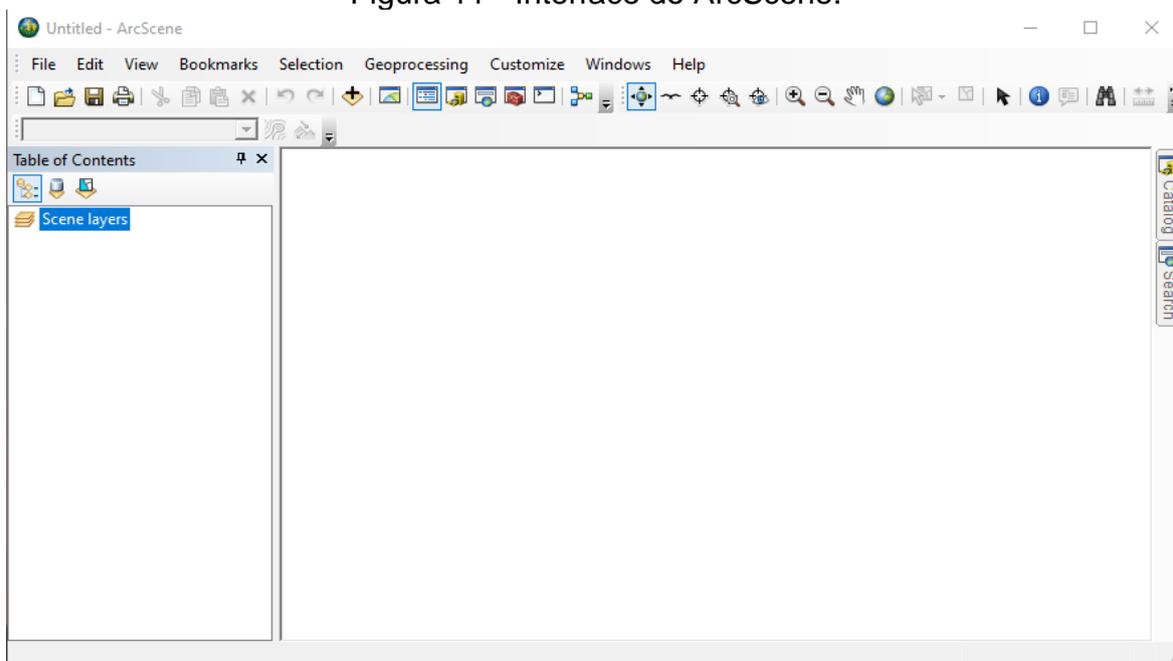
O ArcScene permite que utilize símbolos 3D para agregar realismo à exibição dos dados GIS, também a possibilidade da elaboração de animações para a amostragem dos dados.

Com este aplicativo pode-se observar o espaço de várias perspectivas, utilizando diferentes visualizadores, além de poder alterar as propriedades das camadas para a utilização de sombreamento ou transparência. Além disso, pode-

se alterar as propriedades para definir o sistema de coordenadas, a iluminação do espaço e o exagero vertical do terreno.

Este aplicativo possui uma interface de fácil manuseio e igual a interface dos outros aplicativos como pode ser visto na Figura 12.

Figura 11 - Interface do ArcScene.



Fonte: Autor.

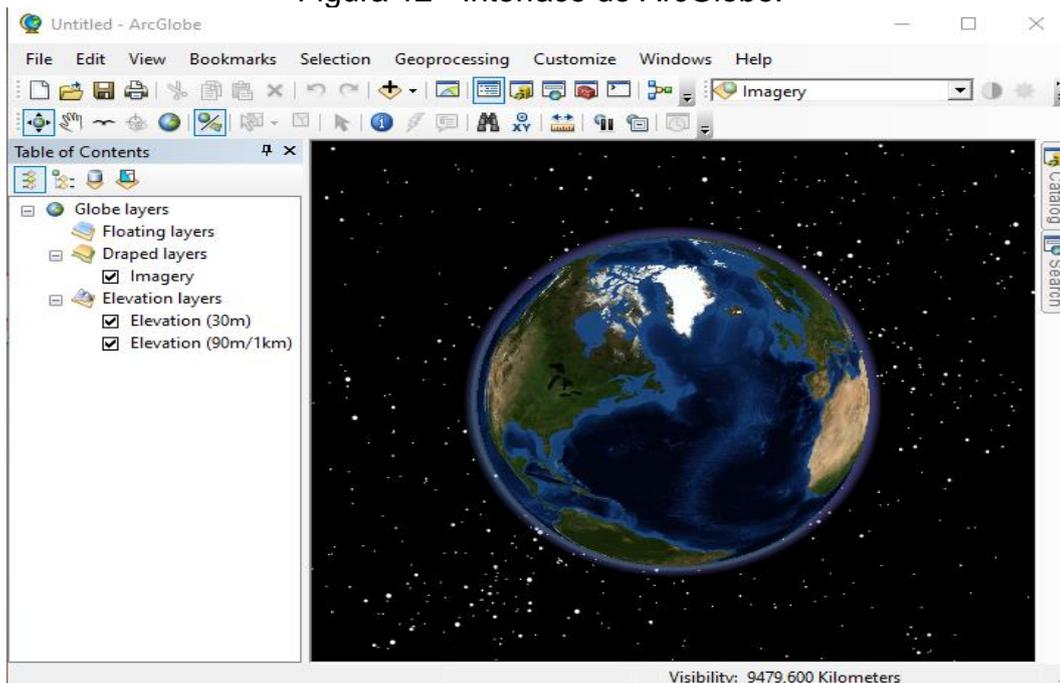
### 2.3.4 ArcGlobe

Este aplicativo é utilizado em conjuntos de dados extremamente grande, permitindo a visualização dos dados raster e das feições. Sendo baseado em uma visão global e exibido com todos os níveis de detalhe organizados em blocos.

Os recursos vetoriais são mostrados de acordo com o nível de detalhe que se deseja, desta forma, ajuda a exibição dos dados serem muito rápidas.

Este aplicativo assim como os outros aplicativos possui uma interface de fácil manuseio e intuitiva como pode ser visto na Figura 13.

Figura 12 - Interface do ArcGlobe.



Fonte: Autor.

### 2.3.5 Conversão entre formatos

O processo de converter formatos de dados geográficos é rotineiro quando se trabalha em geoprocessamento. O formato mais utilizado é o *shapefile*, porém existem outros formatos como, por exemplo, KML, KMZ, CSV, XLS, DWG, TIFF, *geopackage*, entre outros.

Em diversos sites de base de dados geográficos os dados fornecidos estão no formato *shapefile*, mas encontra-se também dados no formato KML. Desta forma, se faz necessário realizar a conversão desses formatos. Para isso, basta carregar o arquivo no software, selecionar essa camada no índice e finalmente entre as opções que estão disponíveis optar por “salvar essa feição como”. Após realizada a conversão do formato desses dados pode-se manipular os dados para fazer a análise desejada.

