



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS
Departamento de Matemática e Informática

Trabalho de Licenciatura em
Ciências de Informação Geográfica

**Desenvolvimento de WebSIG para Apoio na Selecção de
Áreas Multifinalitárias Aplicando Análise Multicritério**

Estudo de Caso: Distrito Municipal de KaTembe

Autor: António Fernando Macaringue

Maputo, Agosto de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

Departamento de Matemática e Informática

Trabalho de Licenciatura em
Ciências de Informação Geográfica

**Desenvolvimento de WebSIG para Apoio na Selecção de
Áreas Multifinalitárias Aplicando Análise Multicritério**

Estudo de Caso: Distrito Municipal de KaTembe

Autor: António Fernando Macaringue

Supervisor: Mestre, Silvino Pedro Cumbane, UEM

Co-supervisor(es): Lic., Edson Herculano Inguane, UEM

Maputo, Agosto de 2024

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, cujo amor e apoio incondicionais foram a base de toda a minha jornada acadêmica e pessoal. Aos meus pais, agradeço profundamente por acreditarem em mim e me proporcionarem todas as oportunidades para alcançar meus sonhos. Em especial, dedico este trabalho ao meu querido pai, que já não está mais conosco, mas cuja memória e ensinamentos continuam a me guiar e inspirar todos os dias. Aos meus irmãos, pelo encorajamento.

Declaração de Honra

Eu, António Fernando Macaringue, declaro por minha honra que o presente Trabalho de Licenciatura é resultado da minha investigação e que o processo foi concebido para ser submetido apenas para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências de Informação Geográfica, na Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, Agosto de 2024

(António Fernando Macaringue)

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Primeiramente, agradeço à Universidade Eduardo Mondlane, pela oportunidade e recursos oferecidos, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também aos docentes pelo suporte e ensinamentos ao longo do curso. Em especial agradeço ao meu supervisor, Silvino Pedro Cumbane, pelo seu inestimável apoio, orientação e paciência ao longo deste percurso.

Aos meus colegas, Fernando Gomes e Samuel Ouana, agradeço pela colaboração, troca de ideias e apoio moral. A convivência e as discussões com vocês foram fundamentais para o enriquecimento deste percurso acadêmico.

Por fim, minha gratidão especial à minha família, que me proporcionou o suporte emocional e motivacional necessário para concluir este trabalho. Sem vocês, nada disso seria possível.

Resumo

Este trabalho tem como objectivo desenvolver uma ferramenta de Sistemas de Informação Geográfica baseada na internet para apoio na selecção de áreas multifinalitárias aplicando análise multicritério para o distrito municipal de KaTembe. Visa auxiliar usuários com ou sem experiência em Sistemas de Informação Geográfica e análise multicritério a tomarem decisões espaciais de forma intuitiva.

Os objectivos deste trabalho centram-se na elaboração de WebSIG que contém ferramentas de entrada de dados e visualização, a partir do uso de ferramentas como a linguagem de marcação HTML e estilização CSS que juntos compõem a biblioteca *Bootstrap*, responsável pelo desenvolvimento da interface do usuário.

Com recurso a linguagem de programação *python*, a partir das bibliotecas como *Flask* para interação entre *backend* e *frontend*, *geopandas* e *shaply* para a manipulação de dados espaciais e *numpy* para cálculos do método de Análise Hierárquica de Processos foi possível desenvolver uma lógica robusta e flexível no que concerne as funcionalidades do sistema. Aliada ao *backend* foi criada uma base de dados simples usando SQLite com a extensão espacial *spatiaLite* para permitir o armazenamento dos dados espaciais a serem usados no sistema.

A conjugação de todas essas ferramentas e metodologias resulta no presente trabalho, que é um Sistema de Informação Geográfica baseado na internet para apoio na selecção de áreas multifinalitárias aplicando análise multicritério, como ferramenta que promete auxiliar qualquer usuário a pesquisar espacialmente áreas adequadas para habitação, comércio ou prática de agricultura a partir de uma interface amigável e sem aspectos técnicos que necessitem estudos prévios.

Palavras-chave: Áreas multifinalitárias, WebSIG, Análise Multicritério

Abreviaturas

| | |
|-------|---|
| AHP | Análise Hierárquica de Processos |
| AMC | Análise Multicritérios |
| API | <i>Application programming Interface</i> |
| BD | Base de Dados |
| CSS | <i>Cascading Style Sheets</i> |
| ESRI | <i>Environmental Systems Research Institute</i> |
| HTML | <i>Hyper Text Markup Language</i> |
| IGUTP | <i>International Guidelines on Urban and Territorial Planning</i> |
| INE | Instituto Nacional de Estatística |
| ISRIC | <i>International Soil Reference and Information Centre</i> |
| JS | <i>JavaScript</i> |
| MADER | Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural |
| OSMnx | <i>Open Street Map Network X</i> |
| PARC | <i>Palo Alto Research Center</i> |
| RAM | <i>Random-Access Memory</i> |
| SGBD | Sistema de Gerenciamento de Base de Dados |
| SI | Sistema de Informação |
| SIG | Sistema de Informação Geográfica |
| TIC | Tecnologias de Informação e Comunicação |
| WWW | <i>World Wide Web</i> |

Índice

| | |
|---|-----|
| Dedicatória..... | i |
| Declaração de Honra..... | ii |
| Agradecimentos..... | iii |
| Resumo..... | iv |
| Abreviaturas..... | v |
| Lista de Figuras..... | ix |
| Lista de Tabelas..... | x |
| Introdução..... | 1 |
| 1.1. Contextualização | 1 |
| 1.2. Definição do problema..... | 2 |
| 1.3. Relevância de Estudo..... | 2 |
| 1.4. Motivação | 3 |
| 1.5. Objectivos | 4 |
| 1.5.1. Geral | 4 |
| 1.5.2. Específicos | 4 |
| 1.6. Descrição da Área de Estudo | 5 |
| 1.6.1. Breve característica do distrito municipal de KaTembe..... | 5 |
| 1.6.2. Estrutura da População..... | 6 |
| 1.6.3. Condições de Habitabilidade..... | 6 |
| 1.6.4. Relevo | 6 |
| 1.6.5. Clima..... | 7 |
| 1.6.6. Actividades Económicas e Emprego | 7 |
| 1.6.7. Transportes e Vias de Acesso | 8 |
| Revisão de Literatura..... | 9 |
| 2.1 Sistemas de Informação Geográfica..... | 9 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1.1. | Funcionalidades de um SIG | 10 |
| 2.1.2. | Modelos de Dados Espaciais..... | 11 |
| 2.1.3. | Classificação dos SIG | 13 |
| 2.2 | Estrutura Espacial Urbana | 14 |
| 2.2.1. | Indicadores para a escolha de área para Habitação..... | 14 |
| 2.2.2. | Indicadores para a Escolha de Área para Prática de Comércio | 15 |
| 2.2.3. | Indicadores para Escolha de Área Agrícola Urbana..... | 16 |
| 2.3 | Análise Multicritério..... | 17 |
| 2.4 | Internet e os SIG..... | 19 |
| 2.5 | Tecnologias WebSIG..... | 21 |
| 2.5.1. | Evolução dos WebSIG | 21 |
| 2.5.2. | Arquitectura dos WebSIG | 22 |
| 2.5.3. | Estado Actual do WebSIG..... | 23 |
| | Material e Métodos | 24 |
| 3.1 | Material Usado..... | 24 |
| 3.1.1. | Descrição dos dados..... | 24 |
| 3.1.2. | Ferramentas e Tecnologias Usadas | 26 |
| 3.2 | Métodos..... | 27 |
| 3.2.2. | 3.2.1. Procedimentos Computacionais Considerados | 28 |
| 3.2.3. | Pré-processamento dos dados..... | 28 |
| 3.2.4. | Criação e integração dos dados na Base de Dados <i>SQLite</i> | 29 |
| 3.2.5. | Análises Espaciais com <i>Python</i> | 30 |
| 3.2.6. | Integração do Método AHP..... | 31 |
| 3.3 | Desenvolvimento do WebSIG para Apoio a Selecção de Áreas Multifinalitárias Aplicando Análise Multicritério..... | 34 |
| 3.3.1. | Arquitectura do Sistema..... | 34 |
| 3.3.2. | Formulário de Entrada de Dados..... | 34 |
| 3.3.3. | Configuração da Biblioteca <i>Leaflet</i> | 35 |

| | |
|---|----|
| 3.3.4. Estado da Arte..... | 36 |
| Resultados e Discussão | 38 |
| 4.1 Resultados..... | 38 |
| 4.1.1. Funcionalidades do Sistema | 38 |
| 4.2.1. Página WebSIG | 39 |
| Conclusões e Recomendações | 43 |
| 6.1 Conclusão | 43 |
| 6.2 Recomendações | 44 |
| Referências Bibliográficas | 45 |
| Anexos | 50 |
| Anexo 1: Manual do Utilizador | 50 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo..... | 5 |
| Figura 2: Principais fontes de rendimento de KaTembe. Adaptado de INE (2019) | 7 |
| Figura 3: Estrutura Interna de um SIG (Câmara & Ortiz, 2002)..... | 11 |
| Figura 4: Componentes de um sistema web e as suas relações (Gomes, 2024)..... | 20 |
| Figura 5: Componentes de um WeSIG. Fonte: Amorim (2010) citado por Brito (2011). | 23 |
| Figura 6: Fluxograma dos procedimentos. | 27 |
| Figura 7: Fluxograma dos procedimentos computacionais para o desenvolvimento do WebSIG..... | 28 |
| Figura 8: Organização dos dados na base de dados SQLite | 29 |
| Figura 9: Configuração da tabela para armazenamento do número de pesquisas realizadas por finalidade | 30 |
| Figura 10: Fluxo da análise espacial em Python..... | 31 |
| Figura 11: Fluxo Para a atribuição dos pesos | 32 |
| Figura 12: Arquitectura do Sistema..... | 34 |
| Figura 13: Página Inicial do WebSIG | 40 |
| Figura 14: Formulário dos parâmetros de pesquisa..... | 40 |
| Figura 15: Mapa dos Resultados..... | 41 |
| Figura 16: Informações adicionais sobre o distrito municipal de KaTembe | 41 |
| Figura 17: Simulação dos resultados no mapa..... | 42 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Vantagens e desvantagens dos modelos raster e vectorial. Fonte: Carvalho & Santos (2000); Silva, (2003)..... | 12 |
| Tabela 2: Classificação do SIG (Pestana 2001)..... | 13 |
| Tabela 3: Indicadores para a escolha de habitação (Gomes, 2005) | 15 |
| Tabela 4: Indicadores para escolha de área agrícola (Thapa; Murayama; Dorne, 2011)..... | 17 |
| Tabela 5: Escala Absoluta, Definição e Justificativa para o processo decisório com a AHP (Saaty, 1987) | 18 |
| Tabela 6: Vantagens e Desvantagens de um WebSIG adaptado de Gorni at al. (2007)..... | 21 |
| Tabela 7: Algumas tecnologias envolvidas no WebSIG da Actualidade..... | 23 |
| Tabela 8: Descrição dos Dados Espaciais usados | 25 |
| Tabela 9: Infra-estruturas computacionais usadas..... | 26 |
| Tabela 10: Atribuição das prioridades considerando a escala de Saaty (1991) | 32 |
| Tabela 11: Índice Randómico Médio do AHP. Fonte: Saaty (1991)..... | 33 |

Introdução

1.1. Contextualização

O uso da Terra é uma interacção entre humanos e seu meio ambiente onde o homem se empenha em utilizar seu ambiente natural para atender suas necessidades de vida com sucesso (Somantri & Nandi, 2018).

A UN-Habitat (2013) descreve grande parte das capitais dos países africanos como tendo a densidade populacional alta mas com áreas desordenadas, sem infra-estruturas básicas de saneamento, habitação precária, falta de estrada, água encanada, mercados informais em qualquer lugar de forma generalizada.

Enquanto, uma cidade é aquela que atende as necessidades urbanas básicas da população, tais como as de infraestrutura urbana (Araújo & Cândido, 2014).

De acordo com Esteves (2010), a utilização dos Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite a manipulação e interpretação da relação entre dados espaciais e dados alfanuméricos sem representação geográfica. A análise deste tipo de dados é possível através de vários processos, pois facilita o estabelecimento de uma relação entre ambos.

Malczewski (1999) destaca que a Análise Multicritério em Sistemas de Informação Geográfica envolve a aplicação de alternativas de decisão baseadas em valores de critérios e preferências dos decisores. Greene *et al.* (2011) e Malczewski e Rinner (2015) também enfatizam a importância de considerar as preferências dos decisores e as regras de decisão específicas para gerar resultados que reflectam as necessidades e objectivos de planeamento.

Com isso, a aplicação de métodos multicritério ganham cada vez mais aceitação no que diz respeito aos modelos quantitativos, pois conseguem incorporar em sua análise muitas variáveis, sejam elas qualitativas ou quantitativas. É possível simular e avaliar vários cenários simultaneamente, buscando uma solução otimizada. Essa análise consiste em modelar espacialmente diferentes critérios, que determinam a escolha de uma área apropriada para dada finalidade (Castro *et al.*, 2015).

1.2. Definição do problema

A procura das melhores condições de vida nas cidades por parte das populações rurais e as altas taxas de crescimento populacional são apontados como os principais factores que impulsionam o crescimento do tecido urbano em Moçambique (Alsaaidh *at al.*, 2011).

Ademais, a construção da ponte Maputo-KaTembe alavancou o processo de ocupação no distrito municipal de KaTembe, tornando-o uma opção para a descentralização urbana no centro da cidade de Maputo. Porém esse crescimento rápido do tecido urbano no distrito traz consigo dificuldade no acesso a infra-estruturas básicas (Chicombo, 2022).

A carência de infra-estruturas básicas em Moçambique é um problema grave. Um estudo realizado pelo *World Bank Group* (2019) revela que o país apresenta um nível de cobertura de infraestruturas básicas significativamente baixo, ficando abaixo da média em comparação com os países vizinhos.

Com isso, um dos maiores desafios da actualidade é que, embora as pessoas considerem se mudar, muitas não têm certeza se estarão em um local onde será fácil encontrar as infra-estruturas básicas necessárias próximas a áreas para habitação, comércio, agricultura ou outros usos.

1.3. Relevância de Estudo

A integração de SIG com Análise Multicritério (AMC) representa um avanço metodológico que permite análises mais robustas e detalhadas de dados espaciais. Esta abordagem combina técnicas de análise espacial com modelos de decisão multicritério (Malczewski, 1999; Greene *at al.*, 2011). Além disso, ao facilitar a visualização e análise de grande volume de dados espaciais, o WebSIG promove novas possibilidades de pesquisas em várias disciplinas, incluindo Geografia, Urbanismo e Ciências Ambientais (Esteves, 2010).

A implementação de um WebSIG também tem implicações económicas significativas. Ao fornecer uma ferramenta eficaz para selecção de áreas adequadas para diversas finalidades, pode ajudar a otimizar o uso do solo, reduzir custos e aumentar a eficiência dos processos de planeamento. Além disso, ao identificar áreas ideais para habitação, comércio e agricultura, o WebSIG pode promover o desenvolvimento económico equilibrado e sustentável, potencializando investimentos em infraestrutura e serviços urbanos (UN-Habitat, 2013).

Em um contexto de urbanização rápida e desordenada, como observado em muitas capitais africanas, ferramentas que facilitam a tomada de decisão do âmbito espacial são essenciais para melhorar a qualidade

de vida das populações (UN-Habitat, 2013). O WebSIG permite uma abordagem participativa no planeamento, envolvendo a comunidade na tomada de decisões e garantindo que suas necessidades e preferências sejam consideradas (Greene *at al.*, 2011). Além disso, a transparência e acessibilidade dos dados proporcionados pelo WebSIG podem aumentar a confiança da população nas autoridades locais (Malczewski & Rinner, 2015).

1.4. Motivação

A selecção de áreas multifinalitárias em zonas urbanas envolve múltiplos critérios e factores, como acessibilidade, infra-estruturas, custos e impactos ambientais. Tomar decisões informadas nesse contexto é desafiador. Para fazer essa selecção considerando múltiplos critérios, uma vez que trata-se de informação espacial, é necessário implementar ferramentas SIG, dos quais um usuário sem prévio conhecimento na manipulação dos mesmos pode enfrentar várias dificuldades. Pois como referem Rodrigues *at al.* (2002) a tomada de decisão de âmbito espacial e multicritério requer uma articulação entre os objectivos do ou dos decisores e a identificação dos atributos necessários na determinação do grau em que esses objectivos serão atingidos.

Problemas de decisão espacial normalmente envolvem um grande conjunto de alternativas viáveis e critérios de avaliação múltiplos, conflitantes e incomensuráveis. As alternativas são frequentemente avaliadas por vários indivíduos (decisores, gestores, partes interessadas, grupos de interesse) (Malczewski, 2006).

Desta forma, o presente trabalho surge na perspectiva de auxiliar qualquer usuário a tomar decisões espaciais, aplicando os critérios desejados para a selecção de áreas multifinalitárias sem precisar ser um especialista em Sistemas de Informação Geográfica.

1.5. Objectivos

1.5.1. Geral

Desenvolver uma proposta de WebSIG para suporte à selecção de áreas multifinalitárias aplicando Análise Multicritério.

1.5.2. Específicos

- Colectar dados espaciais a partir do *OSMnx* de infra-estruturas básicas para suporte a selecção de áreas multifinatórias;
- Criar uma Base de Dados Espaciais para armazenar dados espaciais a serem usados nas análises com recurso ao Sistema de Gestão de Base de Dados *SQLite*;
- Desenvolver um algoritmo de análise espacial usando a linguagem de programação *python* para a localização de áreas ideais com base em critérios estabelecidos pelo usuário;
- Aplicar Análise Multicritério para avaliação de áreas adequadas com base em critérios pré-estabelecidos pelo usuário;
- Criar uma interface do usuário para a visualização dos resultados da análise em mapa temático interactivo a partir do *Leaflet* para suporte a decisão.

1.6. Descrição da Área de Estudo

1.6.1. Breve característica do distrito municipal de KaTembe

O distrito municipal de KaTembe pertence ao município de Maputo, localizado em Moçambique, na Cidade de Maputo e situa-se entre as Latitudes 25°58'12"; 26°05'50" a Sul, e Longitudes 32°26'22"; 32°36'26" a Este. Suas fronteiras limitam-se ao norte pela baía de Maputo que o separa da área central da Cidade de Maputo, a Oeste pelo rio Tembe, a Este pela Baía de Maputo e a Sul pelo Distrito de Matutuíne (Figura 1) (Chicombo, 2022).