## **2.4 Considerações finais do capítulo**

Os softwares mais utilizados para realizar trabalhos com SIG é o QGIS e o ArcGIS, ambos são softwares com a interface amigável e de fácil compreensão. O QGIS tem a vantagem de ser um software livre, isto é, não possui licença paga, mas ele tem um grande problema que é a necessidade de instalação de programas ou ferramentas para adicionar funções para a personalização dos mapas desenvolvidos. Enquanto no ArcGIS todas as ferramentas estão interligadas facilitando o manuseio durante o trabalho. Desta forma, o melhor software para ser usado em trabalhos envolvendo uma grande quantidade de dados é o ArcGIS.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Introdução ao SIG

O SIG pode ser definido como a interação entre *software*, dados e *hardware* que permite a criação, edição, análise e representação do espaço geográfico. O SIG trabalha em camadas temáticas de dados espaciais que se conectam entre si, permitindo desta forma a leitura do espaço geográfico e a tomada de decisão.

Este sistema é formado por ferramentas eficientes em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir as informações geoespaciais. Sendo que estes dados detalham regiões em termos de posicionamento, levando em conta um sistema de coordenadas, seus atributos e a topologia do local (CÂMARA, 1998).

Segundo (CÂMARA, 1998) este sistema se caracteriza por uma única base de dados geoespaciais que são oriundos de dados cartográficos, dados de cadastro urbano e rural e de imagens de satélite. Além de oferecer diversas ferramentas para combinar as diversificadas informações através de algoritmos de manipulação para a criação de mapas de uma determinada região.

Este sistema possui a seguinte estrutura:

- Interface com o usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Ferramentas de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados (banco de dados geográfico).

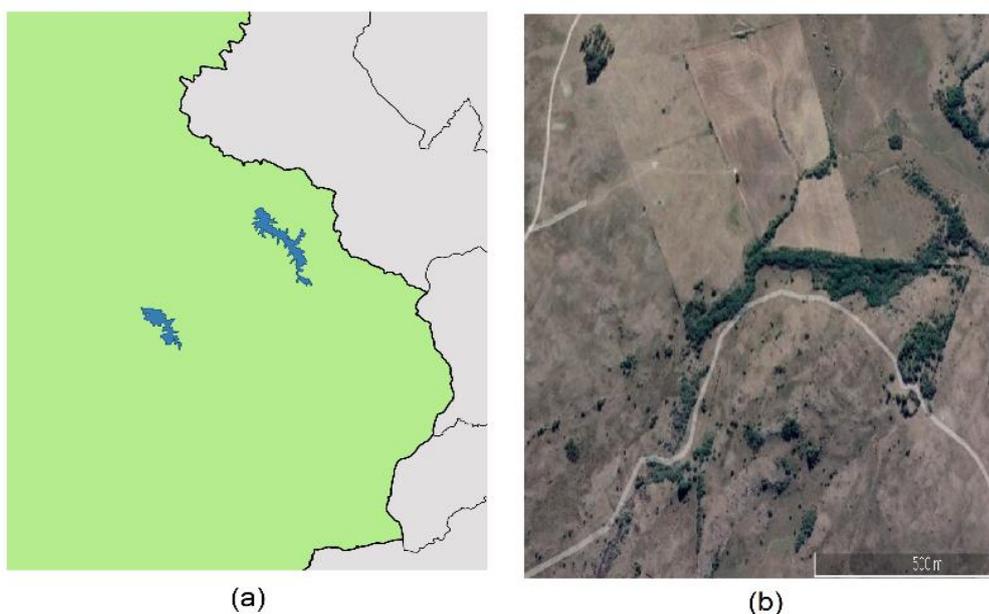
O SIG se caracteriza por reunir informações georreferenciadas que se encontram em plataformas específicas (ANA, ANEEL, SEMA, ATLAS, etc.). O que se busca é a capitalização destas informações em camadas correlacionadas permitindo navegar desde o Mercado (Propriedades Rurais com seus processos produtivos e serviços energéticos de uso final) passando pela rede de energia (Transmissão e Distribuição) e incluindo os potenciais de geração descentralizada de energia elétrica.

### 3.1.1 Tipos de camada

Os *softwares* de geoprocessamento organizam as informações em dois tipos de camadas, vetoriais e raster. Essas camadas geralmente são sobrepostas para que seja possível manipular e relacionar os diferentes tipos de dados através da posição e da topologia (Vargas, 2016).

A camada vetorial é utilizada para obter a localização exata dos elementos no espaço, sendo utilizados em desenhos técnicos ou mapas. Já a camada raster é utilizada para a representação das feições contínuas no espaço, geralmente são imagens obtidas através de drones e de satélites. Na Figura 14 pode-se verificar exemplos de dados vetorial e raster.

Figura 13 - Exemplo de dados (a) vetorial e (b) raster.



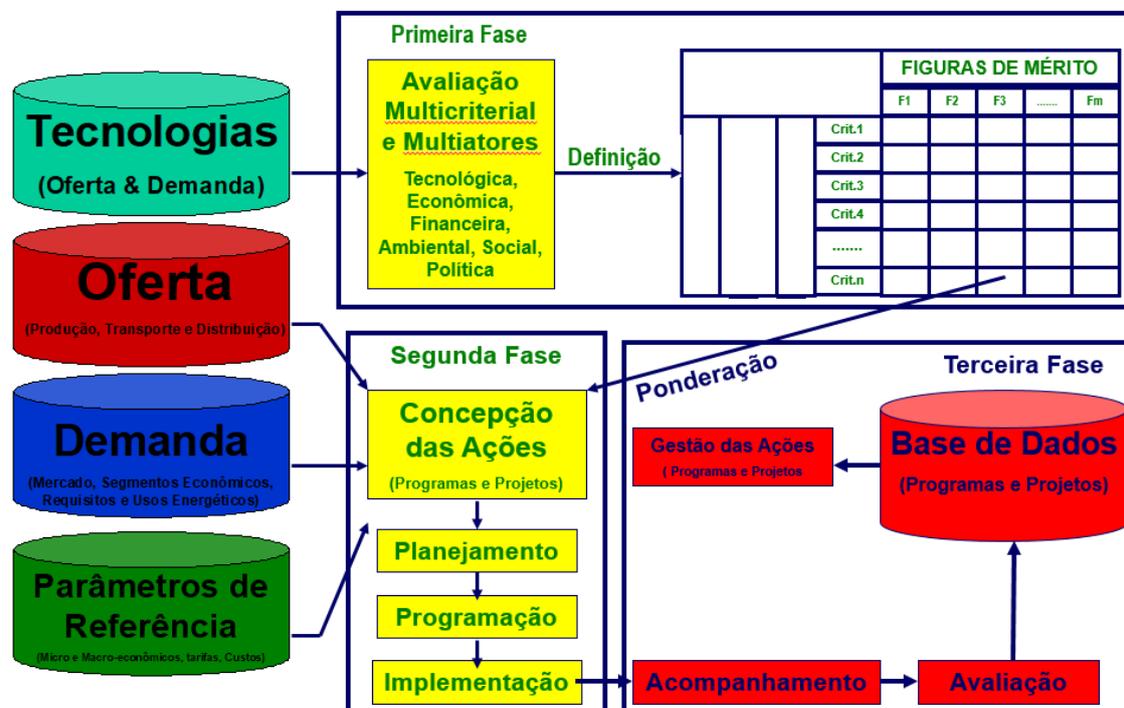
Fonte: Autor.

## 3.2 Base de dados para gestão de energia

No sistema de interligado de geração e distribuição de energia elétrica, cada ação afetará o sistema como um todo, podendo ser de baixa ou grande amplitude, portanto para uma correta tomada de decisão a respeito de adição de novas fontes de energia, integração de novas cargas no sistema é necessário realizar um estudo

completo a respeito dos seus impactos. Para isso há diversas etapas importantes a serem seguidas, a Figura 15 apresenta as etapas de cada fase.

Figura 145 – Base de dados e suas fases criterial.



Fonte: Kaehler, 2020.

Antes de iniciar as fases se faz necessário o entendimento das tecnologias utilizadas tanto na demanda como na oferta de energia elétrica. As tecnologias do lado da oferta e demanda são aquelas que influenciam a produção e o consumo de bens e serviços, desempenhando papéis complementares no funcionamento das economias.

As tecnologias do lado da oferta são voltadas para melhorar a eficiência e a produtividade na produção de bens e serviços. Elas afetam diretamente os processos das empresas e podem reduzir custos, aumentar a capacidade de produção ou melhorar a qualidade dos produtos. as tecnologias abrangem as fontes geradoras como, por exemplo, geradores, turbinas hidroelétricas, caldeiras, entre outros, para o transporte da energia utiliza-se as redes de redes de distribuição

primários e secundária, dependendo do nível de tensão utilizado, é utilizado equipamentos de regulação entre outros.

As tecnologias do lado da demanda têm o foco em influenciar o comportamento de consumo, aumentar a acessibilidade dos produtos ou personalizar a experiência do consumidor. Elas conectam as empresas aos clientes de maneira mais eficiente. Entre as tecnologias pelo lado da demanda encontra-se os motores, inversores, refrigeradores, ar condicionado, chuveiro elétrico, entre outros.

Segundo (Kaehler, 2020) para a criação da base de dados do lado da demanda é necessário verificar o perfil de consumo das propriedades rurais da bacia e para isso, deve realizar o cadastro georreferenciado dos clientes, analisar o histórico mensal e anual dos diferentes segmentos socioeconômicos, verificar as curvas de carga diárias, mensais e anuais dos clientes horo-sazonais e por fim realizar auditorias e diagnósticos para esse segmento.

Por fim, deve-se realizar o banco de dados dos parâmetros de referência. Estes parâmetros são critérios ou indicadores utilizados para medir, comparar ou avaliar o desempenho, a eficiência e o impacto de tecnologias. Onde devem ser averiguados as taxas de crescimento demográfico, econômico, sociais e ambientais da bacia, verificar os custos sócios-econômicos e ambientais setoriais e regionais e finalmente as referências econômicas, sociais e ambientais.

Após o entendimento dos itens que compõe o SIG da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria, deve-se entender cada fase de análise de dados que serão realizados. Na primeira fase é realizada a avaliação multicriterial e multiatores, na segunda fase é a concepção das ações, isto é, onde serão planejadas e implementadas todas as ações para o SIG proposto e na terceira fase é a criação do banco de dados.

A avaliação multicriterial é uma metodologia que apoia a tomada de decisões complexas ao considerar múltiplos critérios, frequentemente conflitantes, para analisar diferentes alternativas. Quando combinada com a abordagem multiatores, que envolve a participação de diversas partes interessadas a avaliação torna-se ainda mais robusta e inclusiva. Essa integração permite incorporar perspectivas variadas, como as de especialistas, tomadores de decisão, comunidades

impactadas e reguladores, garantindo que os critérios técnicos, econômicos, sociais e ambientais sejam ponderados de forma equilibrada. Embora desafiante devido à complexidade e aos potenciais conflitos de interesses, a avaliação multicriterial com multiatores promove decisões mais legítimas, transparentes e sustentáveis.

Na segunda fase é onde são elaborados os planos de ação da tomada de decisão para o planejamento, programação e implementação do SIG. Nessa fase é onde serão levantados os dados das propriedades rurais, determinado o *software* de georreferenciamento a ser utilizado e o planejamento das ações da abordagem das informações.

Após a segunda fase concluída, entra-se na terceira fase que é onde será feito o banco de dados georreferenciados e será implementado a gestão das ações com base nas informações coletadas.

### **3.3 Formulação do problema**

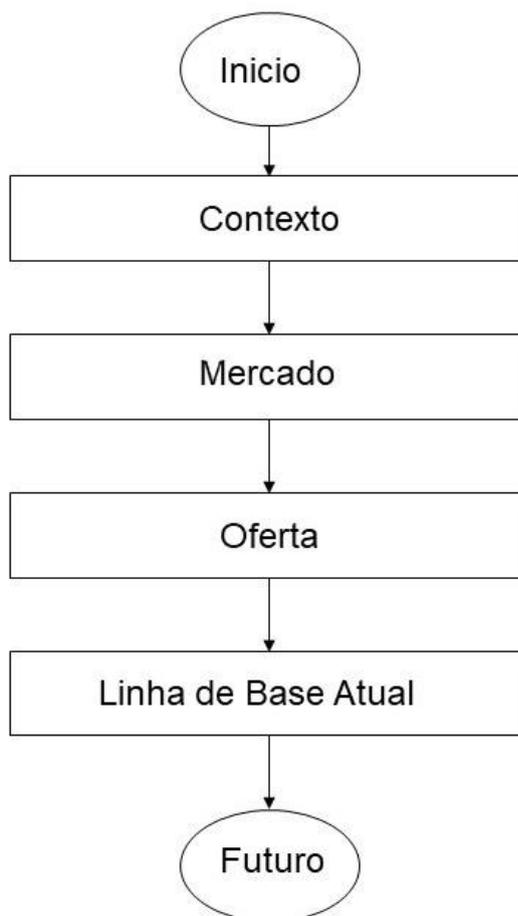
A exploração integrada e descentralizada de recursos energéticos renováveis requer a disponibilidade de dados geofísicos, técnicos, econômicos e ambientais da região. A principal dificuldade que se encontra atualmente é a obtenção e a geração das informações com uma considerável precisão e detalhamento. Desta forma, se faz necessário um sistema que possibilite a avaliação dos dados que caracterizem os potenciais hidráulicos, eólico, biomassa e solar, integrada à rede elétrica existente das concessionárias, assim como das cargas elétricas e energéticas existentes na região.