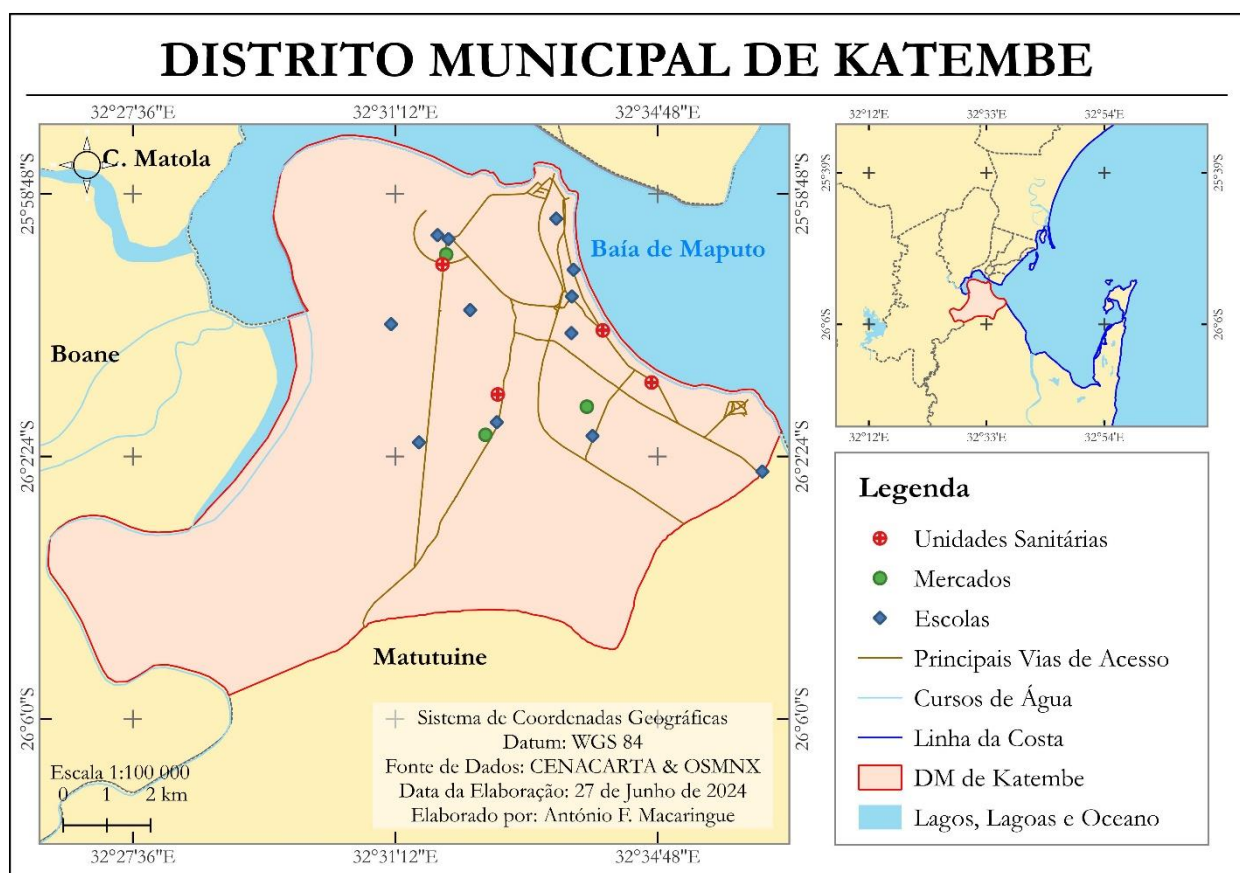


Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo.

As Línguas mais faladas pela população são Xizinguiri, Xironga e Português, em termos de estruturas de poder local dividem-se entre órgãos locais do Estado e autoridades comunitárias. O principal representante do governo em KaTembe é o Vereador do Distrito (Conselho Municipal, 2022).

1.6.2. Estrutura da População

De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (2019), viviam no distrito de KaTembe, cerca de 20 788 habitantes no ano de 2017. Com relação a composição populacional, as mulheres representam cerca de 51% dos residentes e os homens 49%, o grupo constituído por crianças, adolescentes e jovens, representa cerca de 42% do total da população, o que é indicativo de uma fase populacional ainda muito jovem, quanto à estrutura da população por tipo somático, a raça negra é a mais predominante.

1.6.3. Condições de Habitabilidade

O distrito municipal de KaTembe, caracteriza-se por ter áreas residências não planificadas, que configuram um problema na medida em que carecem de infra-estruturas para servir as habitações unifamiliares, problema que é ainda agravado pela sua distribuição de forma desordenada. Por outro lado, também estão presentes problemas associados normalmente a zonas de autoconstrução, verificando-se ainda pressões para ocupação dos espaços vazios, incluindo zonas baixas e susceptíveis a inundações (Conselho Municipal, 2022).

De modo geral, segundo o INE (2019), o tipo de habitação prevalecente no distrito municipal de KaTembe consiste em habitações construídas com bens duráveis como tijolo ou bloco de cimento e areia com cobertura de chapas de zinco. Esta tipologia habitacional regra geral obedece a autoconstrução, sem obediência aos regulamentos construtivos e urbanísticos, resultando em habitações pouco resilientes, e que contribuem para uma qualidade urbanística pobre, correspondendo a mais de 50% do edificado.

1.6.4. Relevo

A geomorfologia do Distrito Municipal de KaTembe caracteriza-se por ter um relevo suave e aplanado, típico de uma planície costeira composta por extensos mantos dunares. Os declives são maioritariamente moderados de 5% a 16%, sendo que nas zonas mais declivosas, nomeadamente junto ao mar, existe alguma pré-disposição para a ocorrência de movimentos de massa de vertente, destacando-se os tombamentos de massa em vertente, escorregamento de solos e detritos (Conselho Municipal (2015) citando Betar (2012)). De acordo com a Carta Hipsométrica (Modelo Digital do Terreno) elaborada por Give (2016) grande parte da área de intervenção situa-se abaixo dos 60m, sendo que a zona ribeirinha e baixas aluvionares tem altimetrias abaixo dos 10m.

1.6.5. Clima

O clima do Distrito Municipal de KaTembe de acordo com a classificação de *Koppen* é do tipo tropical de savana, com uma temperatura média mensal igual ou superior a 18°C, com pluviosidade média anual de 713mm e de acordo com a classificação de *Thorntwaite* é semiárido, ou seja, de transição sendo Junho o mês que, por regra, ocorre menor precipitação. A região apresenta uma época chuvosa e muito quente, associada ao Verão, que ocorre entre Novembro e Março e uma época seca com temperaturas amenas, de Abril a Outubro. Contudo, destaca-se o facto de nos últimos anos, o clima apresentar fortes variações e se assistir a um aumento dos eventos climáticos extremos associados a secas, chuvas e ciclones (Conselho Municipal, 2022).

1.6.6. Actividades Económicas e Emprego

Segundo os dados do INE (2019), no Distrito Municipal de KaTembe a maior fonte de rendimento é a agricultura, sendo praticada por 47% da população que lá reside, seguida do emprego no sector informal que ocupa cerca de 32% da população, depois dessas actividades seguem a pecuária e avicultura, emprego no sector formal, pesca, apoios sociais, vizinhos e familiares, Figura 2.

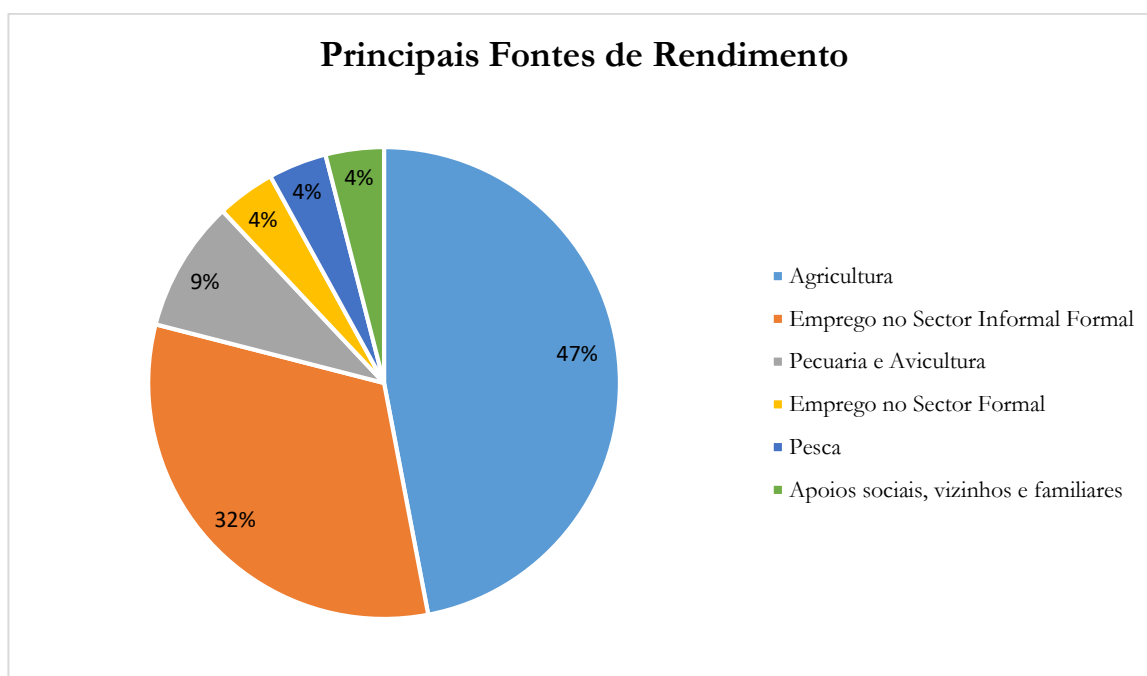


Figura 2: Principais fontes de rendimento de KaTembe. Adaptado de INE (2019)

1.6.7. Transportes e Vias de Acesso

No Distrito Municipal de KaTembe a mobilidade e a acessibilidade é bastante afectada pelo estado das vias, uma vez que uma grande parte das vias apresenta características informais e são de Terra batida, sem sistemas de drenagem de águas pluviais, pese embora o piso seja razoável no que concerne ao estado de conservação, em período de chuva a maioria das vias apenas são acessíveis com veículos com tração nas quatro rodas (Conselho Municipal, 2022).

Efectivamente, o transporte entre as duas margens era feito por *ferry-boat*¹ de passageiros/carro, por pequenas embarcações pertencentes a operadores privados ou por um desvio via Boane (estrada nacional EN2). Contudo, com a inauguração da ponte o paradigma mudou e duas novas rotas de transporte de passageiros entraram em funcionamento, na cidade de Maputo, ligando o Distrito Municipal de KaTembe e os terminais de Museu e da Praça dos Combatentes (Conselho Municipal, 2022).

¹ Um barco que transporta pessoas e coisas (Britannica, n.d.)

Revisão de Literatura

A revisão de literatura é o processo de busca, análise e descrição de um corpo do conhecimento em busca de resposta a uma pergunta específica. “Literatura” cobre todo o material relevante que é escrito sobre um tema: livros, artigos de periódicos, artigos de jornais, registos históricos, relatórios governamentais, teses e dissertações e outros tipos (Mattos, 2015).

2.1 Sistemas de Informação Geográfica

A expressão “Sistemas de Informação Geográfica” foi empregada pela primeira vez nos anos de 1960 (Teixeira, 1993).

Roger Tomlinson, considerado por muitos como o pai do SIG pelo seu papel na criação do “*Canada Geographic Information System*” em 1966, usou o termo para descrever um sistema que permitisse o Governo do Canadá processar e analisar uma vasta quantidade de dados geográficos coligidos pelo “*Canada Land Inventory*”. Fazendo uso da tecnologia digital em desenvolvimento, pretendeu solucionar com menor custo e eficiência os problemas de tratamento dos grandes volumes de informação, como sobrepor mapas de diferentes temas e medir áreas, soluções que seriam dispendiosas e difíceis manualmente. Além disso, suportaria um conjunto de pesquisas definidas pelo utilizador (Teixeira, 1993).

Um SIG é composto por um *software*², *hardware*³, pessoas e dados, que em conjunto possibilitam localizar, georreferenciar, armazenar, pesquisar e cruzar características de elementos presentes no mundo real. A integração dos dados permite então produzir nova informação útil (Almeida, 2007).

Para Davis (2002), SIG são ferramentas projectadas para colectar, manipular e apresentar grandes volumes de dados espaciais.

Lewis (1990) define SIG como um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) para capturar, armazenar, recuperar, analisar e visualizar dados espaciais.

² Qualquer programa de computador capaz de comandar o funcionamento de um sistema com base em computador, executando tarefas específicas (Amorim, 2012).

³ Toda parte física do dispositivo, tudo que se toca (Amorim, 2012).

Segundo Martin (1996), um SIG deve conter vários elementos, que são fundamentais ao seu funcionamento, nomeadamente:

- Os **dados espaciais** derivados de fontes variadas, como fotografia aérea, levantamentos cartográficos, Detecção Remota, censos, entre outros, cuja principal finalidade é a de agregação e integração da informação georreferenciada de várias fontes;
- Os **recursos humanos** constituem a componente fundamental para lidar com os procedimentos complexos desta tecnologia, desde o levantamento, armazenamento, tratamento, apresentação e análise dos dados. Estas operações requerem capacidades e conhecimentos adequados por parte dos utilizadores;
- A **recepção, introdução e correcção de dados** para o sistema podem ser feitas por digitalização manual e/ou por rasterização e recuperação de dados através de outros sistemas de bases de dados;
- O **Armazenamento e a organização** são mecanismos que incluem o armazenamento físico dos dados;
- A **manipulação e as análises** referem-se a capacidade de manipular a informação de modo espacial;
- A **saída de dados e a representação gráfica** constituem uma importante ferramenta de apresentação dos dados espaciais, envolvendo a exportação dos dados do sistema do computador para uma forma legível pelo ser humano (Faria, 2006).

2.1.1. Funcionalidades de um SIG

As funções dum SIG passam por adquirir, armazenar e extrair informação mas, particularmente pressupõem, segundo Cunha (2009) os seguintes aspectos:

- **Recolha de Dados:** disponibilizando métodos para a introdução de dados geográficos (georreferenciados) e tabulares (atributos);
- **Armazenamento:** os dados geográficos podem ser armazenados no modelo vectorial e no modelo matricial;
- **Consulta:** os atributos dos dados geográficos podem ser consultados nas bases de dados;

- **Análise:** capacidade em responder a questões relacionadas com a interacção das relações espaciais de vários dados;
- **Visualização:** permite a identificação visual de relacionamentos espaciais de vizinhança, conexão e proximidade (importante na análise exploratória de dados);
- **Saídas:** os resultados podem ser apresentados como mapas, relatório e gráficos.

Portanto, Câmara e Davis (2002), também abordam estes aspectos, definindo que a estrutura geral de um SIG possui os seguintes componentes: interface⁴ do usuário, entrada e integração dos dados, funções de consulta e análise espacial, armazenamento e visualização de dados (organizados sob a forma de um base de dados geográficos) conforme ilustrado na figura 3.

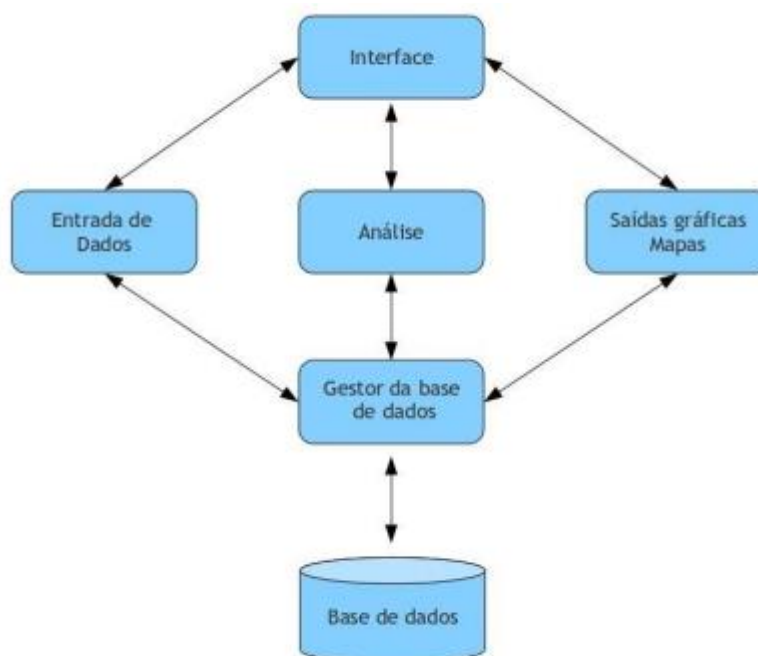


Figura 3: Estrutura Interna de um SIG (Câmara & Ortiz, 2002)

2.1.2. Modelos de Dados Espaciais

Num SIG a compatibilidade da representação do espaço real num suporte digital, por natureza finito e discreto, só é possível generalizando ou abstraindo as relações e os elementos-objectos, isto é, criando um modelo de dados capaz de incorporar somente as propriedades relevantes para a aplicação em vista (Teixeira, 1993).

⁴ Toda porção de um sistema com a qual um usuário mantém contacto ao utilizá-lo, tanto activa quanto passivamente (Prates; Barbosa, 2004).

Nessa linha de raciocínio é importante referenciar que os dados espaciais são definidos como sendo qualquer tipo de dados que descrevem fenómenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial, onde essa informação espacial pode ser armazenada em estrutura vectorial ou matricial (Ferreira, 2006).

Estrutura Matricial “*raster*” – O espaço é representado como uma matriz composta de colunas e linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas (Câmara & Medeiros, 1999).

Estrutura Vectorial – As entidades espaciais elementares são objectos susceptíveis de agregação ou desagregação e com tamanhos, formatos e tipos variados. Os três tipos básicos de objectos são: os pontos ou nodos, as linhas ou arcos (definidos por pontos) e as áreas ou polígonos (limitados por arcos) (Teixeira, 1993).

Os formatos vectoriais são mais indicados para representações de entidades com distribuição espacial exacta (localização de pontos de captação de água, estradas, uso do solo, etc.), têm uma estrutura de dados compacta e a topologia pode ser descrita explicitamente (Victorino, 2011). Na Tabela 1 são descritas de forma resumida as vantagens e desvantagens de cada modelo de dados.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens dos modelos *raster* e vectorial. Fonte: Carvalho & Santos (2000); Silva, (2003).

| Modelo | Vantagens | Desvantagens |
|---------------|---|---|
| Vectorial | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estrutura de dados compacta; ➤ Eficiência na análise de relacionamentos espaciais; ➤ Feições são representadas precisamente por pontos, linhas e polígonos; | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estrutura complexa; ➤ Operações de superposição complexas; ➤ A representação de alta variabilidade espacial não é eficaz. |
| Matricial | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estrutura de dados simples; ➤ Operações de superposição simples de serem implementadas; ➤ Fenómenos contínuos no espaço melhor representados; | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estrutura de dados toma bastante espaço em memória; ➤ Dificuldade na associação de atributos a feições; ➤ O produto final pode não ser esteticamente agradável. |

2.1.3. Classificação dos SIG

Os SIG podem ser classificados de acordo com vários critérios desde as suas funcionalidades, até ao seu custo, dimensão, plataforma ou modelo de dados. As suas utilizações frequentemente lhes enquadram como sistemas de apoio à decisão e como sistemas de gestão. São pontos fortes dos SIG, a versatilidade de integração de diferentes formatos de imagem e vector dos princípios produtores e a facilidade de construção do modelo vectorial, ligado à partilha a atributos extensíveis e a modelos de dados flexíveis (Caeiro, 2013).

Pestana (2001) propõe a classificação dos Sistemas de Informação Geográfica em três grupos distintos (Tabela 2), separados segundo o critério de requisitos de sistemas para o processo de desenvolvimento de Sistema de Informação Geográfica.

Tabela 2: Classificação do SIG (Pestana 2001)

| Grupo | Objectivo |
|---|---|
| SIG para Suporte à Decisão | <ul style="list-style-type: none">➤ Tipicamente usados em problemas de planeamento e gestão;➤ Partilha muitas características dos sistemas de apoio à decisão;➤ Requerem o desenvolvimento de ambientes especialmente adequados à resolução de problemas, em que a integração de muitos produtos informáticos e a criação de interfaces Homem-Máquina simples potentes se colocam como questões centrais;➤ Destina-se a objectivos que não se encontram completamente definidos quando o sistema é criado. |
| SIG Operacionais | <ul style="list-style-type: none">➤ Resolução de problemas bem definidos que ocorrem com carácter repetitivo;➤ Caracterizam-se por suportar diversos tipos de funcionalidades, particularmente, para organização e armazenamento de dados e para obtenção de dados predefinidos;➤ Solucionar problemas nas áreas de gestão e análise de redes de infra-estruturas, de cadastro e registro de propriedades, etc. |
| SIG Operacionais com requisitos de tempo real | <ul style="list-style-type: none">➤ Distinguem-se pelas frequentes alterações de dados e por envolverem muitas variáveis com características temporais fundamentais;➤ Destinam-se a resolver problemas de carácter global e de monitoração de redes;➤ Utiliza modelos complexos e base de dados volumosos, com recurso a alta tecnologia. |

2.2 Estrutura Espacial Urbana

A estrutura espacial urbana é o padrão de distribuição espacial das actividades em uma cidade, reflectindo a distribuição e composição dos elementos da cidade. Os estudiosos exploraram extensivamente a estrutura espacial urbana em termos de uso do solo, actividades comportamentais e transporte, concentrando-se em resumos de estruturas urbanas estáticas. No entanto, as Tecnologias de Informação e Comunicação remodelaram a relação entre capital, espaço e pessoas, orientando a evolução dinâmica da estrutura espacial urbana. Por um lado, as novas tecnologias e as preferências do capital contribuíram para o nascimento e popularidade das plataformas digitais, permitindo a recombinação de espaços comerciais em novas localizações geográficas (Rodrigue, 2024).

O planeamento urbano e territorial combina várias dimensões espaciais, institucionais e financeiras ao longo de períodos e escalas geográficas. Trata-se de um processo contínuo e iterativo, baseado em regulações obrigatórias que tem o objectivo de promover cidades mais compactas e sinergias entre territórios. Além disso, o planeamento urbano e territorial inclui planeamento espacial, visando facilitar e articular decisões políticas com base em cenários diferentes e traduzindo essas decisões em acções que transformarão o espaço físico e social e apoiarão o desenvolvimento de cidades e territórios integrados (UN-Habitat, 2016).

Ainda segundo o UN-Habitat (2016), os governos nacionais devem promover o uso do planeamento espacial como mecanismo facilitador e flexível, ao invés de um modelo rígido. Os planos espaciais devem ser elaborados de uma forma participativa e suas várias versões devem ser disponibilizadas e de uso simples, de forma que sejam facilmente compreendidas pela população como um todo.

Contudo, é dever das autoridades locais elaborar e articular planos territoriais e urbanos que incluam vários componentes espaciais, como um conjunto de cenários de desenvolvimento baseado em uma análise detalhada das tendências demográficas, sociais, económicas e ambientais e que leve em consideração os vínculos fundamentais entre uso do solo e transporte (Rodrigue, 2024).

2.2.1. Indicadores para a escolha de área para Habitação

A habitação é um factor determinante, a par de outros, na qualidade de vida, no dia-a-dia e na possibilidade de desenvolvimento e concretização das expectativas dos seres humanos. A criação, e manutenção da qualidade habitacional tem que ser preocupação fundamental de todos os intervenientes

neste processo, inclusive os utilizadores. Os indicadores para a escolha de habitação (Tabela 3) são colocados tendo em vista as necessidades do habitante, elas podem ser (Gomes, 2005):

Tabela 3: Indicadores para a escolha de habitação (Gomes, 2005)

| Indicadores sugeridos | Fragmentos da informação escrita |
|--|--|
| Acessibilidade e transportes públicos | Se não é possível comprar uma casa perto do emprego, a opção é por uma localização com boas acessibilidades e, se possível, coberta por uma rede razoável de transportes públicos. O simples facto de existirem transportes públicos na área de residência, é por si só, um sinal de que as estradas estão menos congestionadas. Deve procurar-se uma localização com várias estradas de acesso alternativo. |
| Escolas | É um critério extremamente importante para quem tem, ou pensa vir a ter, crianças em casa. A proximidade de escolas de ensino básico e secundário é importante no que diz respeito à segurança nos trajectos dos filhos de casa para a escola e vice-versa. Certificar-se que o filho vai viver numa casa perto do espaço onde vai passar grande parte do seu dia. |
| Centro de Saúde ou Médico e Hospital | Quando se está doente dificilmente existe paciência para percorrer longas distâncias até se chegar ao consultório do médico. É fundamental certificar-se que a sua casa não está situada muito longe do centro de saúde da sua área de residência e que o hospital mais próximo está a uma distância razoável. |
| Comércio/serviços | Fazer compras de última hora; a carta que quer enviar, mas descobriu que não tem envelopes, são alguns contratemplos do dia-a-dia. Deve ter-se em atenção a proximidade de algumas lojas que poderão ser úteis em situações de aperto. |

Para além desses indicadores, Gomes (2005) também menciona os espaços culturais, barulho, vista, instalações desportivas, estacionamento e espaços verdes como sendo algumas das variáveis que também podem ser tidas em conta no processo de selecção de uma área para habitação.

2.2.2. Indicadores para a Escolha de Área para Prática de Comércio

Uma localização adequada garante a rentabilidade e a viabilidade a longo prazo de uma instalação comercial. Isto fornece uma base importante para prever o seu potencial comercial, especialmente instalações de restauração e retalho. O processo geral de selecção de localização para instalações

comerciais inclui dois aspectos: selecção de macro localização e determinação de micro localização (Roig-Tierno *et al.*, 2013).

Para determinar a melhor localização para instalações comerciais, os estudiosos medem o grau de vantagem relativa de uma localização, isto é, potencial benefício espacial ou valor económico, com base em quadros teóricos de diferentes perspectivas, a teoria do lugar central e a teoria da interacção espacial baseiam-se no pressuposto de consumidores racionais e resumem as vantagens hierárquicas na estrutura espacial macro urbana (Roig-Tierno *et al.*, 2013).

Para estes autores, na selecção de áreas para comércio devem ser considerados as seguintes infra-estruturas físicas: localização de outras lojas/mercados, Acesso a estrada principal, proximidade a áreas habitadas (Roig-Tierno *et al.*, 2013).

2.2.3. Indicadores para Escolha de Área Agrícola Urbana

A definição de agricultura urbana refere-se à localização dos espaços dentro e ao redor das cidades ou áreas urbanas. A expansão das cidades é acompanhada pela necessidade crescente de fornecer alimentos às famílias que nelas residem. Os índices de pobreza das populações urbanas também tem crescido, bem como a dificuldade ao acesso à alimentação básica (Machado & Machado, 2002).

Para os autores Machado e Machado (2002), entre as principais contribuições da agricultura urbana, destacam-se três áreas fundamentais: bem-estar, meio ambiente e economia. O aumento da segurança alimentar, a melhoria da nutrição e da saúde humana nas comunidades carentes e o ambiente mais limpo, reduzindo os surtos de doenças estão relacionados ao bem-estar da população. Em relação ao meio ambiente, destacam-se a conservação dos recursos naturais, a amenização do impacto ambiental decorrente da ocupação humana e a grande acção nas comunidades, buscando a sustentabilidade. O incremento da reutilização e reciclagem de resíduos é também de grande importância. Em relação à economia, ressaltam-se com possibilidades de trabalho desvinculadas daqueles marginais, que muitas vezes geram inseguranças e violência. Os trabalhos na agricultura urbana fortalecem a base económica, diminuem a pobreza e fomentam o empreendimento, gerando trabalho para mulheres e outros grupos marginalizados.

Segundo (Thapa; Murayama; Dorne, 2011), os principais indicadores a ter em conta são (Tabela 4):

Tabela 4: Indicadores para escolha de área agrícola (Thapa; Murayama; Dorne, 2011)

| Indicadores sugeridos | Fragmentos da informação escrita |
|--|---|
| Tipo de solo | Os solos sustentam o crescimento das plantas, principalmente fornecendo suporte mecânico, água e nutrientes para as raízes que posteriormente distribuem para plantas inteiras e são essenciais para sua existência. As características dos solos podem determinar os tipos de vegetação ou de plantas que neles se desenvolvem, sua produtividade e, de maneira indirecta, determinam o número e tipos de animais (incluindo pessoas) que podem ser sustentados por essa vegetação (Coelho <i>et al.</i> , 2002). |
| Tipo de Uso e Cobertura do Solo | Usado no processo de avaliação ambiental e de estimativa do potencial da Terra, considerando as suas qualidades e limitações para uso agrícola e não agrícola, sem o risco de danos permanentes ao ambiente. |
| Vias de acesso | Os elevados custos de transacção de produtos agrários entre as zonas produtoras, particularmente na região centro e norte no país, e os centros de consumo são derivados da infraestrutura viária subdesenvolvida. A falta de uma infraestrutura viária e transporte adequados tornam difícil o acesso a mercados agrários. O ambiente de negócios é dificultado pela intransitabilidade da maior parte das estradas não classificadas, especialmente durante o período chuvoso (MADER, 2022). Estradas e pontes podem abrir novas áreas de produção e facilitar as transacções comerciais (MADER, 2022). |
| Cursos de Água, Lagos | As actividades agrícolas podem causar efeitos diferenciados sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. A agricultura extensiva provoca impacto ambiental adverso sobre a qualidade da água quando praticada em áreas marginais e ecologicamente sensíveis. Este tipo de agricultura é muito usada por pequenos produtores nas zonas tropicais, e devido ao pequeno capital envolvido, ao baixo uso de fertilizantes e pesticidas, os impactos ambientais causados por este sistema de produção ocorre pelo aumento da pressão demográfica (Lal, 1994). |
| Mercados | O sector agrário é caracterizado pela fraca participação nos mercados por parte dos produtores, tanto como vendedores da sua produção assim como compradores de insumos agrários (MADER, 2022). A proximidade aos mercados facilita no transporte e comercialização de produtos agrários (Waquil <i>et al.</i> , 2010). |

2.3 Análise Multicritério

Entre os métodos de análise multicritérios mais difundidos e utilizados globalmente, a Análise Hierárquica de Processos ou em inglês *Analytic Hierarchy Process* (AHP) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1980, nos Estados Unidos. Trata-se de uma metodologia voltada para solução de problemas de escolhas (opção), aplicada para diversas situações onde existam estruturas complexas. O método AHP analisa matematicamente comparações pareadas entre factores em conjunto aos julgamentos e pesos de especialistas para avaliar critérios qualitativos ou intangíveis. Assim, são

identificados factores ou atributos que, quando seleccionados, são organizados hierarquicamente descendentes de modo geral até o objectivo ou solução para o problema até o critério, subcritério e alternativas em diversos níveis ((Saaty (1990) citado por Pimenta (2018)).

Para Saaty (1987), o método AHP é uma teoria geral de mensuração, usada para derivar escalas de comparação entre pares discretos e contínuos. Essas comparações podem ser tomadas a partir de medições reais ou de uma escala fundamental que reflecte a força relativa das preferências e julgamentos. Inicialmente, decompõe-se hierarquicamente para então agregar as soluções de todos os subproblemas em uma conclusão. Esse processo facilita a tomada de decisões, organizando percepções, julgamentos e informações em uma estrutura que exhibe as decisões, organizando percepções, julgamentos e informações em uma estrutura que exhibe as forças que influenciam uma decisão (Saaty, 1990). No caso simples e mais comum, as forças são organizadas a partir do mais geral e menos controlável para o mais específico e controlável, utilizando a capacidade humana inata de fazer julgamentos sobre pequenos problemas.

Para prosseguir com o processo de hierarquização proposto pelo método AHP, adoptou-se a escala absoluta de Saaty (1987), que contém a intensidade (de 1 a 9), definição e a justificativa de cada um dos itens, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Escala Absoluta, Definição e Justificativa para o processo decisório com a AHP (Saaty, 1987)

| Intensidade da importância da escala absoluta | Definição | Justificativa |
|--|---|--|
| 1 | Igual importância | As duas actividades contribuem equitativamente para o objectivo. |
| 3 | Importância moderada de um sobre o outro factor. | Julgamento e experiência favorecendo fortemente uma actividade sobre a outra. |
| 5 | Essencial ou forte importância. | Julgamento e experiência favorecendo fortemente uma actividade sobre a outra. |
| 7 | Importância muito forte. | Uma actividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática. |
| 9 | Importância extrema. | Evidência favorecendo uma actividade sobre a outra é a mais expressiva possível na ordem de afirmação. |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermediários entre os julgamentos adjacentes. | Quando há necessidade de compromisso. |

Em muitos casos, a quantificação do julgamento do decisor entre dois critérios envolve dificuldades associadas com erros na mensuração dos atributos, imparcialidade nas avaliações e disponibilidade de informação, bem como imprecisões e ambiguidades, inerentes aos procedimentos da análise pareada (Chang; Chang; Chen, 2009).

Pautando-se no modelo de Saaty (2008), a aplicação do método AHP é composta pela seguinte actividades:

- i. Definição dos critérios (mapas temáticos) que compõem a matriz de decisão hierárquica;
- ii. Construção do conjunto de matrizes de comparação pareada com os atributos seleccionados na etapa anterior;
- iii. Atribuição de julgamentos/pesos aos critérios previamente definidos, seja com base em dados previamente levantados ou por meio de painel de especialistas.

2.4 Internet e os SIG

Victorino (2011) afirma que “A Internet é a maior rede de trabalho do mundo”.

A *World Wide Web* (*www* - Rede de Alcance Mundial) surgiu, nos finais da década de 80 do século XX, como um integrador da informação disponível na maior rede do mundo, chamada de internet que conecta computadores descentralizados a servidores independentemente das suas localizações (Gomes, 2012).

Essa rede, muitas vezes chamado simplesmente de *Web*, é uma das múltiplas aplicações de rede da internet. Os documentos disponibilizados na *Web* estão normalmente em forma de texto, hipertexto, figuras, som ou vídeo. Para visualizar os documentos precisamos de um navegador. (Correia, 2011).

Um sistema *web* encontra-se dividido em diversas componentes (Figura 4). Essas componentes podem ser agrupadas em camadas individuais que segundo Gomes (2024) são:

- **Camada de apresentação:** Permite o utilizador interagir com o sistema, através da interface de utilizador;
- **Camada de aplicação:** Contém a lógica do sistema, estando representado na Figura 4 pelo servidor *web*. Esta camada é responsável por fazer o processamento dos dados necessários para o funcionamento da aplicação *web*. Serve também de intermediária entre a camada de apresentação e a camada de dados;

- **Camada de dados:** Responsável pelo armazenamento dos dados e pelo fornecimento dos mesmos sempre que são requisitados.

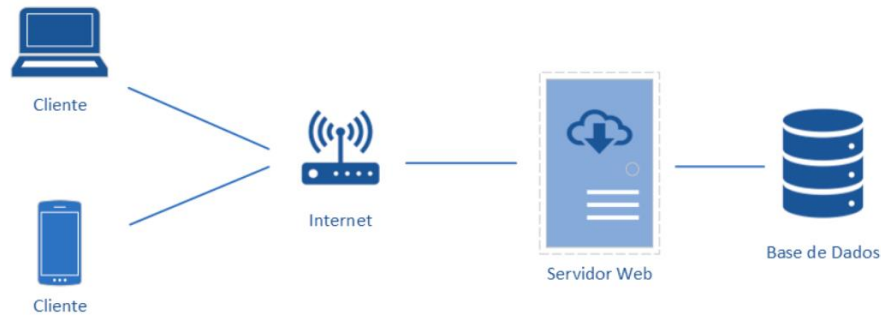


Figura 4: Componentes de um sistema web e as suas relações (Gomes, 2024).

A Internet influenciou os SIG em três grandes áreas: no acesso aos dados, na disseminação da informação espacial e no processamento e modelação de dados espaciais. A Internet possibilita a disseminação dos resultados das análises e da informação espacial para uma audiência maior do que o SIG tradicional (usando o *desktop*⁵). Além disso, a internet está se tornando um meio para se realizar processamentos de dados espaciais.

Cada uma das linguagens de programação possui seu próprio conjunto de estruturas para criar aplicações web, para python (Django, Flask, FastAPI, Tornado), designados por Frameworks assumem algumas das responsabilidades do desenvolvedor e ajudam a garantir a segurança na aplicação, trabalhando com redireccionamento típico, autenticação, registro e outras funcionalidades (Kornienko *et al.*, 2021).

Entretanto, a Interface de Programação de Aplicações ou simplesmente API (*Application Programming Interface*) é um conjunto de métodos e regras pelos quais os aplicativos trocam mensagens e transferem dados. A API não apenas ajuda a organizar as interações, também desempenha um papel importante na garantia dessa interação. Além disso, API possui vários estilos arquitetônicos que refletem certos aspectos do trabalho da interface (Kornienko *et al.*, 2021).

⁵ Refere-se ao computador de mesa ou formato de aplicativos a serem instalados no sistema operativo (Machado, 2024)

2.5 Tecnologias WebSIG

Podemos definir um WebSIG, como um sistema capaz de providenciar a observação e consulta de dados geográficos em suporte cartográfico através da internet (Costa, 2024).

Indo mais a fundo, o termo “WebSIG” refere-se a aplicações que distribuem dados espaciais pelos utilizadores através de um navegador *Web*. Dependendo das capacidades do *software* utilizado, os utilizadores podem exibir, consultar e analisar dados geográficos através de uma interface disponível num navegador *Web*. O conceito WebSIG tornou-se amplamente utilizado tanto por organizações públicas como privadas, porque é uma maneira relativamente barata de divulgação de dados espaciais e funcionalidades básicas de SIG (Bonnici, 2005).

Um WebSIG é então constituído por cinco elementos chave: um cliente (Navegador de internet como *Google Chrome, Internet Explore, FireFox, etc.*), um servidor *Web* (IIS, Apache, etc.), uma linguagem de programação compatível, uma base de dados espacial e um servidor de mapas (Gorni *at al*, 2007).