A metodologia proposta está relacionada à preparação da base cartográfica da região da Bacia do Rio Santa Maria. Desta forma, será realizado o levantamento dos atributos necessários dos potenciais, disponibilidades e dos equipamentos para a gestão energética do sistema de energia.

### 3.4 Sistema proposto

Através da Figura 16, pode ser visualizado o fluxograma da metodologia proposta neste trabalho, onde pode-se observar as etapas do desenvolvimento.

Figura 16 - Fluxograma proposto.



Fonte: Autor.

A primeira etapa consiste em definir a forma que os dados serão representados, isto é, define-se o DATUM a ser utilizado e o sistema de coordenadas. Neste trabalho será utilizado o DATUM oficial do Brasil, o SIRGAS 2000 e o sistema de coordenadas UTM. A utilização deste sistema de coordenadas se dá pelo fato que quando comparado ao outro sistema de coordenadas possui um índice de erros menor, sendo assim mais confiável.

Define-se a geotecnologia que será utilizada ao decorrer deste trabalho. O *software* escolhido é o ArcGIS por causa de seu conjunto de ferramentas avançadas para o mapeamento sem ser necessário utilizar outros *softwares* para realizar determinadas funções como, por exemplo, a conversão de formatos.

Nesse primeiro momento é realizado o levantamento das informações da bacia hidrográfica, sendo obtido a localização das cargas, os potenciais de geração de energia solar, eólico, hidráulico e de biomassa. Além de serem verificados os equipamentos existentes nas propriedades rurais, tais como secadores, silos, bombas, entre outros.

Na segunda etapa ocorre a identificação e caracterização geofísica atual das cargas rurais com as suas potências, períodos diários e sazonais de ocorrências e os perfis de uso. Realização do levantamento geofísico atuais das cargas rurais atendidas por outros energéticos (diesel, GLP, biomassa, entre outros).

Na terceira etapa será analisado a oferta atual da energia elétrica no atendimento ao mercado agropecuário atendido pelas concessionárias, com a análise dos perfis (safra, entressafra, ponta e fora de ponta) do fluxo de potência da rede de distribuição de energia elétrica.

Na última etapa com base nos dados obtidos e nos dados fornecidos pelas concessionárias de energia, é construído o SIG da bacia do rio Santa Maria.

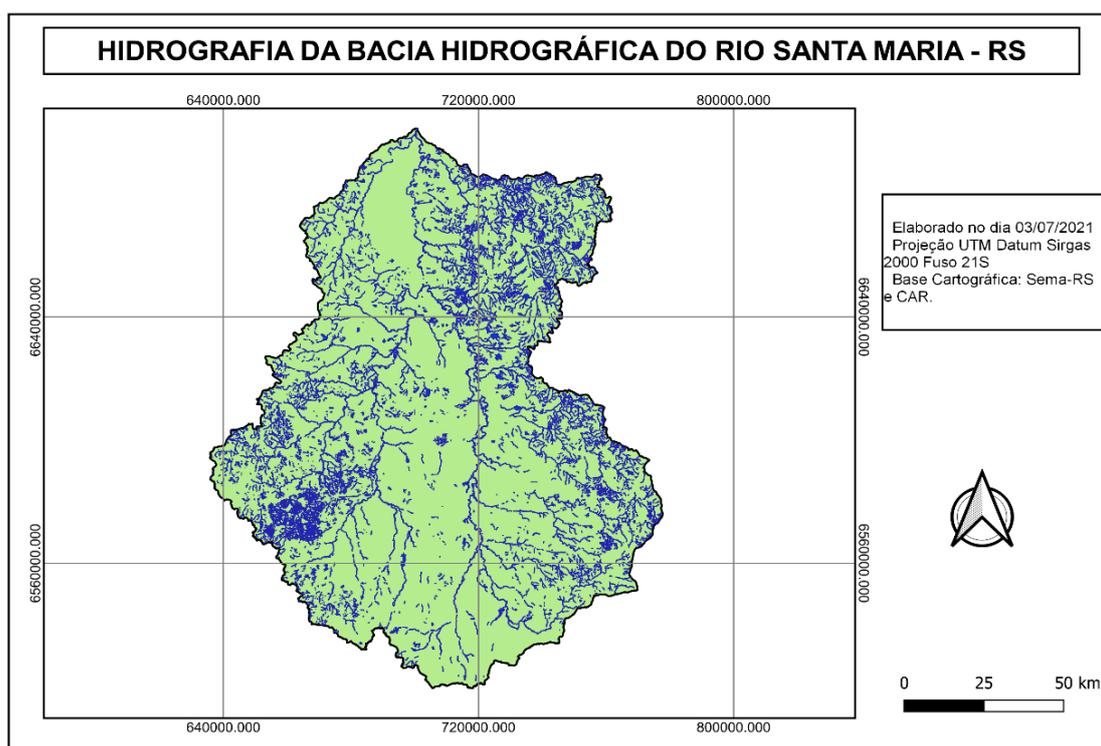
## 4. RESULTADOS

A implementação do SIG será realizada propriedade Santa Corina, localizada em Dom Pedrito (Lat: -30.76098 e Long: -54.77398).

### 4.1 Potencial hidráulico

Através dos dados obtidos na base cartográfica do Sema do Rio Grande do Sul, pode-se mapear as os canais de irrigação, o rio Santa Maria, rios secundários que existem na região e os reservatórios existentes. Criando, dessa forma, um banco de dados do potencial hidráulico da bacia. Na Figura 17 é possível verificar a hidrografia da região.

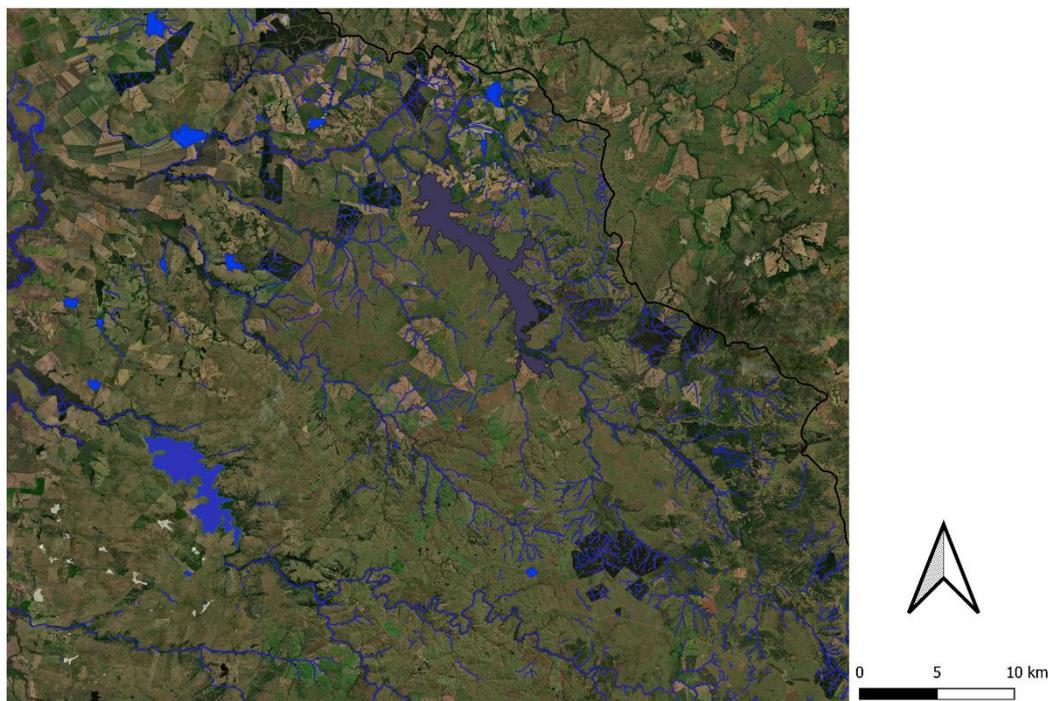
Figura 17 - Hidrografia da bacia.



Fonte: Autor.

Na Figura 18, pode-se observar os principais canais de irrigação da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria utilizados pelos produtores rurais entorno das barragens de Taquarembó e Jaguari.

Figura 18 – Hidrografia da região.

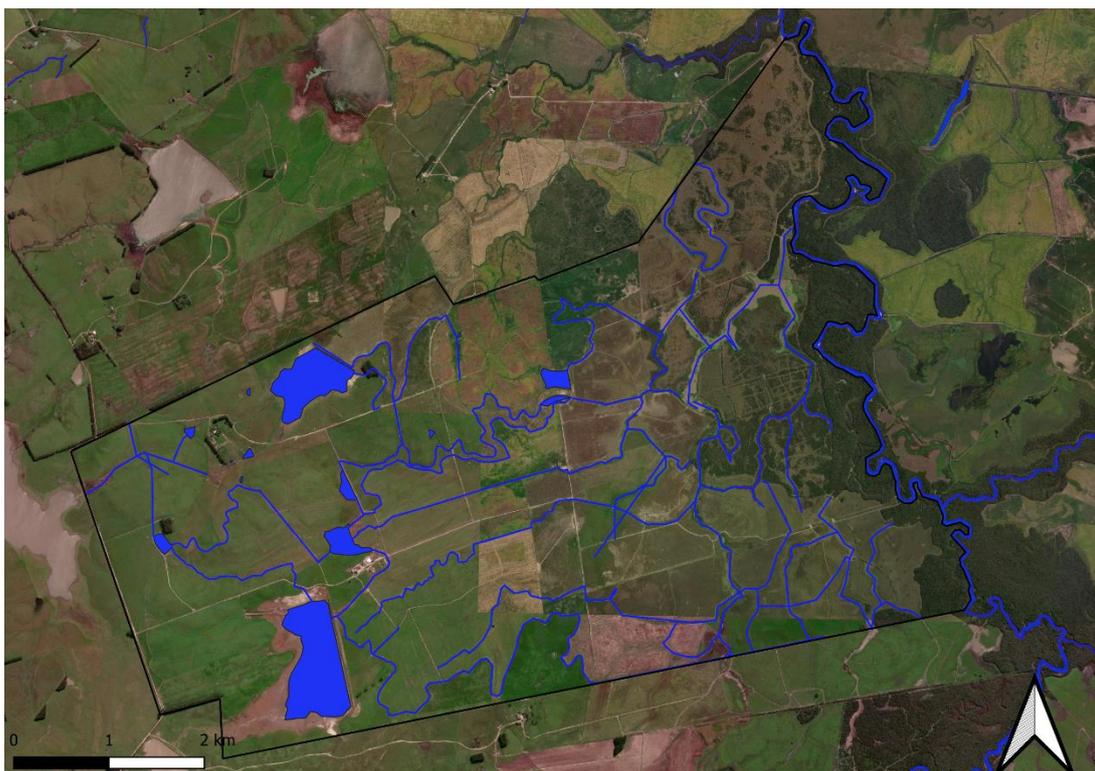


Fonte: Autor.

A base de dados tem como foco a região entorno das barragens do Taquarembó e de Jaguari. A base cartográfica do sema não possui todos os dados referentes as barragens existentes em cada propriedade, portanto se faz necessário a ampliação desse banco de dados, afim de ter uma análise completa das propriedades rurais.

Na Figura 19, pode-se verificar a hidrografia da propriedade rural Santa Corina, onde pode ser visto o mapeamento das barragens e dos canais de irrigação utilizados na propriedade.

Figura 19 – Hidrografia da propriedade rural.



Fonte: Autor.

Grandezas geofísicas que caracterizam a potencialidade hídrica da propriedade rural: Volume armazenado nas barragens, altura da frontal da barragem, vazões e volumes de vertimento, existência de canais de fundo, sifões, vertedouros, entre outros.

#### **4.2 Sistema de irrigação com pivô**

Na Figura 20 pode-se observar as barragens utilizadas na propriedade e os locais onde (Oliveira, 2023) propõe a colocação de pivôs para a irrigação, onde cada pivô atende uma determinada área. Como, pode-se analisar na Tabela 4.

Figura 20: Cargas existentes geolocalizadas na propriedade rural.



Fonte: Autor.

Tabela 4 – Área de cada pivô.

Pivô	Área (ha)
1	103
2	92
3	64
4	145
5	70

Fonte: Autor.

Na Tabela 5 é possível verificar o detalhamento do dimensionamento hidráulico dos sistemas de pivô que foram propostos por Oliveira, 2023.

Tabela 5 - Características hidráulicas e produtividade das áreas irrigadas com pivô.

Pivô	Vazão (m³/h)	Quant. Bombas	Potência	Potência	Total demanda (cv)	Produtividade (t/ha)		
			Hidráulica Bomba (cv)	motor elétrico (cv)		Soja	Milho	Trigo
1	360	1	151	150	150	5	16	9
2	441	2	100	100	200	5	16	9
3	554	2	289	250	500	5	16	9
4	750	3	300	250	750	5	16	9
5	628	2	294	250	500	5	16	9

Fonte: Oliveira, 2023.

### 4.3 Potenciais de demanda de energia na propriedade

A propriedade rural para a melhor análise foi dividida em 7 talhões, onde foi realizada uma estimativa do cultivo para analisar a demanda elétrica em cada um dos talhões. Na Tabela 6, pode observar o tipo de cultivo estimado e a área de cada um dos talhões.

Tabela 6 – Divisões dos talhões na propriedade.

Talhão	Área (ha)	Cultivo
1	323	Arroz, soja ou milho
2	282	No verão arroz, soja ou milho e no inverno trigo ou pastagens
3	174	No verão arroz, soja ou milho e no inverno trigo ou pastagens
4	252	No verão arroz, soja ou milho e no inverno trigo ou pastagens
5	438	No verão arroz, soja ou milho e no inverno trigo ou pastagens
6	442	No verão arroz, soja ou milho e no inverno trigo ou pastagens
7	289	No verão arroz, soja ou milho e no inverno trigo ou pastagens

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2023.