Estes WebSIG têm evoluído ao longo dos tempos, acompanhando os avanços das tecnologias e por isso cada vez são mais utilizados. Assim, torna-se importante reconhecer as suas vantagens e desvantagens (Tabela 6) (Gorni *at al*, 2007).

Tabela 6: Vantagens e Desvantagens de um WebSIG adaptado de Gorni *at al*. (2007)

| WebSIG | |
|--|---|
| Vantagens | Desvantagens |
| <ul style="list-style-type: none">➤ Capacidade para distribuir dados SIG e funcionalidade para um grande público;➤ Os utilizadores não precisam de comprar o <i>software</i> SIG;➤ Os utilizadores normalmente não precisam de treino; | <ul style="list-style-type: none">➤ O tempo de resposta pode ser longo, dependendo de vários factores tais como a capacidade de conexão, dados de volume de tráfego de rede e da capacidade do processador; |

2.5.1. Evolução dos WebSIG

O primeiro mapa foi representado na *web* através do visualizador de mapas da *Xerox Palo Alto Research Center* (PARC) em 1993, mapa interactivo capaz de exibir os rios e as fronteiras nacionais, com possibilidade de alteração da escala, possibilidade de alteração do sistema de projecção e possibilidade de fazer a adição de marcadores (Correia, 2012).

Em 1994, foi criado o primeiro repositório na Internet de dados georreferenciados, associado ao projecto *Alexandria Digital Library* (Dragičević, 2004). De acordo com esse autor, com o desenvolvimento das duas tecnologias, os SIG com operacionalização através da Internet passaram a apresentar mapas interactivos com ferramentas adicionais para visualização e manipulação dos dados, deixando de constituir simples imagens estáticas, indo de encontro com as exigências dos utilizadores da Web (Kraak, 2004).

Mais adiante, em 2004, os WebSIG já podiam incluir junto de si conteúdos de outra natureza, inclusivamente sem carácter espacial, uma vez que a internet inclui todo o tipo de informação (Kraak, 2004).

Estes WebSIG na atualidade deixaram de estar confinados a desempenhar tarefas simples como desenhar e gerir informação e passaram a incorporar características avançadas de análise e processamento de dados devido à sua possibilidade de utilização em aparelhos de computação móvel (Curto 2011).

2.5.2. Arquitectura dos WebSIG

A arquitectura WebSIG é do tipo servidor/cliente (Figura 5). Segundo Barriguinha (2008) é normalmente constituída pelos seguintes componentes: cliente, servidor Web com servidor aplicacional, servidor de mapas e servidor de dados, tratando-se de uma arquitectura multicamada. Assim, de acordo com os autores anteriores:

- O cliente é um navegador *Web* que se encontra na máquina do utilizador e que mostrará a informação visualmente;
- O servidor *Web* responde aos pedidos feitos pelo cliente através do protocolo *https*;
- O servidor aplicacional é um intermediário que faz a ponte entre o servidor Web e o servidor de mapas, que gere os pedidos dos clientes e o tráfego de informação e envia os pedidos para o servidor de mapas. Este servidor pode agir igualmente como um cliente;
- O servidor de mapas, denominado por *Internet Map Service* (IMS), é o componente da arquitectura do WebSIG mais importante. Este tem por finalidade disponibilizar as funcionalidades que são executadas num SIG, ou seja, criação e disponibilização dos mapas, cumprindo o pedido do cliente, realizar as pesquisas sobre os dados, executar operações de análise espacial e de geoprocessamento.
- Servidor de dados está responsável pela gestão da informação armazenada num SGBD;

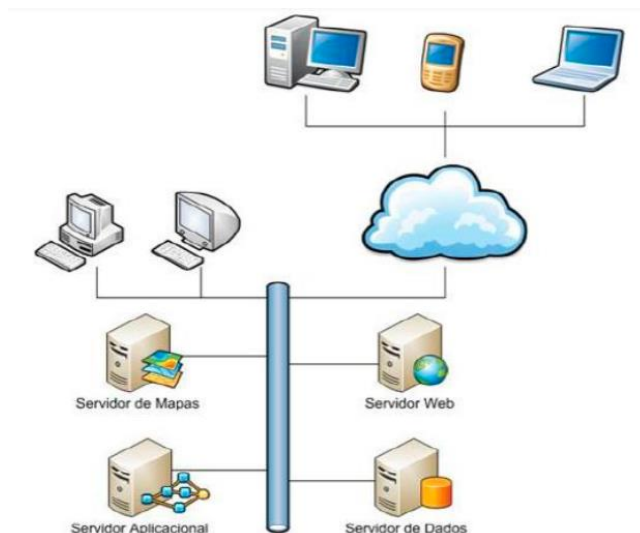


Figura 5: Componentes de um WeSIG. Fonte: Amorim (2010) citado por Brito (2011).

2.5.3. Estado Actual do WebSIG

Actualmente existem inúmeros exemplos de WebSIG (Tabela 7), tanto de entidades públicas como de privadas. Segundo Ellul *at al.* (2008), o número de aplicações em Sistemas de Informação Geográfica baseados na internet (WebSIG) têm aumentado rapidamente nos últimos anos, nomeadamente com o surgimento de *sites*⁶.

Tabela 7: Algumas tecnologias envolvidas no WebSIG da Actualidade

| Software | Endereço |
|---------------------|---|
| ArcGIS Online | http://www.arcgis.com/ |
| Google Earth Engine | https://www.earthengine.google.com/ |
| MozGIS | https://www.mozgis.gov.mz/ |
| MapGuide | http://mapguide.osgeo.org/ |
| MapServer | http://mapserver.org/ |
| GeoServer | http://geoserver.org/ |
| OpenLayers | http://openlayers.org/ |

⁶ **Sites** são um conjunto de páginas digitais que contém todos tipos de informação e que podem ser acessados pela Internet (Correia, 2011).

Material e Métodos

O presente capítulo delinea o material usado e a estrutura metodológica empregada para conduzir o presente trabalho e atingir os objectivos propostos.

3.1 Material Usado

3.1.1. Descrição dos dados

Os dados foram colectados considerando critérios de vários autores no que concerne aos principais indicadores a se considerar na localização de melhores áreas para habitação, comércio e prática de agricultura urbana. Na colecta de dados inerentes às Unidades Sanitárias, Mercados, Principais Vias de Acesso e Escolas (Tabela 8), foi usado um algoritmo em *Python* com recurso a biblioteca *OSMnx* (*Open Street Map Network X*).

Exemplo do algoritmo:

```
import osmnx as ox
import geopandas as gpd

nome_local = "Maputo, Mozambique"
tipo_estrada = ["primary"]

estradas = ox.graph_from_place(nome_local, network_type='all',
                               custom_filter=f'["highway"~"{|"".join(tipo_estrada)}"]')

estradas_gdf = ox.graph_to_gdfs(G)
estradas_gdf.to_file("maputo_main_roads.GeoJSON", driver="GeoJSON")
```

OSMnx é um pacote *Python* para baixar, modelar, analisar e visualizar redes urbanas e quaisquer outros recursos espaciais de dados do *OpenStreetMap*. Um grande e crescente corpo de literatura utiliza-o para conduzir estudos científicos nas disciplinas de Geografia, Planeamento Urbano, Engenharia de Transportes, Ciência da Computação e outras (Boeing, 2024).

Nesse processo de obtenção dos dados, foram encontradas 12 escolas, 4 unidades sanitárias, 3 mercados e uma rede de vias de acesso que surgem a partir da ponte Maputo-KaTembe, até o distrito de Matutuine no Sul do distrito municipal de KaTembe (Figura 1).

Os dados inerentes aos tipos de solo foram adquiridos no *site* oficial do ISRIC (*International Soil Reference and Information Centre*) que possui uma fundação independente designada por *World Information* com a missão de servir a comunidade internacional como guardião da informação global do solo.

Para complementar o conjunto de dados necessários para a materialização do presente trabalho, foram colectados os dados inerentes ao uso e cobertura do solo através do *site* do ArcGIS, dados esses que representam o uso e cobertura do solo do ano de 2022, são os dados mais actualizados disponíveis.

Adicionalmente, diversos estudos incorporam o Modelo Digital de Elevação para avaliar a adequabilidade do relevo. No entanto, conforme descrito no artigo do Conselho Municipal (2022), o Distrito Municipal de KaTembe possui um relevo suave, reduzindo significativamente o risco de erosão, factor este que fundamenta a não utilização do Modelo Digital de Elevação nesse estudo, porém para outras áreas de estudo, pode haver necessidade de uso do mesmo para que não sejam indicadas áreas com maior risco de erosão nos resultados.

É importante destacar que, embora este trabalho tenha utilizado os dados mencionados (Tabela 8), alguns autores sugerem a inclusão de outros tipos de dados que, devido à dificuldade de acesso, não foram considerados no presente trabalho, este é um aspecto importante que constitui uma das recomendações para os próximos trabalhos.

Tabela 8: Descrição dos Dados Espaciais usados

| Dados | Tipo de Dados | Extensão | Fonte de dados | Utilidade |
|---------------------------|---------------|-----------|----------------|--|
| Unidades Sanitárias | Vectorial | GEOJSON | OSMNX | Usado como base para as análises espaciais |
| Mercados | | | | |
| Vias de Acesso Principais | | | | |
| Escolas | | | | |
| Distritos de Moçambique | Vectorial | shapefile | CENACARTA | Delimitação da área de estudo |
| Tipos de Solo | Matricial | GEOTIFF | ISRIC | Usado para visualizar o tipo de solo |
| Uso e Cobertura do Solo | Matricial | GEOTIFF | ArcGIS | Analisar os tipos de cobertura adequados para cada tipo de finalidade. |

3.1.2. Ferramentas e Tecnologias Usadas

No processo de elaboração do trabalho em alusão, uma infraestrutura computacional robusta desempenhou um papel instrumental na colecta, análise e interpretação dos dados. Nesta sessão serão descritos em detalhes os equipamentos computacionais utilizados para sustentar o procedimento metodológico, desde os *softwares* até os *hardwares*.

Tabela 9: Infra-estruturas computacionais usadas

| <i>Software</i> | | | |
|--|---|--|---|
| Tipo | Nome e Versão | Framework e Bibliotecas | Função |
| Linguagens de Programação | <i>Python</i> 3.12.4 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Flask (interacção com o frontend); ➤ geopandas, shapely (manipulação de dados espaciais); ➤ numpy (cálculos de pesos AHP); | Desenvolvimento do <i>backend</i> e a lógica do sistema. |
| | JavaScript | <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Leaflet 1.9.4</i> (Representação dos mapas); | Interacção com o <i>backend</i> e ilustração de mapas e gráficos. |
| Linguagem de marcação e estilização | HTML5 e CSS | <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Bootstrap</i>; | Desenvolvimento da interface do usuário; |
| Sistema de Gestão de Base de Dados | <i>SQLite</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>spatialLite</i>; | Responsável pelo armazenamento da informação espacial e informações sobre as pesquisas realizadas no sistema. |
| Sistema de Informação Geográfica | QGIS 3.24.2 “Tisler” | | Pré-processamento dos dados e elaboração do mapa de localização. |
| Editor de Código | Visual Studio Code 1.90.2 | | Escrita de código fonte. |
| Editor de Texto | Microsoft Office Word 2013 | | Digitação do Relatório |
| Desenho Gráfico | Draw.io | | Elaboração dos fluxogramas |
| Navegador | Google Chrome 124 | | Pesquisa do material bibliográfico e testes da WebSIG |
| <i>Hardware</i> | | | |
| Modelo | Notebook Lenovo Thinkpad L470 | | |
| Processador | Intel® Core™ i5-6200U CPU @ 2.30GHz 2.40GHz | | |
| Memória RAM | 8.00GB (7.66 em uso) | | |
| Sistema Operativo | Microsoft Windows 11 Standard | | |

3.2 Métodos

“Métodos são procedimentos e técnicas, escolhas teóricas, cuja selecção é feita pelo pesquisador, visando um dado objectivo.” (Luckesi, 1985).

Esta secção visa fornecer uma visão abrangente da metodologia adoptada durante o desenvolvimento do Sistema de Informação Geográfica na internet destinado ao apoio na selecção de áreas multifinalitárias por meio da aplicação da Análise Multicritério.

O procedimento fundamental aborda a formulação de uma metodologia que destaca sucintamente as etapas cruciais que deram origem a este trabalho, conforme evidenciado na Figura 6.

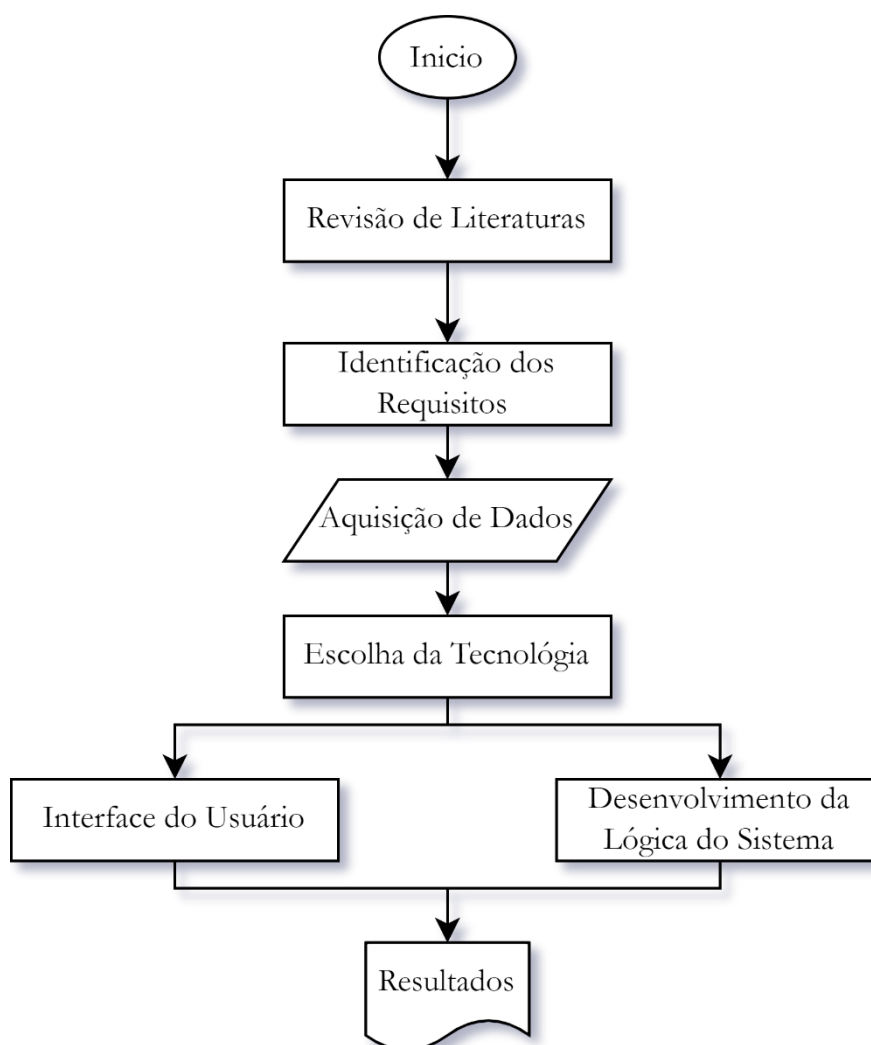


Figura 6: Fluxograma dos procedimentos.

3.2.2. 3.2.1. Procedimentos Computacionais Considerados

O fluxograma da Figura 7 mostra as etapas consideradas para o desenvolvimento do WebSIG.

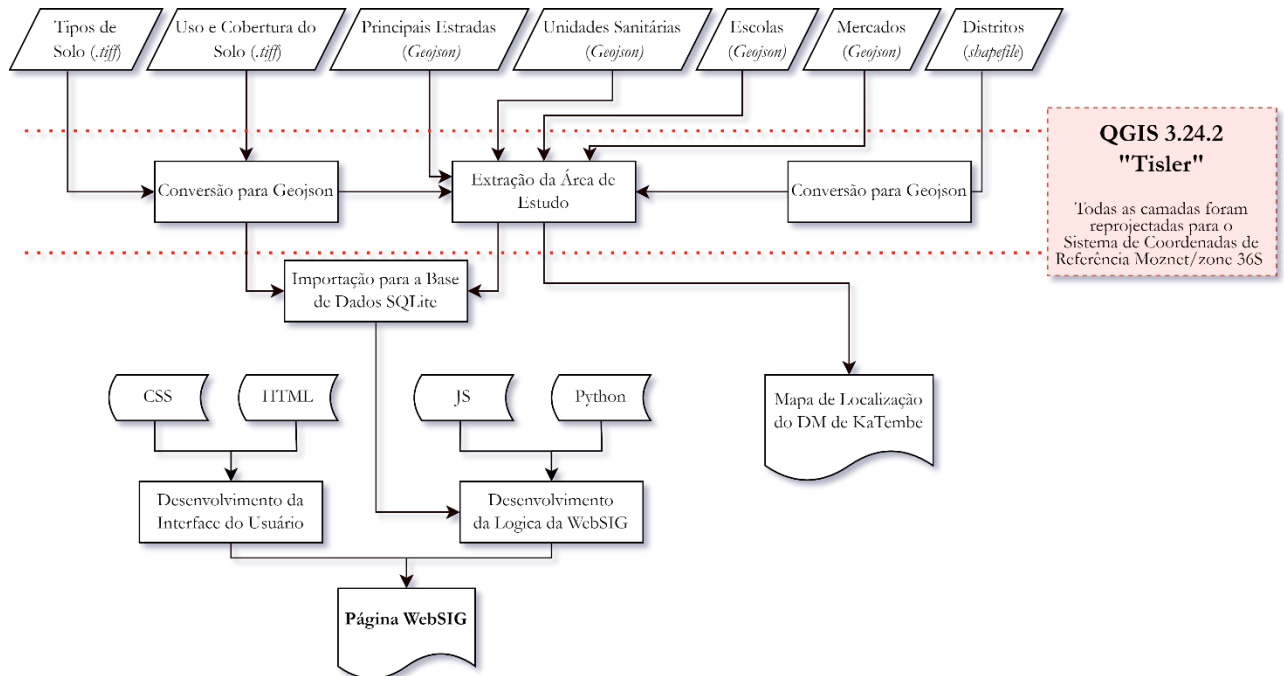


Figura 7: Fluxograma dos procedimentos computacionais para o desenvolvimento do WebSIG

3.2.3. Pré-processamento dos dados

A preparação dos dados inicia no ambiente SIG através do *software* QGIS 3.24.2 “Tisler” onde são adicionados todos os dados a serem usados no WebSIG. Todos os dados foram reprojectados do Sistema de Coordenadas Geográficas WGS84 (*World Geodetic System – 1984*) para o Sistema de Coordenadas Projectadas Moznet UTM/zona 36S porque é recomendado o uso de Sistema de Coordenadas Projectadas para cálculos de distâncias e áreas.

Utilizando a ferramenta de geoprocessamento “*Clip - Recorte*”, foram extraídas apenas as infra-estruturas pertencentes à área de interesse. Os dados de Uso e Cobertura do Solo e os Tipos de solo foram convertidos de *raster* para a forma vectorial, assim, todos os dados foram então convertidos para o formato *GeoJSON* e armazenados na base de dados *SQLite* para posterior uso no WebSIG.

3.2.4. Criação e integração dos dados na Base de Dados *SQLite*

SQLite é uma biblioteca em linguagem de programação C que implementa um mecanismo de base de dados (BD) SQL pequeno, rápido, independente, de alta confiabilidade e completo. *SQLite* é o mecanismo de BD mais usado no mundo. O *SQLite* está integrado em todos os telefones celulares e na maioria dos computadores e vem integrado em inúmeros outros aplicativos que as pessoas usam todos os dias (SQLite, 2024).

O código-fonte *SQLite* é de domínio público e pode ser usado gratuitamente por todos para qualquer finalidade (SQLite, 2024).

O *SQLite* não exige instalação, apenas sua integração como uma biblioteca no programa em desenvolvimento. Isso se torna bastante útil quando é preciso entregar um sistema integrado a um banco de dados (REVISTABW, 2013).

A integração dos dados espaciais na BD foi feita no ambiente *SQLite* com recurso a extensão espacial *Spatialite*. As tabelas criadas na base de dados foram organizadas conforme o descrito na figura 8.

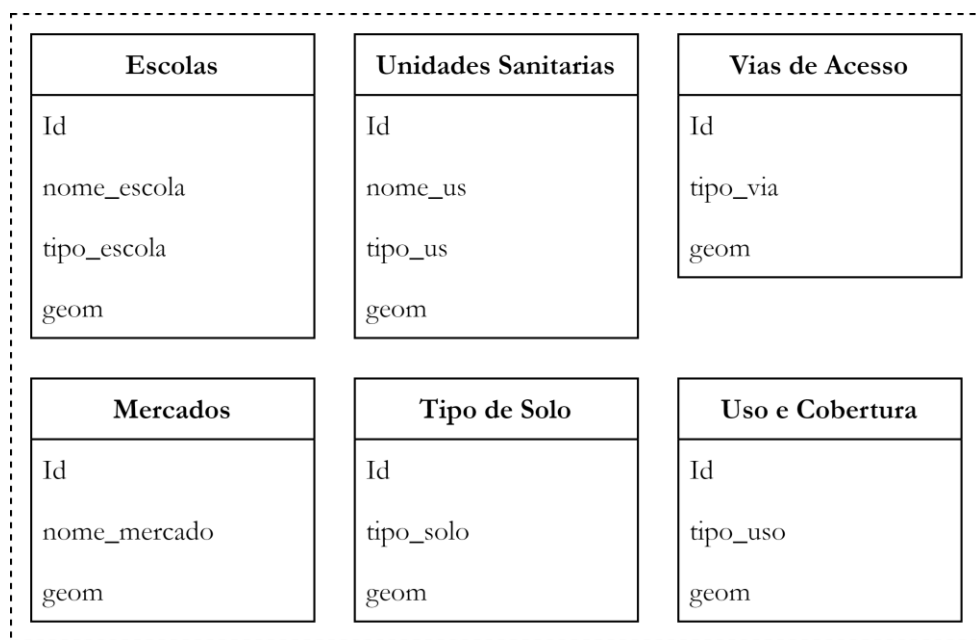


Figura 8: Organização dos dados na base de dados *SQLite*

Para além das tabelas para armazenar informação espacial, foi criada uma outra tabela (Figura 9) para armazenamento da informação inerente as finalidades que são pesquisadas no sistema, essa informação ajuda na compreensão das finalidades mais desejadas pelos utilizadores do sistema.

| Finalidades pesquisadas |
|-------------------------|
| Id |
| tipo_finalidade |
| nr_pesquisas |

Figura 9: Configuração da tabela para armazenamento do número de pesquisas realizadas por finalidade

3.2.5. Análises Espaciais com *Python*

Python é uma linguagem de programação de alto nível que se destaca por sua sintaxe limpa, favorecendo o código legível. É uma linguagem multiparadigma, o que significa que permite que os programadores adotem o estilo de programação preferido, bem orientado a objectos, imperativo, funcional ou outros estilos suportados a partir de extensões (Rossum, 2005).

Python é uma linguagem dinâmica sendo adequada para desenvolvimento interativo e prototipagem rápida com o poder de suportar o desenvolvimento de grandes aplicativos, também é uma linguagem amplamente usada para aprendizado de máquina e ciência de dados devido ao excelente suporte à biblioteca. Ela rapidamente se tornou uma das plataformas dominantes para praticantes de aprendizado de máquina e ciência de dados (Lopes *at al.*, 2019).

Por ser uma linguagem de programação amplamente usada e com abertura para integração de uma infinidade de bibliotecas torna-se um instrumento eficiente para a materialização do presente trabalho. Para além do seu uso mencionado por Lopes *at al.* (2019), podemos encontrar o python integrado a vários aplicativos cuja finalidade é a manipulação de dados espaciais como o QGIS e ArcGIS, o que torna esta linguagem mais adequada para esse tipo de finalidade.

A análise espacial em *Python* é feita com recurso a biblioteca *geopandas*, que obedece o seguinte fluxo (Figura 10):

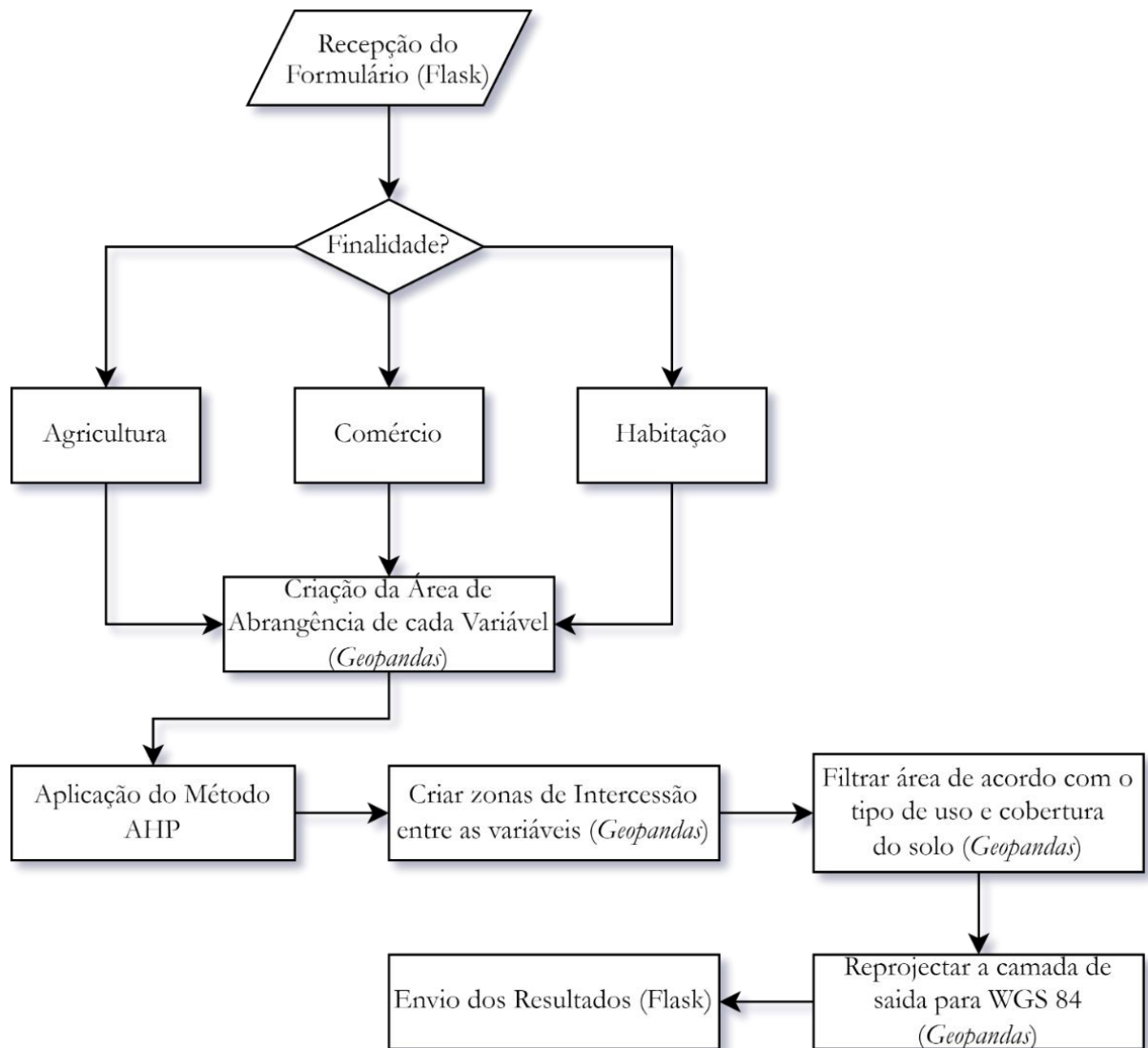


Figura 10: Fluxo da análise espacial em *Python*

Os dados são preenchidos no sistema e enviados para o *backend* com recurso a API do Flask. Na entrada dos dados o primeiro parâmetro a ser analisado é a finalidade, posteriormente são usadas as distâncias para achar as zonas de intersecção e as prioridades para achar as zonas mais apropriadas com base na finalidade. Feitas as análises os resultados são novamente retornados ao *frontend* e representados no mapa do *leaflet*.

3.2.6. Integração do Método AHP

A integração do método AHP é feita considerando os cálculos sugeridos por Saaty (1991) mas implementados em *Python* e efectuados usando a biblioteca *numpy* (*Numerical Python*, é uma biblioteca

python, que consiste em objectos chamados de *arrays* (matrizes), que são multidimensionais), o formulário do usuário envolve também a escolha ou atribuição das prioridades. Para cada tipo de variável, as prioridades são variáveis (Tabela 10), podendo ser Alta, Média ou Baixa, aliando a escala de Saaty obtém-se os seguintes dados:

Tabela 10: Atribuição das prioridades considerando a escala de Saaty (1991)

| Prioridade no Sistema | Intensidade da importância da escala absoluta | Definição | Justificativa |
|-----------------------|---|--|---|
| Alta | 3 | Importância moderada de um sobre o outro factor | Julgamento e experiência favorecendo fortemente uma actividade sobre a outra. |
| Média | 2 | Valores intermediários entre os julgamentos adjacentes | Quando há necessidade de compromisso. |
| Baixa | 1 | Igual importância | As duas actividades contribuem equitativamente para o objectivo |

Após o usuário indicar as prioridades e submeter o formulário, os dados seguem o seguinte fluxo demonstrado na Figura 11 para ponderar os resultados.

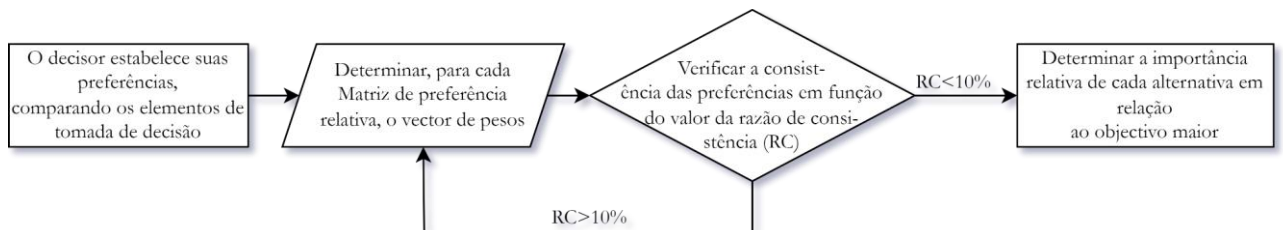


Figura 11: Fluxo Para a atribuição dos pesos

A comparação par a par gera matrizes quadradas, onde o número de linhas e o número de colunas dá a importância do critério, como se observa na estrutura matricial indicada na equação 01.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_1 & a_2 \\ 1/a_1 & 1 & a_3 \\ 1/a_2 & 1/a_3 & 1 \end{pmatrix} \quad (01)$$

Esta matriz determina o quanto o critério da coluna esquerda é mais importante em relação a cada critério correspondente na linha superior e, quando confrontado com ele mesmo, a única possibilidade de valor será 1, por isso as diagonais são preenchidas por 1.

Para confirmar se os pesos estatísticos calculados são aceitáveis, calcula-se a RC - Razão de Consistência (equação 02) que, de acordo com Saaty (1991), deve apresentar valor menor que 10%.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (02)$$

Onde:

IC é o índice de Consistência;

IR é o índice de Consistência Randômica.

O IC (equação 03) mede o quanto o autovalor máximo (λ_{max}) da matriz se afasta da ordem (n) dessa matriz e pode ser calculado pela equação:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (03)$$

Quanto mais próximo o autovalor máximo for de n , maior a coerência das comparações. O IR representa um valor que foi obtido experimentalmente com base na escala fundamental (Tabela 11) proposta por Saaty (1991).

Tabela 11: Índice Randômico Médio do AHP. Fonte: Saaty (1991)

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 25 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IR | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | 1.51 | 1.48 | 1.56 | 1.57 | 1.59 |

Após efectuar os cálculos e a Razão de Consistência não for menor que 10%, o algoritmo faz a iteração até que essa condição seja satisfeita (Figura 11).

3.3 Desenvolvimento do WebSIG para Apoio a Selecção de Áreas Multifinalitárias Aplicando Análise Multicritério

O desenvolvimento do Sistema de Informação Geográfica na internet (WebSIG) para apoio à selecção de áreas multifinalitárias Aplicando Análise Multicritério foi conduzido com o objectivo de fornecer uma ferramenta simplificada e interactiva para auxiliar na tomada de decisões de âmbito espacial. Este sistema foi projectado para integrar dados espaciais, análise multicritério e visualização interactiva, facilitando a identificação e priorização de áreas adequadas para habitação, comércio e agricultura.

3.3.1. Arquitectura do Sistema

A arquitectura geral do WebSIG (Figura 12) foi planeada para garantir uma operação eficiente e uma experiência de usuário intuitiva. A arquitectura é composta por três principais componentes, a Interface do Usuário, a lógica do sistema e a Base de Dados (BD).

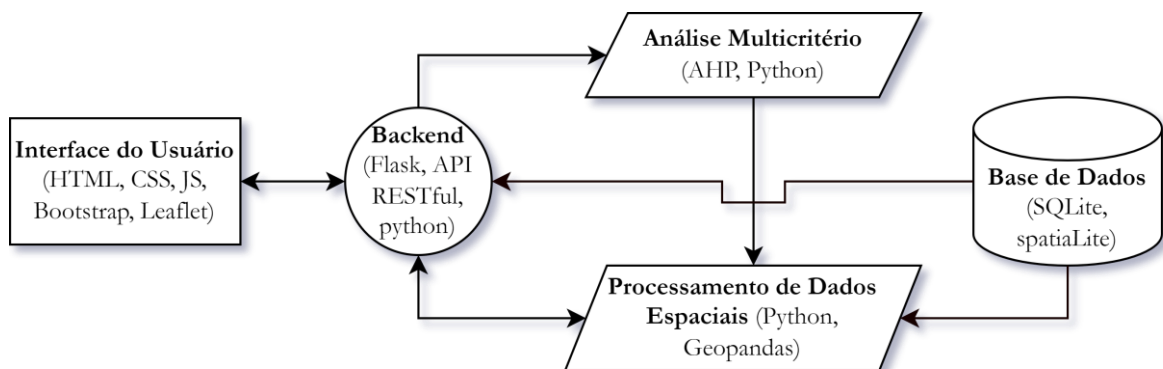


Figura 12: Arquitectura do Sistema

3.3.2. Formulário de Entrada de Dados

O formulário de entrada de dados é a parte mais importante do sistema, através da qual o usuário indica os parâmetros que pretende receber como resultados. Este formulário, assim como toda a interface do usuário foi desenvolvido com recurso a biblioteca *Bootstrap*. O formulário é composto por 3 (três) campos:

- i. **Finalidade:** Refere-se ao tipo de finalidade que o usuário pretende fazer a pesquisa, que pode ser: Habitação, Comércio ou Agricultura;
- ii. **Distância em metros:** O campo de inserção das distâncias é onde o usuário tem a possibilidade de indicar em que distância ele pretende estar em relação a um tipo de infraestrutura, as opções variam de acordo com o tipo de finalidade;
- iii. **Prioridade:** Neste campo o usuário indica a prioridade que a variável tem de estar a uma certa distância, as prioridades variam de Alta, Média ou Baixa.

Existem também algumas restrições dentro do formulário, quando o usuário não insere nenhum parâmetro em uma variável, o WebSIG não considera o parâmetro na pesquisa. Quando o usuário não digita nenhum valor, recebe um erro, pois não é possível fazer uma análise sem parâmetros.

3.3.3. Configuração da Biblioteca *Leaflet*

Leaflet é a principal biblioteca *JavaScript* de código aberto para mapas interactivos compatíveis com dispositivos móveis. Foi projectado com simplicidade, desempenho e usabilidade em mente. Ele funciona de forma eficiente em todas as principais plataformas *desktop* e móveis (leafletjs, 2023).

Para proporcionar maior interactividade entre o usuário e o mapa dos resultados na WebSIG foi usado o *Leaflet* com as seguintes funções:

- **Zoom:** Permite aumentar ou diminuir a escala de visualização para facilitar a visualização dos objectos existentes na superfície;
- **Gestor de Camadas:** Para poder trocar a camada base, o que facilita a visualização da área de interesse, no WebSIG tem varias camadas base (*OpenStreetMap*, *googleSatellite*, *mesonet*) e uma opção para remover a camada base caso queira visualizar apenas os resultados sem nenhuma outra feição;
- **Legenda:** Para permitir que o usuário consiga entender o que cada componente gráfica no mapa representa;
- **Popup:** O *popup* aparece sempre que o usuário clica em qualquer componente do mapa, para dar indicação das propriedades da camada, indica também as coordenadas do ponto caso o usuário precise para usar em outros sistemas.

3.3.4. Estado da Arte

Existem várias ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica capazes de manipular dados espaciais com vista a auxiliar no processo de apoio na tomada de decisão para selecção de áreas multifinalitárias, como o *ArcGIS*, *QGIS*, *GRASS GIS*, *PostGIS*, *Google Earth Engine*, *MapServer*, *Leaflet*, *GeoServer*, *MapInfo Professional*, mas essas são ferramentas que um usuário sem experiência ou conhecimentos de SIG pode ter dificuldades em usar, para além disso, essas ferramentas não trabalham com a manipulação do AHP directamente, o que tornaria o processo de apoio a selecção de áreas multifinalitárias aplicando Análise Multicritério muito trabalhoso e carece de conhecimento técnico.

Das Ferramentas mencionadas, nenhuma integra os SIG e AHP de forma directa, seria necessário usar complementos, o que dificulta o processamento para tomada de decisão.