Na Tabela 7, pode-se verificar a demanda elétrica de todos os talhões. Onde para cada cultivo tem a prospecção da potência do motor e da bomba e a produtividade esperada.

Tabela 7 – Demanda dos talhões.

Talhão	Cultura	Potência motor (cv)	Potência bomba (cv)	Vazão (l/s)	Produtividade (sacas/ha)
1	Arroz	125	140	581,40	172,17
	Soja	100	100	474,81	76,8
	Milho	75	90	442,51	156
2	Arroz	75	85	507,60	172,17
	Soja	50	50	301,74	76,8
	Milho	75	70	414,54	156
3	Arroz	50	60	313,20	172,17
	Soja	30	35	130,5	76,8
	Milho	30	35	165,30	156
4	Arroz	75	75	453,60	171,17
	Soja	40	50	262,08	76,8
	Milho	50	55	337,68	156
5	Arroz	150	140	788,40	171,17
	Soja	75	80	499,32	76,8
	Milho	100	95	586,92	156
6	Arroz	80	95	795,6	171,17
	Soja	50	55	459,68	76,8
	Milho	60	65	548,08	156
7	Arroz	75	85	520,20	171,17
	Soja	40	50	300,56	76,8
	Milho	50	55	358,56	156

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2023.

Para os talhões 1, 2, 3, 4 e 7 o ponto de captação de água utilizado é da estação de bombeamento 1, sendo localizada no valo. Para o talhão 5 o ponto de captação de água utilizado é o de bombeamento 3 e para o talhão 6 o ponto de

captação de água é o de bombeamento 2. Nas Figura 21 e 22, pode-se verificar a posição dos talhões na propriedade.

Figura 21: Talhão 1, 2, 3, 4 e 7.



Fonte: Adaptado de Oliveira, 2023.

Figura 22: Talhão 5 e 6.



Fonte: Adaptado de Oliveira, 2023.

#### 4.4 Potencial de biomassa

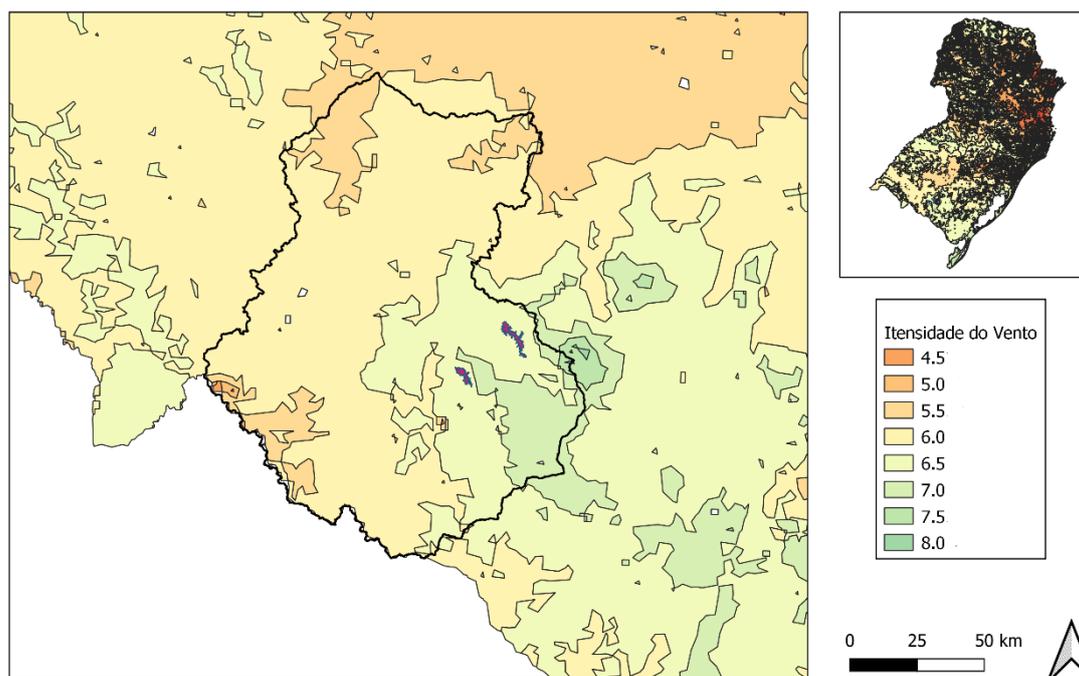
O inventário florestal nacional (IFN) foi realizado no Rio Grande do Sul, afim de levantar informações nos seguintes pilares de amostragem: Análise da cobertura florestal, coleta de dados biofísicos e levantamento socioambiental. No inventário pode-se analisar os biomas presentes no estado, sendo que a Bacia do Rio Santa Maria se encontra no pampa gaúcho.

A propriedade rural de estudo, possui uma pequena agroindústria (com silos armazenadores de grãos e secador). Com o plantio de arroz nos talhões, pode-se aproveitar a casca do arroz. Com a queima da casca é gerado calor, este pode ser aproveitado no secador durante a secagem dos grãos.

#### 4.5 Potencial eólico

Na Figura 23 verifica-se a intensidade de vento na bacia dado em m/s a 50 metros de altura. Verifica-se que na região onde está localizado as barragens de Taquarembó e de Jaguari a intensidade do vento varia entre 7 m/s a 7,5 m/s, dessa forma é possível aproveitar esse potencial eólico para geração de energia

Figura 23 – Intensidade do vento na bacia.