3.3.4.1. Modelo Actual

Várias abordagens para estrutura de um SIG e análise multicritério foram sugeridas na literatura (Jankowski 1999, Malczewski 1999, Herwijnen e Rietveld 1999, Laaribi 2000, Chakhar e Martel 2003). Apesar das diferenças entre as estruturas, podem-se identificar cinco componentes genéricos dos procedimentos AMC baseados em SIG (Malczewski, 2006):

- i. Uma meta ou um conjunto de metas que um indivíduo (ou um grupo de indivíduos) tenta alcançar juntamente com as metas associadas a critérios de avaliação (objectivos e/ou atributos) com base nos quais o decisor avalia cursos de acção alternativos;
- ii. O tomador de decisão ou um grupo de decisores envolvidos no processo de tomada de decisão juntamente com as suas preferências;
- iii. O conjunto de decisões alternativas (ou as variáveis de decisão);
- iv. O conjunto de variáveis incontroláveis ou estados da natureza (ambiente de decisão);
- v. O conjunto de resultados ou consequências associadas a cada par de critérios alternativos.

Dados os componentes genéricos dos Sistemas de Informação Geográfica e Análise Multicritério, foram desenvolvidos dois esquemas de classificação para a literatura. Primeiramente, todos os artigos foram classificados com base nos componentes de informação espacial dos métodos SIG e AMC. Esta classificação envolveu as seguintes considerações (Malczewski, 2006):

- i. Os modelos de dados geográficos;
- ii. A dimensão espacial dos critérios de avaliação;
- iii. A definição espacial das alternativas de decisão.

3.3.4.2. Sistema Proposto

O WebSIG é diferenciado por trazer uma abordagem virada ao público e com ferramentas de fácil manuseio que permitem fazer as análises sem necessidade de ter conhecimentos prévios de Sistemas de Informação Geográfica nem sobre os cálculos do AHP. O sistema aplica uma abordagem de análise espacial com base em algumas literaturas que indicam variáveis que são consideradas para a selecção de áreas multifinalitárias.

Segundo Winterfeldt (1986), “os problemas mais complexos devem ser desagregados em pequenos problemas, para assim facilitar a resolução dos mesmos. Surge assim, a utilização de métodos de apoio à decisão”.

Este sistema é dedicado a indivíduos que queiram implantar sua infraestrutura habitacional, comercial ou área para prática de agricultura no Distrito Municipal de KaTembe, para que sem recorrer a vários processos possam pesquisar por possíveis áreas onde podem alocar a sua infraestrutura.

Considerando a utilidade para os planeadores, o WebSIG fornece uma informação chave no que concerne a tomada de decisão, pois no sistema é possível ver as finalidades mais pesquisadas pelos usuários, o que pode auxiliar no processo de planeamento urbano.

Resultados e Discussão

O presente capítulo tem como objectivo apresentar e analisar os resultados obtidos ao longo da pesquisa. A partir dos dados colectados e das metodologias aplicadas.

4.1 Resultados

Buscando alcançar os objectivos traçados para o desenvolvimento de WebSIG para apoio a selecção de áreas multifinalitárias aplicando análise multicritério foram usadas várias ferramentas, todas de código aberto e gratuitas, desde o pré-processamento dos dados até o produto final.

Para o desenvolvimento da interface do usuário recorreu-se a linguagem de marcação HTML, linguagem de estilização CSS, através do Framework *Bootstrap*, *JavaScript* (JS) para a comunicação entre a lógica do WebSIG e a interface do usuário.

O *backend* do WebSIG foi feito inteiramente desenvolvido em *Python* usando o Framework *Flask* para interação com o *frontend* e bibliotecas como *geopandas* e *shapely* para o processamento de dados espaciais, a integração do método AHP foi feita considerando todos os processos propostos por Saaty (1991) cujos cálculos foram realizados com recurso a biblioteca *numpy*.

4.1.1. Funcionalidades do Sistema

O WebSIG é uma ferramenta de auxílio para a selecção de áreas multifinalitárias aplicando análise multicritério, foi elaborado essencialmente para auxiliar os usuários a obter resultados sobre as melhores áreas para implantação de habitação, comércio ou agricultura no Distrito Municipal de KaTembe sem necessidade de ter conhecimento prévio sobre Sistemas de Informação Geográfica, pois, para fazer a análise só é necessário indicar os parâmetros desejados e o WebSIG processa e fornece os resultados a partir de um mapa interactivo no qual podem ser vistas as áreas adequadas para os parâmetros de pesquisa.

O sistema por padrão filtra áreas que não são adequadas para o exercício de cada tipo de finalidade, para evitar com que o usuário encontre áreas nas quais seja impossível praticar a finalidade de sua pesquisa, por exemplo, para as áreas de habitação, comércio, são filtradas as áreas com vegetação inundada, áreas com vegetação densa e áreas muito próximas a fontes de água.

Contudo, o WebSIG tem como finalidade auxiliar o usuário sem experiência em Sistemas de Informação Geográfica nem em Método complexos como o AHP, a tomar decisões espaciais sobre áreas para habitação, comércio ou prática de agricultura com base em indicadores considerados prioridades por autores.

4.2.1. Página WebSIG

O WebSIG, atribuído o nome de “Geo-Lotes”, contém na sua totalidade 4 telas, onde na primeira tela é encontrada uma pequena descrição do sistema e um gráfico que ilustra os tipos de finalidade mais pesquisadas dentro do sistema, o fundo desta página tem uma imagem da ponte que liga Maputo-KaTembe (Figura 13). Esta imagem foi escolhida por representar um dos maiores pilares para o crescimento populacional naquele local.

A informação transcrita no gráfico pode ajudar os planeadores a tomarem decisões mais informadas sobre o planeamento urbano naquela área, porque com base nessa informação é possível entender quais são as tendências dos pesquisadores.

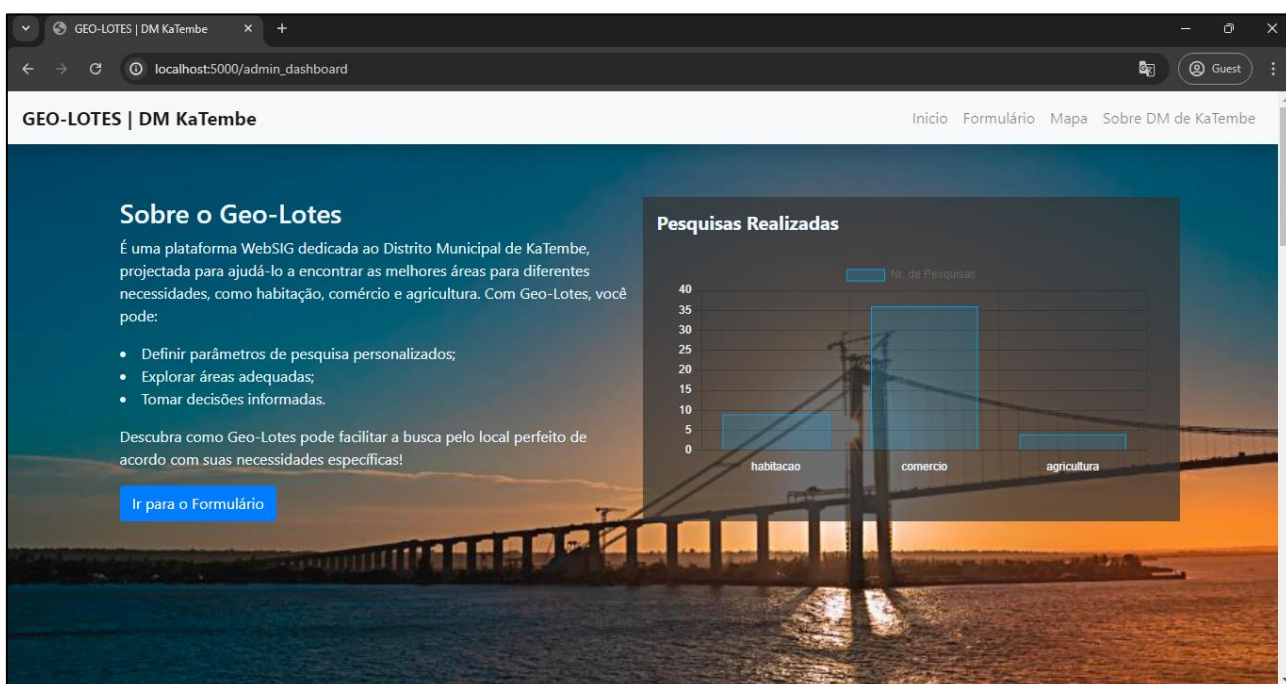
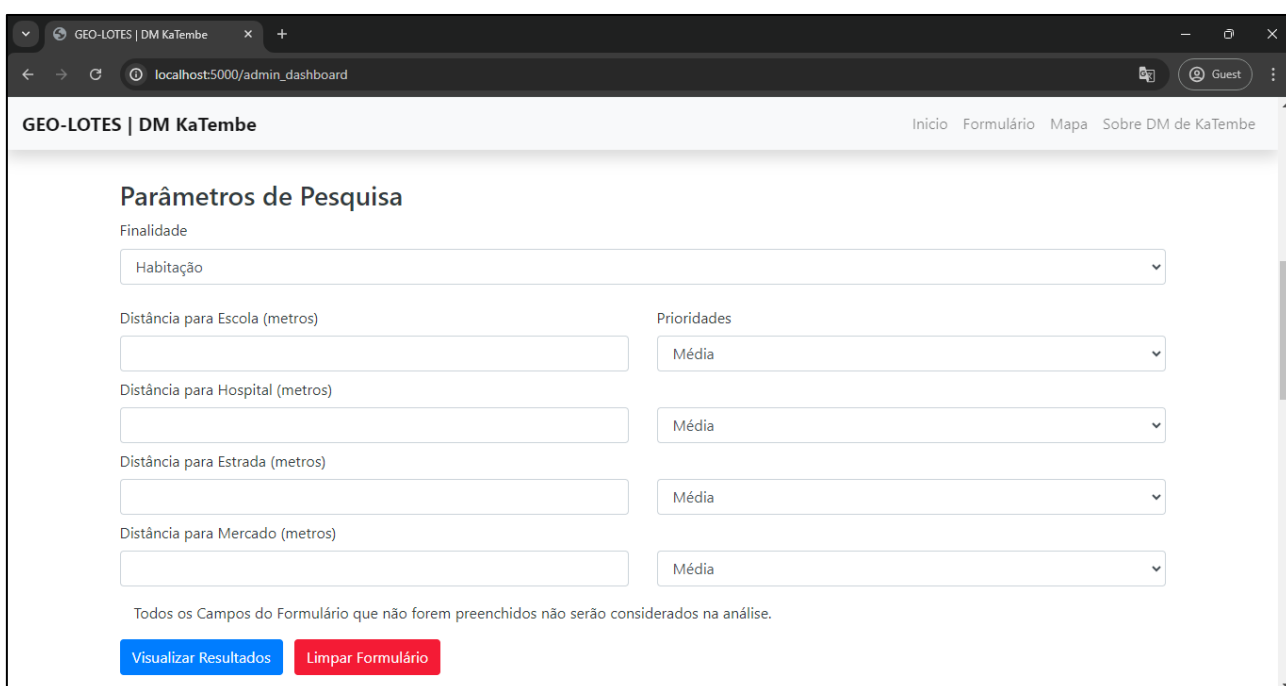


Figura 13: Página Inicial do WebSIG

A segunda tela designada por “formulário” (Figura 14) contém o formulário a ser preenchido para a obtenção dos dados, o formulário possui campos para se preencher com as distâncias desejadas e do lado direito as respectivas prioridades de acordo com as necessidades do usuário.

Para além da finalidade ilustrada na figura a baixo, existem também as finalidades de comércio e de agricultura, as variáveis também variam consoante a finalidade (**Anexo 1:** Manual do Utilizador).



GEO-LOTES | DM KaTembe

Início Formulário Mapa Sobre DM de KaTembe

Parâmetros de Pesquisa

Finalidade

Habitação

Distância para Escola (metros)

Distância para Hospital (metros)

Distância para Estrada (metros)

Distância para Mercado (metros)

Prioridades

Média

Média

Média

Média

Todos os Campos do Formulário que não forem preenchidos não serão considerados na análise.

Visualizar Resultados Limpar Formulário

Figura 14: Formulário dos parâmetros de pesquisa

A terceira tela contém a informação espacial (Figura 13), onde o usuário vê os resultados depois da pesquisa, a informação é disposta de forma gráfica e com *popups* que ajudam na identificação de cada tipo de camada no mapa, o mapa também possui ferramentas básicas de auxílio a navegação, como gestor de camadas e manipulador de *zoom* (**Anexo 1:** Manual do Utilizador).

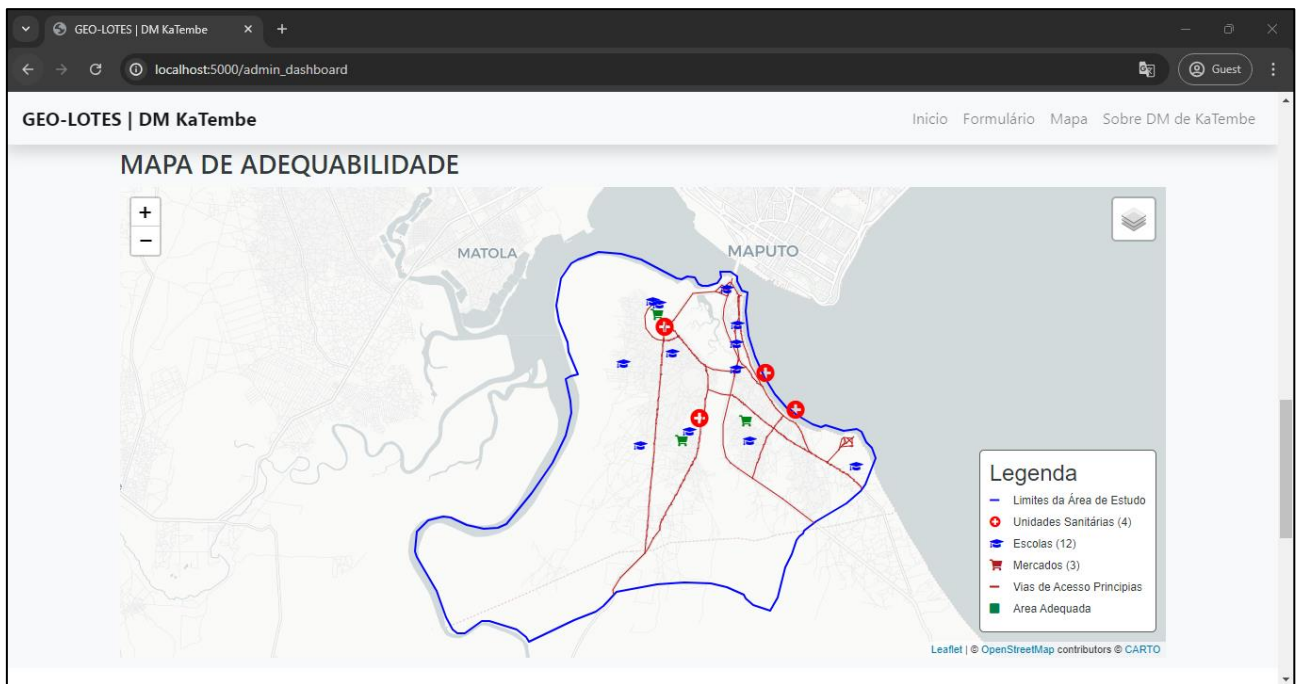


Figura 15: Mapa dos Resultados

A última tela (Figura 16), mas não menos importante possui algumas informações básicas sobre o Distrito Municipal de KaTembe, que podem ser relevantes no auxílio a tomada de decisão, também possui um gráfico da projecção do crescimento populacional de acordo com os dados do INE (2019).

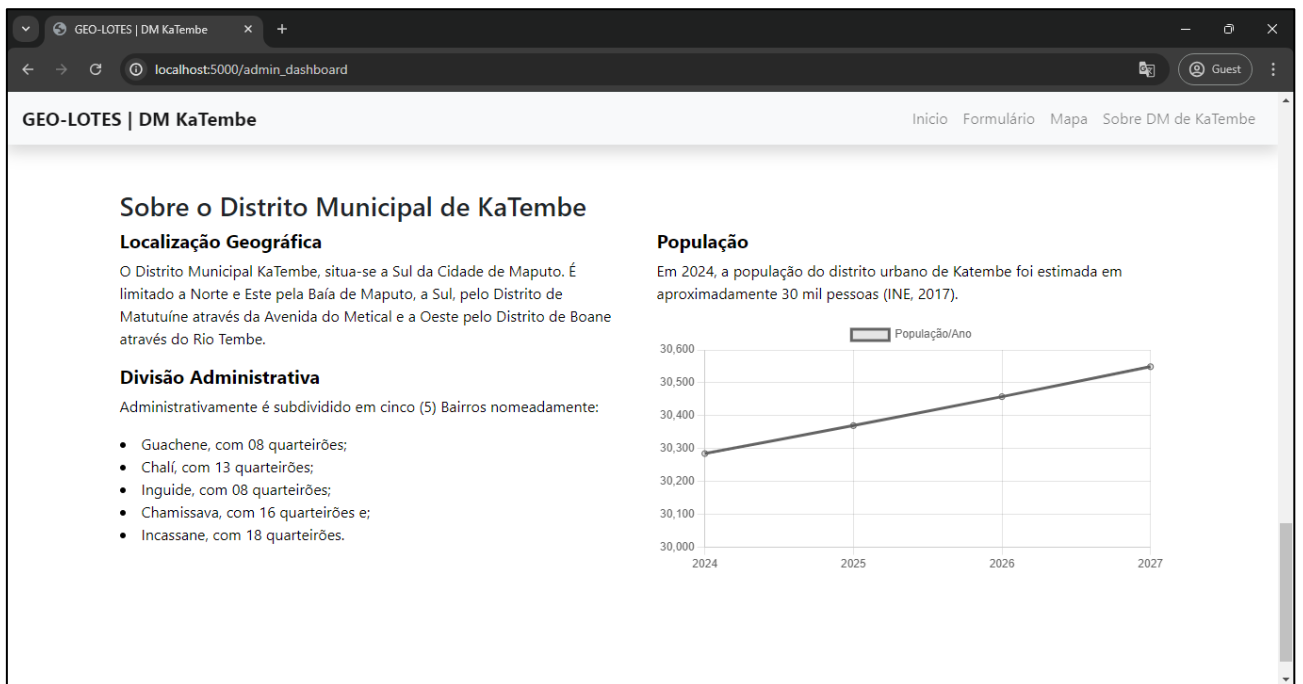


Figura 16: Informações adicionais sobre o distrito municipal de KaTembe

Essa é a interface do usuário que materializa o sistema de informação geográfica baseada na internet para apoio a selecção de áreas multifinalitárias aplicando Análise Multicritério. Com esta ferramenta é possível o usuário inserir parâmetros de pesquisa, escolher as suas prioridades e visualizar a informação de forma espacial. Pode também colectar as coordenadas da área desejada para uso em suas pesquisas.