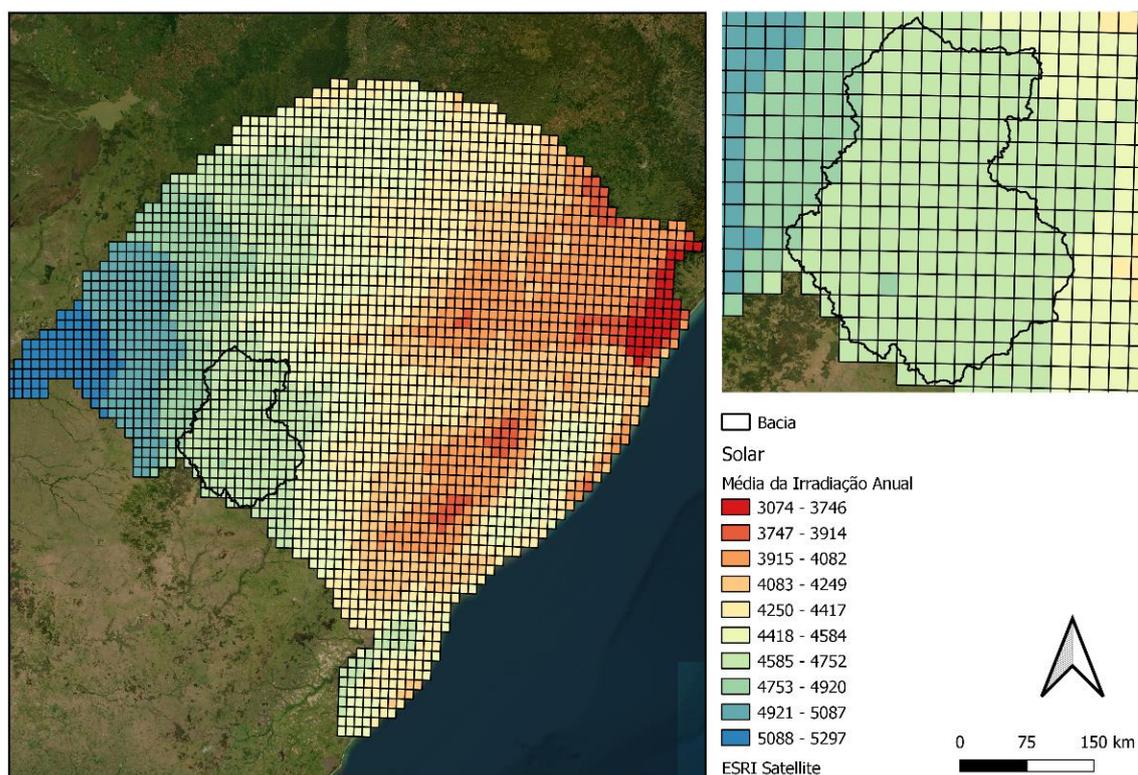
Fonte: Autor.

## 4.6 Potencial Solar

A irradiação solar indica a quantidade de energia incidente em uma determinada área, em um certo momento. Dessa forma, na elaboração da Figura 20 foram utilizados os dados cartográficos do Sema RS. No Atlas Solar do rio Grande do Sul, indica que na região da bacia a irradiação média global é 4,8 KWh/m<sup>2</sup>.

No mapa da Figura 24 abaixo pode verificar a irradiação solar média anual no estado, onde nota-se que a irradiação na bacia está entre 4417 até 4752 Wh/m<sup>2</sup>. Quando se analisa a propriedade rural de Santa Corina se nota que a irradiação média anual varia de 4585 a 4752 Wh/m<sup>2</sup>.

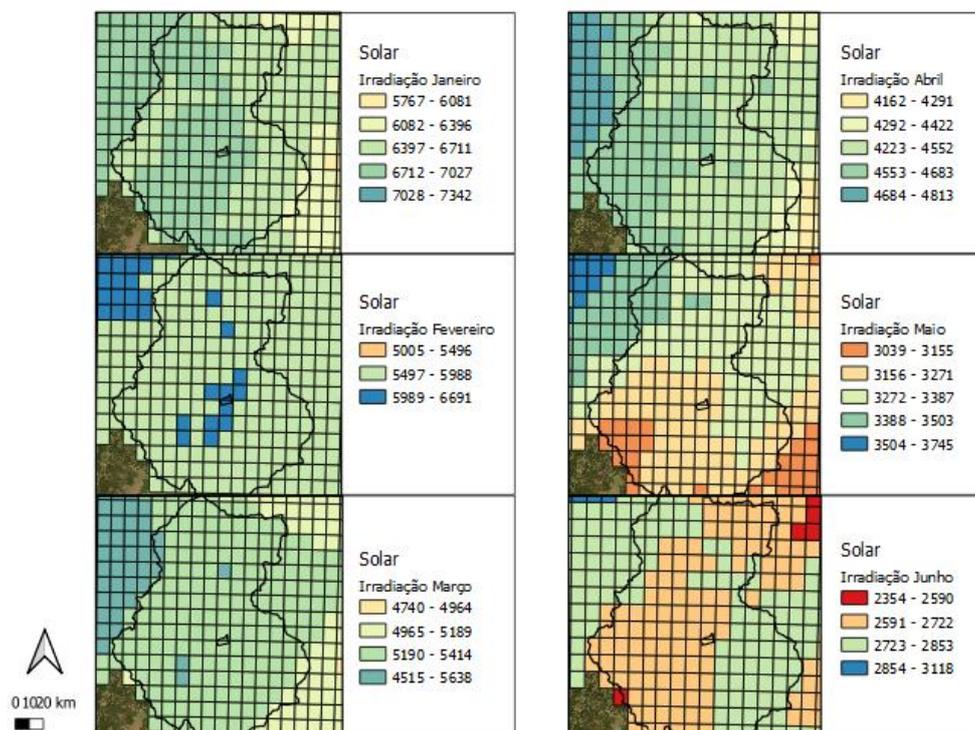
Figura 24 – Irradiação solar no estado.



Fonte: Autor.

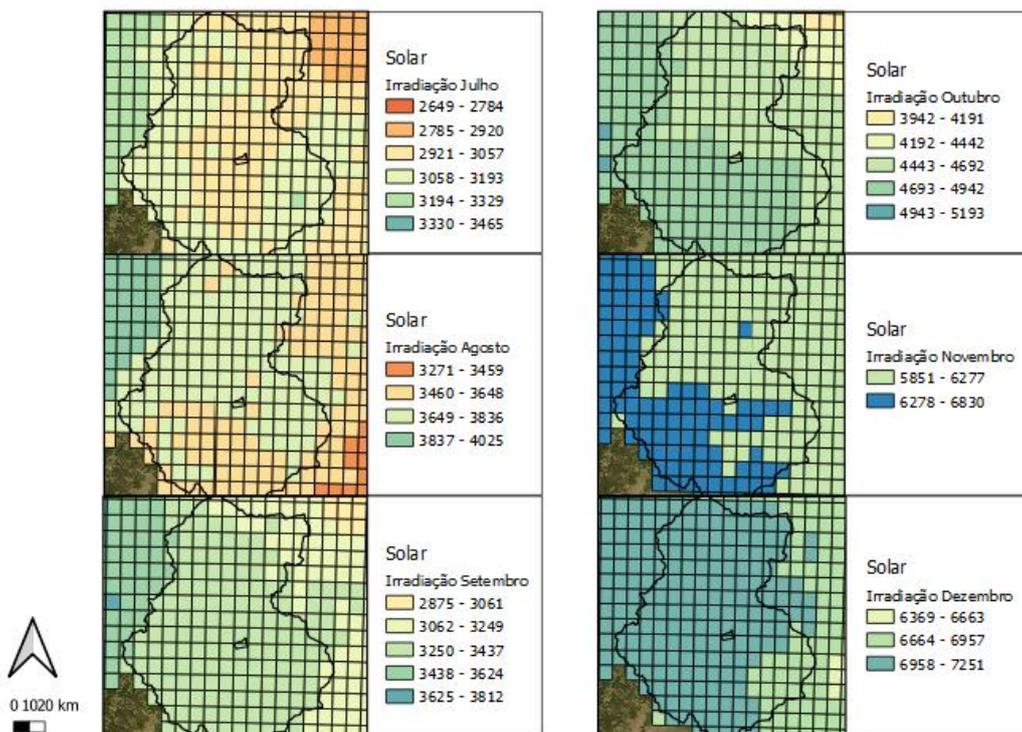
Nas Figuras 25 e 26 pode-se observar como se comporta a irradiação solar em cada mês do primeiro e do segundo semestre do ano, respectivamente. Podendo ser observado a variação da irradiação solar na propriedade.

Figura 25 – Irradiação solar no primeiro semestre do ano na bacia.



Fonte: Autor.

Figura 26 – Irradiação solar no segundo semestre do ano na bacia.



Fonte: Autor.

## 4.7 Demanda de energia

Nesta seção serão abordados a demanda de energia das propriedades rurais da bacia.

### 4.7.1 Agroindústria

As propriedades possuem uma pequena agroindústria, onde encontra-se os silos armazenadores, secador, elevador, entre outros equipamentos. (Aguilar, 2022) apresenta as potências individuais de carga dos equipamentos localizados na propriedade. Onde calcula-se a demanda total, assim estimando o impacto na demanda energética. A Tabela 8 mostra a energia necessária na secagem e aeração dos grãos.

Tabela 8 – Demanda energética no processo de secagem e armazenamento de grãos.

<b>Cargas</b>	<b>Demanda (kW)</b>
Secador	753,45
Aeração dos Silos	1086,11
Elevador	110,28
Correia Transportadora	40,25
Outras Cargas	153,9
<b>Total das Propriedades</b>	<b>2143,99</b>

Fonte: Aguilar, 2022.

Segundo (Aguilar, 2022) a demanda de energia é dividida em 34,8% para secadores, 50,2% na aeração dos grãos e 15% nos demais componentes que fazem parte do processo de secagem dos grãos (elevador, correia transportadora, entre outras cargas).

#### **4.7.2 Demanda de energia para o cultivo de cereais**

Nas propriedades rurais há a necessidade de utilização de sistemas de irrigação a fim de garantir a produtividade da lavoura em períodos de estiagem ou suplementar a necessidade hídrica das cultivares. Segundo (REUSE, 2023), a necessidade hídrica para irrigação da respectiva área de cultivo, para o arroz são necessários 104,5 metros cúbicos de água por hectare por dia, para o soja há uma necessidade de 117 metros cúbicos de água por hectare por dia e no cultivo do milho se faz necessário o uso de 95,8 metros cúbicos de água por dia.

Para atender a essa quantidade hídrica são necessários conjuntos de motobombas, no estudo em realizado por (REUSE, 2023), onde para o cultivo do arroz, cujo ciclo é de aproximadamente 100 dias, há um consumo de 3.184,79kWh por hectare, o cultivo da soja necessita de 3.592,41kWh por hectare considerando ciclo de 120 dias e para a cultura do milho, com ciclo de 130 dias, necessita 3.795,41kWh por hectare.

#### **4.8 Considerações finais do capítulo**

Com base nas características dos potenciais energéticos hidráulico, solar e eólico da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria em conjunto com as informações da demanda das propriedades rurais da região, é possível analisar a melhor forma de aproveitamento dos recursos renováveis disponíveis.

Com os dados levantados constata-se que é totalmente viável a exploração dos recursos energéticos afim de suprir a demanda elétrica das propriedades rurais.

## 5. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do referente projeto foi delineada uma comparação entre as geotecnologias utilizadas na criação de um sistema de informações georreferenciados (SIG), ao decorrer do trabalho pode se observar que o ArcGIS se sobressai em relação aos demais softwares.

A metodologia SIG permite adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir as informações geoespaciais, trabalhando em camadas temáticas de dados espaciais que se conectam entre si. Com essa separação é possível realizar uma avaliação mais criteriosa dos dados obtidos nos estudos das fontes geradoras de energia elétrica podendo cada ação afetar o sistema como um todo implicando em grandes ou pequenos impactos.

A adição de uma nova fonte de energia ou uma nova carga de grande porte pode afetar drasticamente diversos setores em um sistema interligado de energia, a fim de evitar danos se faz necessário o estudo completo dos conceitos básicos de fases de avaliação.

Ao avaliar a base cartográfica do Sema do Rio Grande do Sul, considerando a base hidrográfica há um grande potencial hídrico na região, esse potencial em sua maioria é destinado ao uso de sistemas de irrigação. Para atender essa capacidade de irrigação há uma grande demanda de energia, essa demanda pode ser suprida através de sistema de geração de energia eólica e fotovoltaica, pois a região dispõem de uma boa capacidade de geração através destas duas fontes.

## 6. REFERÊNCIAS

Aguilar, Abner Arthur Leite. Metodologia para Levantamento de Cargas de Secadores e Silos Aeradores na Região da Bacia do Rio Santa Maria – RS. 2022.

Atlas Solar do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em <<https://www.sema.rs.gov.br/atlas-solar-do-rs>>. Acesso em 11/12/2022.

BERNARDI, JOSÉ VICENTE ELIAS; LANDIM, PAULO M. BARBOSA. Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados. Universidade Federal de Rondônia, 2002.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. sn, 1998.

DE MENEZES, Paulo Márcio Leal; DO COUTO FERNANDES, Manoel. Roteiro de cartografia. Oficina de textos, 2016.

FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. Oficina de textos, 2018.

Kaehler, José Wagner Maciel. Planejamento Integrado de Sistemas Energéticos. 2020.

Oliveira, Luziele Oliveira. Avaliação da Demanda de Energia Elétrica: Mauro Comin – Campo Seco – Dom Pedrito – RS. 2023.

PAZ, Sérgio M.; CUGNASCA, Carlos E.; SARAIVA, A. M. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e suas aplicações. Boletim Técnico da Escola

Politécnica da USP-Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, 1997.

Reuse, Jaíne. Eficiência e Aproveitamento Energético em Sistemas de irrigação de Superfície por Inundação e Aspersão a pivô central. 2023.

ROBEY, Daniel; SAHAY, Sundeep. Transforming work through information technology: A comparative case study of geographic information systems in county government. Information systems research, 1996.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. Introdução ao geoprocessamento. Uberlândia: Universidades Federais de Uberlândia, 1996.

SILVA, Ardemirio de Barros. Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos. In: Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos. 2003.

VARGAS, Marnoon Poltozi. Prospecção de potenciais de geração distribuída em propriedades rurais utilizando geotecnologias e metodologias multicriteriais de apoio à decisão. 2016.

WHO, HQ, WHE, HIM, MAP. Comparison of Geographic Information Systems (GIS) software, Geneva, 12, março de 2018. Disponível em: <<https://www.who.int/health-cluster/resources/publications/OpenSourceGISComparison.pdf?ua=1>>. Acesso em: 01, novembro de 2020.