Esse instrumento é muito essencial principalmente para usuários que não conhecem a área e precisam localizar de forma estratégica melhor área para habitação, comércio ou agricultura.

Na figura a baixo (Figura 17), é ilustrado o resultado após a pesquisa, onde é possível visualizar áreas adequadas que são representadas pela coloração verde, ao clicar em qualquer uma das áreas, aparece um *popup* com as informações sobre a área, o uso e cobertura do solo e a respectiva adequabilidade.

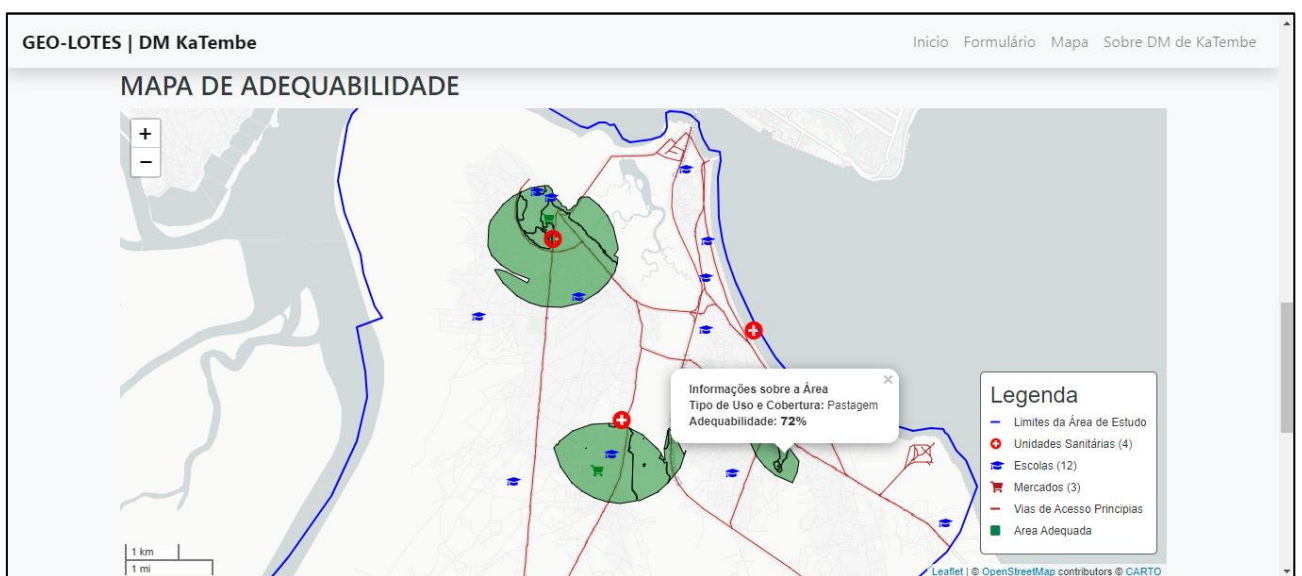


Figura 17: Simulação dos resultados no mapa

Conclusões e Recomendações

6.1 Conclusão

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema de análise espacial para o Distrito Municipal de KaTembe, utilizando tecnologias modernas, como *Flask*, *JavaScript* e a biblioteca *Leaflet*, para visualizar e processar dados espaciais. O objectivo principal foi desenvolver uma proposta de Sistema de Informação Geográfica baseada na internet para apoio na selecção de áreas adequadas para diferentes usos, como habitação, comércio e agricultura, com base em análise multicritério.

Implementou-se funcionalidades que permitem a visualização de pontos de interesse, como hospitais, mercados, escolas, estradas, em um mapa interactivo. Além disso, adicionou-se camadas personalizadas e legendas para facilitar a compreensão dos dados espaciais. A integração com o método AHP possibilitou a ponderação de diferentes critérios, resultando em uma análise mais robusta e adaptada as necessidades dos usuários.

Os desafios enfrentados durante o desenvolvimento, como a manipulação de formatos *GeoJSON*, foram superados com sucesso, resultando em uma aplicação funcional e eficiente. Esta ferramenta não apenas proporciona uma visualização clara e intuitiva dos dados espaciais, mas também facilita a tomada de decisões baseada em informações precisas e actualizadas.

A utilização de tecnologias de código aberto, como *Flask* e *Leaflet*, *bootstrap* contribui para a sustentabilidade e escalabilidade do sistema, permitindo futuras expansões e adaptações conforme novas necessidades e dados surjam. Essa escolha também facilita a colaboração e o compartilhamento de conhecimento entre desenvolvedores e pesquisadores, promovendo um ambiente de inovação e melhoria continua.

Este trabalho demonstra a importância da integração de tecnologias modernas e abordagens multidisciplinares na análise espacial, destacando o potencial de sistemas como este para transformar a maneira como compreendemos e interagimos com o nosso ambiente.

Todavia, este trabalho destaca a importância de simplificar processos científicos e técnicos para que sejam melhor aplicadas por usuários que não tenham experiência ou conhecimento em áreas como Sistemas de Informação Geográfica e Análise Multicritério. A combinação de tecnologia avançada, flexibilidade e capacidade de adaptação torna este sistema uma contribuição valiosa para o campo das Ciências de Informação Geográfica e para a sociedade como um todo.

6.2 Recomendações

Para futuras melhorias e expansões deste sistema várias recomendações podem ser feitas, como:

- **Integração de Mais Variáveis:** Ampliar o conjunto de variáveis analisadas, incluindo aspectos económicos, sociais e ambientais. Isso pode envolver dados sobre renda, demografia, qualidade do solo e clima, que são cruciais para um planeamento urbano e agrícola mais abrangente.
- **Colaboração Interdisciplinar:** A integração de conhecimentos de diferentes áreas da ciência pode tornar o sistema mais robusto. Especialistas em geografia, urbanismo, agronomia, economia e outras disciplinas podem contribuir com suas variáveis e perspectivas, enriquecendo a análise e proporcionando resultados mais completos e precisos.
- **Expansão Geográfica:** Adaptar o sistema para ser utilizado em diferentes regiões geográficas, com dados específicos de cada área. Isso permitiria a aplicação da ferramenta em um contexto global, beneficiando um número maior de usuários.
- **Actualizações em Tempo Real:** Incorporar fontes de dados que se actualizam em tempo real para fornecer informações mais actuais e precisas, especialmente em contextos onde as condições podem mudar rapidamente, como em áreas afectadas por desastres naturais.

Referências Bibliográficas

- ADEME. (2016). La participation citoyenne dans la palnification et l'aménagement urbain burable. France: ADEME Éditions.
- Amorim, R. S. S; Demetrius, D. D.; Pruski, F. F.; Matos, A. T. (2001). Influência da declividade do solo e da energia cinética da chuva simuladas no processo de erosão em sulcos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.1, p.124-130;
- Araújo, M.C.C.; Cândido, G.A. (2014). Qualidade de Vida e sustentabilidade urbana Holos. Rio Grande do Norte Natal, Brasil, vol.1
- Barriguinha, A. F. (2008). ECO@GRO DIGITAL - Uma ferramenta de WebGIS de apoio na consultadoria e gestão agro-florestal. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Boeing, G. (2024). Modeling and Analyzing Urban Networkks and Amenities with OSMnx. Working paper. Obtido em 7 de July de 2024, de <https://geoffboeing.com/publications/osmnx-paper/>
- Britannica. (n.d). Ferryboat. Em Britannica Dictionary. <https://www.britannica.com/dictionary/ferryboat>
- Brito, P. E. 2011. Publicação de Informação Geográfica na Web: Um Configurator Assente em Software de Código Aberto, Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo.
- Câmara, G. & Medeiros, J. S. (1999). Modelagem de dados em geoprocessamento. Em: Assad, E. D. & Sano, E. E. Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa, p. 47-65.
- Câmara, G. *at al.* (1996). Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Campinas, São Paulo. Instituto de Computação, UNICAMP.
- Câmara, G., Davis, C., & Monteiro, A. M. (2001). Introdução à Ciência da Geoinformação. São José do Campos: INPE.
- Câmara, G., Ortiz, M.J. (1998). Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: CARTOGRAFIA, SENSORIAMENTO E GEOPROCESSAMENTO. Poços de Caldas. Anais...Lavras: Uflacâmara, G. *at al.* Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica.
- Carvalho, M. S., & Santos, S. M. (2000). Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde. Brasília: OPAS.

- Coelho, M. R., Santos, H. G., Fidalgo, E. C., Brefin, M. d., & Pérez, D. V. (2002). Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas. AGPTEA.
- Conselho Municipal. (2022). Projecto de Transformação Urbana de Maputo Componente 3: Crescimento Urbano Sustentável - KaTembe. Maputo: Conselho Municipal de Maputo.
- Correia, J. S. (2011). Concepção e Implementação de um WebSIG no Parque Nacional da Gorongosa usando software de código aberto e livre. Lisboa.
- Costa, G. F. (2024). Os serviços online no planeamento participativo: o contributo do “BragaResolve” na gestão do município de Braga. Universidade do Minho. UMinho.
- Curto, J., 2011. Os webSIG no ensino da geografia no 3º ciclo: Estudo de cas. Tese (Mestrado). Universidade Aberta: Lisboa
- Chicombo, T. F. (2022). Construção da Ponte Maputo-KaTembe e a dinâmica de ocupação das Terras no Distrito Municipal de KaTembe – Moçambique. Instituto Superior Politécnico de Gaza – SIPG, Chókwè. Ubertlândia, MG.
- Esteves, A. (2010). Geoprocessamento e análise espacial: Fundamentos e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos.
- Gomes, A. S. (2005). O Mundo Perto de Casa. Revista Tempo.
- Gomes, J. A. G. (2024). Desenvolvimento e implementação de um Sistema de Monitorização da Qualidade da Água em Ambiente Marinho. Universidade de Coimbra, Portugal.
- Gomes, P. M. M. (2012). Desenvolvimento de um Sistema de Informação de Apoio à Gestão Florestal baseado em Tecnologia Open Source. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Guerra, A.J.T.; Mendonça, J.K.S (2004). Erosão dos solos e a questão ambiental. Em: Vitte, A.C.; Guerra, A.J.T. (Org.). Reflexões sobre a geografia física do Brasil. São Paulo. Bertrand Brasil.
- Guimarães, C. C. B., Demattê, J. A. M., Azevedo, A. C., Silva, R. C. (2019). Intemperismo em perfis de solos pouco intemperizados originários de rochas magmáticas. Clécia Cristina Barbosa Guimarães, p.19.
- Guimarães, R.C. (2012). Bacia hidrográfica. ICAAM. Escola de Ciências e Tecnologia. Universidade de Évora.
- Greene, R., Devillers, R., Luther, J. E., & Eddy, B. G. (2011). GIS-based multiple-criteria decision analysis. Geography Compass, 5(6), 412-432.

- INE. (2019). Brochura de Estatísticas Demográficas e Sociais. Maputo Cidade.
- IGUTP. (2015). Diretrizes Internacionais para Planejamento Urbano e Territorial. Nairóbi: ONU-Habitat.
- Kornienko, D. V. *et al.* (2021). Principles of securing RESTful API web services developed with python frameworks. Journal of Physics: Conference Series.
- Kraak, M. J. (2004). The role of the map in a Web-GIS environment. Journal of Geographical Systems. Obtido em 5 de Agosto de 2024 de. <https://doi.org/10.1007/s10109-004-0127-2>
- Lal, R. &. (1994). Soil Processes and Water Quality Em: *Soil Processes and Water Quality*. (B. S. R. Lal, Ed.) Obtido em 7 de Julho de 2024, de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/135138/1/1997AA003.pdf>
- Leaflets*. (18 de Maio de 2023). Obtido de *Leaflets*: <https://Leaflets.com/>
- Maccari, E. M., & Sauaia, A. C. (2006). Information systems adherence in the decision taking. São Paulo: Doi.
- Machado, A. T., & Machado, C. T. (2002). Agricultura Urbana. Planaltina: Embrapa.
- Machado, L. S. R. (2024). Inclusão digital de Pessoas Idosas: Tecendo novos conhecimento e práticas. Estud. Interdiscipl. envelhec, Porto Alegre. vol. 29
- Machado, R.L.; Carvalho, D.F.; Costa, J.R.; Oliveira Neto, D.H.; Pinto, M.P. (2008). Análise da erosividade das chuvas associada aos padrões de precipitação pluvial na região de Ribeirão das Lajes (RJ). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 2113-2123.
- MADER. (2022). PEDSA 2023: Plano Estratégico para o Desenvolvimento do Sector Agrário. Maputo: República de Moçambique.
- Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. New York: John Wiley & Sons.
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). Multicriteria decision analysis in geographic information science. New York: Springer.
- Malczewski, J. (2006) Análise de decisão multicritério baseada em GIS: uma pesquisa da literatura, International Journal of Geographical Information Science, 20:7, 703-726, Obtido em 17 de Julho de 2024 em: <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>.
- Mattos, P. d. (2015). Tipos de Revisão de Literatura. Botucatu: UNESP.

- Medeiros, Cláudia B.; Pires, Fátima. (1998). Bancos de dados e sistemas de informações geográficas. Em: ASSAD, Eduardo D.; SANO, Edson E. *Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na agricultura*. 2. ed. Brasília: Embrapa.
- Oliveira, S. (2009). Análise multicritério e sua aplicação em planejamento ambiental: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Cartografia*, 61(3), 265-275.
- Pimenta, S. G., & Lima, M. S. (2006). Estágio e docência: diferentes concepções. São Paulo: Revista Poiesis.
- Prates, R. O., Barbosa, S. D. J. (2003). Avaliação de Interfaces de Usuário – Conceitos e Métodos. Anais da Jornada de Atualização em Informática, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Campinas
- Rodrigue, J. P. (2024). The Geography of Transport Systems (6th ed.). New York: Routledge.
- Roig-Tierno, N., Baviera-Puig, A., Buitrago-Vera, J., & Mas-Verdu, F. (2013). O processo de decisão de localização de sites de varejo usando GIS e o processo de Hierarquia analítica.
- Saaty, T. L. (1994). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces*, v. 24, n. 6, p. 19- 43, 1994.
- Saaty, T. L.(1980). The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T.S. (1991). Método de análise hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill/Makron Books. 367 p.
- Caciro, S. (2013). Sistemas de Informação Geográfica: Principais conceitos. Universidade AbERTA. Achado em: <https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2816/1/IntroducaoSIG.pdf>
- Santos, J.P.C., Caldas, V.I. S. P., Silva, A. S., (2019). Suscetibilidade a Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica Lagos – São João, no Estado do Rio de Janeiro – Brasil, a partir do Método AHP e Análise Multicritério. *Revista Brasileira de Geografia Física* 12.
- Silva, A.; Schulz, H. E.; Camargo, P. B. (2003). Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas. São Carlos: Rima Editora.
- Silva, L. F.; De Souza, B. I.; Bacani, V. M. (2019). Intensidade Da Ação Antrópica Na Área De Proteção Ambiental Do Cariri Paraibano. *Caminhos de Geografia*, v. 20, n. 71, p. 364-383.
- Silva, W.G. Machado, V.M. Chagas, M.V.S. William, M.F.F. (2016). Susceptibilidade a erosão utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica;

Somantri, L., & Nandi, N. (2018). Land Use: One of Essential Geography Concept Based on Remote Sensing Technologu. Earth and Environmental Science.

SQLite. (5 de Maio de 2024). Obtido de *SQLite*: <https://www.SQLite.org/>

Teixeira, Ó. C. (1993). Sistemas de Informação Geográfica. Lisboa: Universidade do Porto.

Thapa, R. B., Murayama, Y., & Dorne, F. (2011). Land Suitability Analysis for Peri-Urban Agriculture.

UN-Habitat. (2013). Planning and design for sustainable urban mobility: Global report on human settlements 2013. New York: UN-Habitat.

UN-Habitat. (2016). Planning sustainable cities: Global report on human settlements 2009. Nairobi: UN-Habitat.

Waquil, P. D., Miele, M., & Schultz, G. (2010). Mercados e Comercialização de Produtos Agrícolas. Rio Grande do Sul: UFRGS editora.

Anexos

Anexo 1: Manual do Utilizador

Este manual tem como objectivo guiar o utilizador no uso eficiente e eficaz do WebSIG para apoio na selecção de áreas multifinalitárias aplicando Análise Multicritério. O sistema permite aos utilizadores visualizar informações espaciais e tomar decisões com base em parâmetros espaciais.

O Manual destina-se a utilizadores que necessitam de uma ferramenta para análise espacial, incluindo a população em geral, com foco em usuários que queiram implantar sua infraestrutura no Distrito Municipal de KaTembe e precisam seleccionar um local estratégico.

1.1. Acesso ao sistema

Para acessar o sistema o usuário deve usar um navegador web (*Chrome, Firefox, Edge, etc*) e deve estar conectado a internet. Neste Manual de Utilizador o navegador que está a ser usado para as ilustrações é o *Google Chrome*.

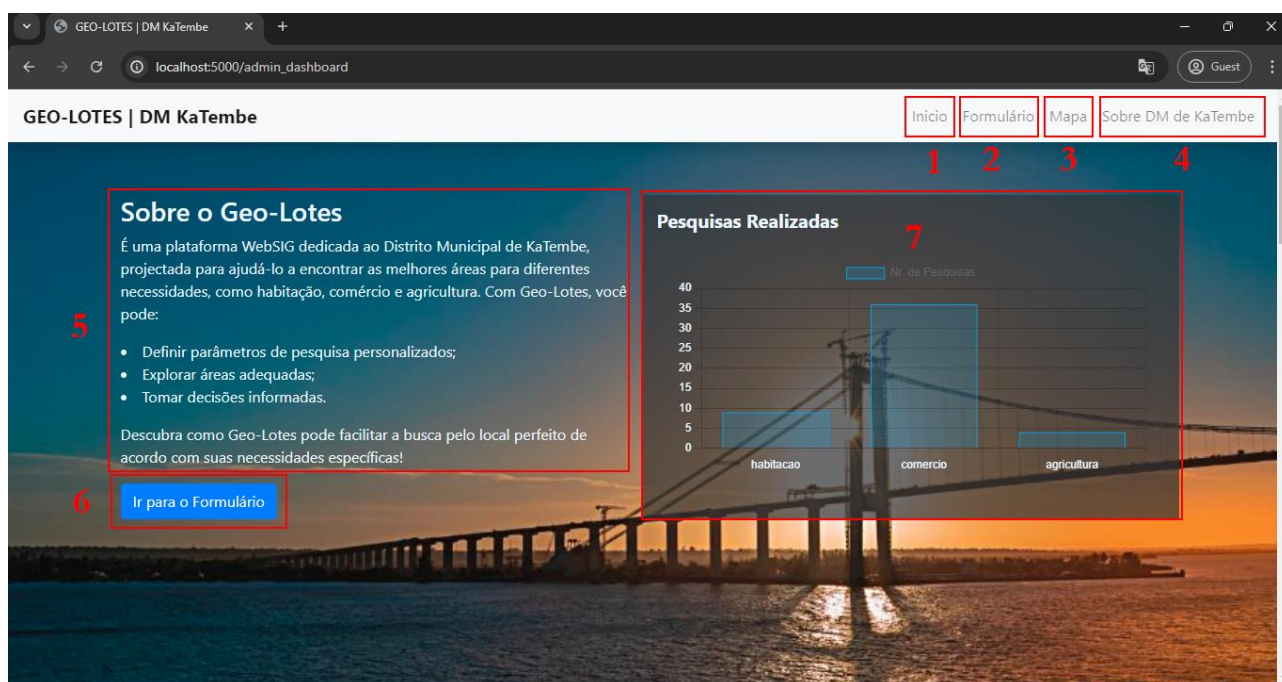
Para usar o sistema não há necessidade de se autenticar, o sistema é aberto para qualquer usuário que queira fazer suas pesquisas.

1.2. Interface do Usuário

A interface do usuário é composta por 4 telas, designadas por **Início, Formulário, Mapa e Sobre o Distrito Municipal de KaTembe**.

1.2.1. Tela 1: Início

A tela inicial contém um resumo daquilo que é possível fazer com o sistema e um gráfico que ilustra as finalidades que já foram pesquisadas dentro do sistema, para melhor entendimento sobre que tipo de finalidade os pesquisadores mais procuram dentro do sistema.



Anexo A: Tela Inicial do WebSIG

A barra de navegação é composta pelo nome do Sistema a esquerda “**GEO-LOTES | DM de KaTembe**”, a direita tem as componentes **1, 2, 3, 4** que representam respectivamente a tela de início, a tela do formulário, a tela do mapa e a tela Sobre o Distrito Municipal de KaTembe.

Quanto ao conteúdo da tela inicial, tem-se as componentes **5, 6 e 7**, onde:

5 – Contém o resumo das informações do WebSIG e o que é possível fazer dentro do mesmo;

6 – É um botão “**Ir para o Formulário**” que ao ser clicado direcciona o usuário a tela do **Formulário**;

7 – É o gráfico que representa as **Pesquisas Realizadas**, o gráfico contém a informação numérica sobre quantas pesquisas já foram realizadas de acordo com a finalidade (**Habitação, Comércio, Agricultura**).

1.2.2. Tela 2: Formulário

Esta tela é a mais importante, porque dita aquilo que são os parâmetros a serem usados na pesquisa, este formulário, é composto por 3 tipos de campos, finalidade, distâncias e prioridades.

Parâmetros de Pesquisa

Finalidade

1

2

Distância para Escola (metros)

Distância para Hospital (metros)

Distância para Estrada (metros)

Distância para Mercado (metros)

Prioridades

Média

Média

Média

Média

3

Todos os Campos do Formulário que não forem preenchidos não serão considerados na análise.

4 5

Anexo B: Tela do Formulário do WebSIG

1 – O primeiro campo é de escolha da finalidade, para tal deve se clicar no campo e seleccionar a finalidade desejada na lista que aparece.

Finalidade

Habitação

Habitação

Agricultura

Comércio

Anexo C: Opções de Finalidades

Ao clicar na finalidade e seleccionar qualquer outra finalidade, todos restantes campos do formulário mudam.

Para habitação:

Parâmetros de Pesquisa

Finalidade

Habitação

Distância para Escola (metros)

Distância para Hospital (metros)

Distância para Estrada (metros)

Distância para Mercado (metros)

Prioridades

Média

Média

Média

Média

Todos os Campos do Formulário que não forem preenchidos não serão considerados na análise.

Visualizar Resultados

Limpar Formulário

Anexo D: Formulário personalizado para Habitação

Para comercio:

Parâmetros de Pesquisa

Finalidade

Comércio

Distância para Zona Habitada (metros)

Distância para Estrada (metros)

Distância para Mercado (metros)

Prioridades

Média

Média

Média

Todos os Campos do Formulário que não forem preenchidos não serão considerados na análise.

Visualizar Resultados

Limpar Formulário

Anexo E: Formulário personalizado para Comércio

Para agricultura:

Parâmetros de Pesquisa

Finalidade

Agricultura

Distância para Vias de Acesso (metros)

Distância para Fonte de Água (metros)

Distância para Mercado (metros)

Prioridades

Média

Média

Média

Todos os Campos do Formulário que não forem preenchidos não serão considerados na análise.

Visualizar Resultados Limpar Formulário

Anexo F: Formulário personalizado para Agricultura

2 – Estes campos devem ser preenchidos com o valor das distâncias pretendidas, em metros, devem ser valores inteiros e todos campos devem ser preenchidos, caso um dos campos não seja preenchido, a variável representada no campo não será considerada na análise.

Caso nenhum campo seja preenchido, então o usuário irá receber uma notificação dentro do sistema:

GEO-LOTES | DM KaTembe

localhost:5000/admin_dashboard#screen2

Início Formulário Mapa Sobre DM de KaTembe

Parâmetros de Pesquisa

Finalidade

Agricultura

Distância para Vias de Acesso (metros)

Distância para Fonte de Água (metros)

Distância para Mercado (metros)

Prioridades

Média

Média

Média

Todos os Campos do Formulário que não forem preenchidos não serão considerados na análise.

Visualizar Resultados Limpar Formulário

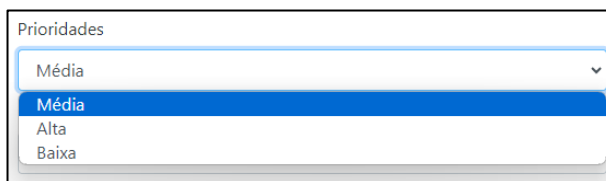
Sem Resultados ✕

Por favor, reescreva os parâmetros de pesquisa e tente novamente. Geralmente esse erro surge porque todo o formulário está vazio ou os parâmetros inseridos (as Distâncias) são muito pequenos.

Fechar

Anexo G: Notificação de falha na submissão do formulário

3 – Este campo deve ser preenchido com as prioridades, por padrão as prioridades já vem como “Média”, mas o usuário pode alternar entre Alta, Média e Baixa, de acordo com as suas necessidades.

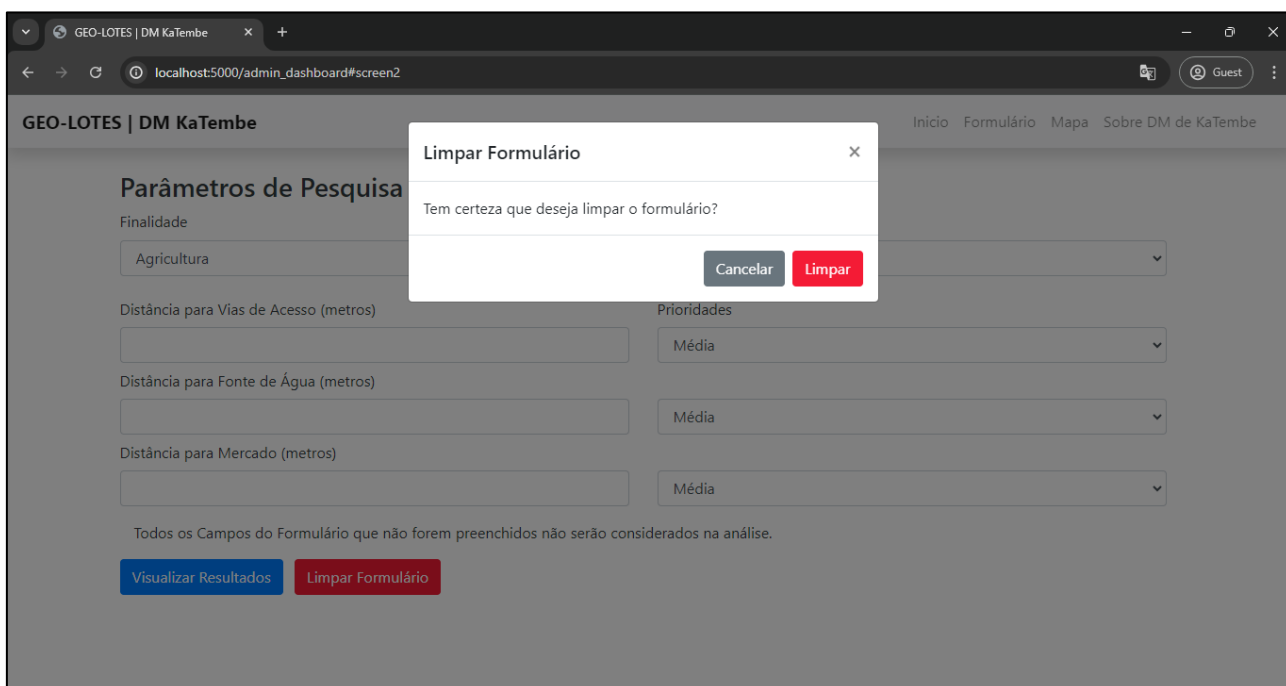


A screenshot of a web form element titled "Prioridades". It features a dropdown menu with a blue border and a white background. The menu is currently open, showing three options: "Média" (highlighted in blue), "Alta", and "Baixa". The text "Prioridades" is displayed above the dropdown.

Anexo H: Opções de prioridades

4 – Este botão “**Visualizar Resultados**” serve para submeter o formulário e direccionar o usuário para a tela do Mapa, onde tem a possibilidade de verificar os resultados da sua pesquisa.

5 – Este botão “**Limpar Formulário**” serve para limpar o formulário, ao clicar no mesmo, é enviada de imediato uma notificação de segurança que pergunta se o usuário tem a certeza de que quer limpar o formulário.

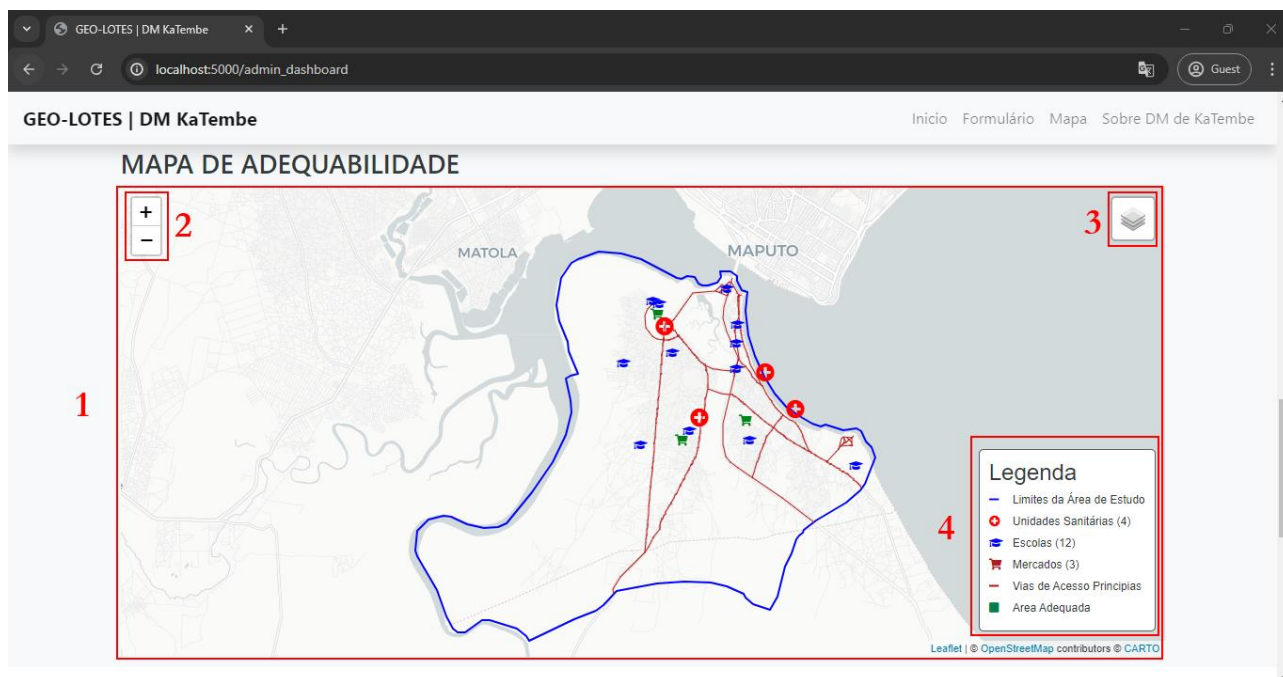


A screenshot of a web browser displaying the "GEO-LOTES | DM KaTembe" application. The page title is "Parâmetros de Pesquisa". The form includes fields for "Finalidade" (set to "Agricultura"), "Distância para Vias de Acesso (metros)", "Distância para Fonte de Água (metros)", and "Distância para Mercado (metros)". There are also three "Prioridades" dropdown menus, all set to "Média". At the bottom, there are two buttons: "Visualizar Resultados" (blue) and "Limpar Formulário" (red). A modal dialog box titled "Limpar Formulário" is open in the center, asking "Tem certeza que deseja limpar o formulário?" with "Cancelar" and "Limpar" buttons.

Anexo I: Notificação de confirmação de Limpeza de Formulário

1.2.3. Tela 3: Mapa

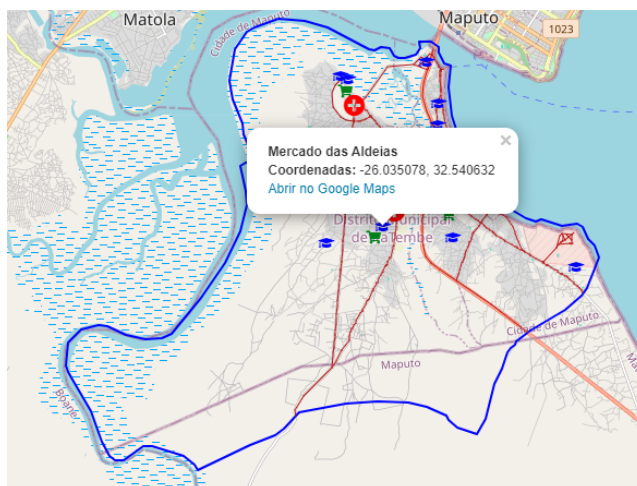
Esta tela contém toda a informação espacial que é considerada nas análises, desde os dados de entrada e os dados de saída, antes do usuário fazer qualquer que seja a pesquisa, o mapa aparece apenas com os dados base e depois do usuário fazer a pesquisa, aparecem os dados base mas acrescenta-se o resultado da pesquisa, nesse caso, as áreas adequadas.



Anexo J: Tela do Mapa de adequabilidade

1 – Indica todo o mapa, que preenche toda a tela, para facilitar a compreensão dos resultados este mapa foi desenhado de forma simplificada, para que qualquer usuário sem experiência em cartografia possa conseguir interpretar os resultados.

Para além das ferramentas de auxílio na visualização presentes no mapa, tem-se também *popups* que são caixas de texto que surgem quando o usuário clica em uma das camadas da análise, exemplo:



Anexo K: Demonstração de Informações do *popup*

No *popup* é possível ver o nome da camada, as coordenadas da camada em graus decimais e também a função para visualizar esse mesmo ponto no *Google maps*.

2 – Indica a ferramenta *zoom*, responsável por aumentar ou diminuir a escala de visualização, para além desta ferramenta para o *zoom*, também pode ser usado dentro do mapa o *mouse* (cursor) para ajustar o *zoom*.

3 – Gestor ou gerenciador de camadas, com essa ferramenta é possível alternar entre os modos de visualização do mapa, podendo ter varias opções, como o Open Street, Satélite (do *google*), mapa cinza (que vem por padrão) e a opção de remover a camada base, para visualizar apenas as componentes da análise.

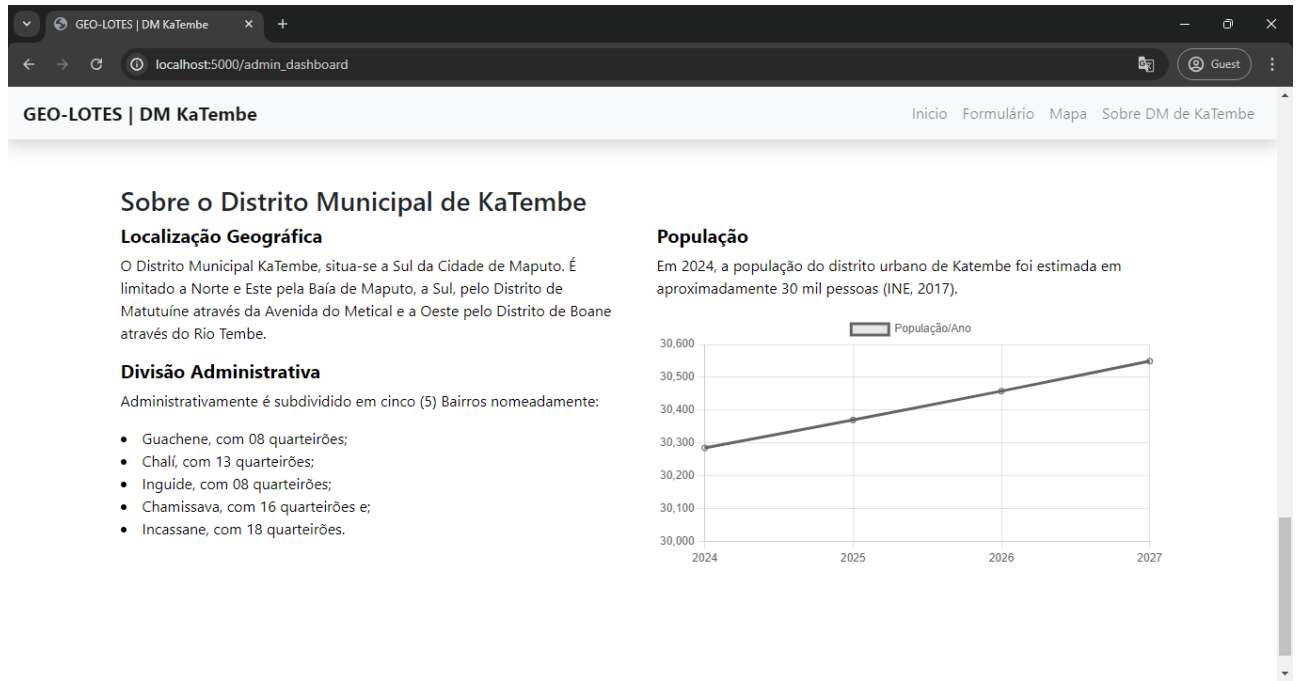


Anexo L: Opções de camada Base

4 – É a legenda, para auxiliar na interpretação das componentes visualizadas no mapa, como Unidades Sanitárias, Escolas, Mercados, Principais vias de acesso.

1.2.4. Tela 4: Sobre o Distrito Municipal de KaTembe

Por fim, a tela sobre o Distrito Municipal de KaTembe, que contém algumas informações resumidas sobre o distrito para melhor enquadramento do usuário, também contém um gráfico da projecção populacional do Instituto Nacional de Estatística para os anos de 2024, 2025, 2026 e 2027.



Anexo M: Tela de Resumo de Informações sobre o distrito municipal de KaTembe