



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE LETRAS E CIÊNCIAS SOCIAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Trabalho de Licenciatura em Geografia

**DETERMINAÇÃO DE LOCAIS ÓPTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE FONTENÁRIAS
NO DISTRITO DE MECUBÚRI**

Afonso Bernardino

Maputo, 2024

Afonso Bernardino

**DETERMINAÇÃO DE LOCAIS ÓPTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE FONTENÁRIAS
NO DISTRITO DE MECUBÚRI**

Monografia apresentada à Faculdade de Letras e Ciências Sociais,
Departamento de Geografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de
Licenciatura em Geografia

Supervisor: Prof. Doutor Inocêncio Pereira

Oponente	Presidente do júri	Supervisor	Data
			____/____/____

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Afonso Bernardino, declaro por minha honra que esta monografia nunca foi apresentada na sua essência, para obtenção de qualquer grau, seja nesta Universidade ou em qualquer outra instituição de ensino superior, e que constituiu o resultado da minha investigação pessoal, estando indicadas no texto e na bibliografia as fontes utilizadas.

Maputo, Outubro de 2024

Afonso Bernardino

Dedicatória

Aos meus Pais e meus tios, **Bernardino Paulo, Janety Stangal, Elias Paulo Dinhanja e Ana Pereira** pelos ensinamentos, conselhos, carinho, amor e investimento na minha formação académica, que fizeram de mim a pessoa que sou hoje;

Meu Avô, **Stangal Munchenha** (em memória); e

A todos os meus irmãos.

Agradecimentos

Ao meu bom Deus pelo dom da vida e fé, que, pela sua Graça e infinita bondade, iluminou esta longa caminhada durante a formação e, de forma especial, agradeço aos meus pais.

A família, cujo apoio incondicional me deu a força necessária para seguir em frente. Sem vocês, nada disso seria possível.

Ao Professor **Sérgio Maló**, pela força e visão dada na vida acadêmica e a experiência profissional não apenas ampliou meu conhecimento, mas também inspirou minha paixão pela ciência geoespacial.

Agradeço também aos meus colegas e amigos, Filimone António, Paulo Mate, Adil António e, Modesto Tiago, pelo apoio e críticas durante os quatro anos da minha formação. Juntos, enfrentamos desafios e celebramos conquistas, criando memórias que levarei para sempre.

O meu agradecimento vai também para todos os professores do Curso de Licenciatura em Geografia por terem contribuído para a minha formação durante os quatro anos.

A todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para o sucesso deste trabalho, meu sincero agradecimento.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para este trabalho. Sua ajuda foi fundamental.

Muito obrigado a todos."

Lista de Siglas e Abreviaturas

CENACARTA - Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção

ESRI – Environmental Systems Research Institute

GIS – Geographic Information System

INE – Instituto Nacional de Estatística

MDT – Modelo Digital do Terreno

ROSC – Fórum da Sociedade Civil para os Direitos da Criança

MAE – Ministério de Administração Estatal

OMS - Organização Mundial da Saúde

MISAU – Ministério da Saúde

MOPHRH – Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos

FIPAG – O Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água

AIAS – Administração de Infra-estruturas de Água e Saneamento

CRA – Conselho de Regulação de Água

QGD – Quadro da Gestão Delegada

SAS – Sistemas de Água Sustentáveis

PNA – Política Nacional de Águas

IDS – Inquérito Demográfico e de Saúde

ONGs – Organizações Não Governamentais

RESUMO

O objectivo do estudo é encontrar locais estratégicos para a instalação de novas fontenárias de água potável no Distrito de Mecuburi-Nampula, a fim de atender às necessidades da população local. A falta de água potável e, conseqüentemente, o seu acesso tem dificultado/desafiado a vida das comunidades. Ao identificar os locais óptimos para a instalação de novas fontenárias, levando em conta as variáveis identificadas, será possível garantir que a população local tenha acesso constante e confiável à água potável. As realizações deste estudo a subsequente instalação das novas fontenárias contribuirão não apenas para atender às necessidades básicas da população, mas também para promoção do desenvolvimento social e económico sustentável da região.

Além de melhorar a qualidade de vida das comunidades locais, esse estudo também busca estabelecer bases sólidas para futuras intervenções no sector de abastecimento de água, permitindo o planeamento eficiente e a optimização dos recursos envolvidos. Portanto, o estudo em questão representa um passo crucial rumo a um futuro mais próspero, justo e resiliente para a população do distrito, servindo de exemplo, ou uma fonte de inspiração com vista a se implementarem soluções similares em outras regiões que enfrentem desafios da mesma natureza.

No estudo, foi utilizado a análise multicritério em SIG para determinar os locais óptimos para instalação de novas fontenárias no distrito de Mecubúri. Para esta análise será considerado o método de Processo de Hierarquia Analítica (AHP), que é actualmente uns dos métodos mais utilizados, sendo aplicado em diversas áreas.

Palavras-chave: SIG; Análise Multicritério; Processo Analítico Hierárquico (AHP) (AHP); Locais óptimos.

Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	iii
Dedicatória.....	iv
Agradecimentos	v
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	vi
RESUMO	vii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Revisão bibliográfica	2
1.3. Problema	6
1.4. Hipóteses.....	7
1.5. Objectivos	7
1.5.1. Geral.....	7
1.5.2. Específicos	7
1.6. Justificativa	7
CAPÍTULO II	9
2. QUADRO TEÓRICO E CONCEITUAL	9
2.1. Fontes de água.....	9
2.1.1. Fontes de água naturais.....	9
2.1.2. Fontes de água Artificiais	10
2.2. Processo de Hierarquia Analítica (AHP)	12
2.2.1. Aspectos gerais	12
2.2.2 Hierarquização e comparação	12
2.2.3. Determinação dos pesos dos critérios	14

2.2.4. Normalização de Critérios	15
2.3. O emprego dos Sistemas de Informação Geográfica	15
CAPÍTULO III	17
3. ÁREA DE ESTUDO.....	17
3.1. Localização geográfica	17
3.2.2. Relevo	19
3.2.3. Solos.....	20
3.2.4. Clima.....	21
3.2.5. Hidrografia.....	22
3.2.6. Vegetação.....	22
3.3. População e características socioeconómicas	23
3.3.1. População.....	23
3.3.2. Vias de Comunicação	25
3.3.3. Água.....	27
3.3.4. Agricultura	29
CAPÍTULO IV.....	30
4. METODOLOGIA	30
4.1. Revisão bibliográfica e Colecta de Dados	32
4.2. Pré-processamento	33
4.3. Processamento.....	34
4.3.1. Atribuição dos pesos estatístico cada critério (Aplicação do Método AHP).....	34
4.3.2. Agregação dos critérios (Weighted Overlay)	35
4.3.3. Classificação das áreas de acordo com a sua pontuação.....	35
4.3.4. Avaliação e selecção das áreas	35
4.4. Análise das variáveis.....	35

4.4.1. Análise de distância	38
4.5. Análise Multicritéria	41
4.5.1. Análise de consistência	43
4.5.2. Peso das Variáveis	44
CAPÍTULO V	47
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1. Locais Adicionais para Novas Fontenárias.....	47
5.1.1. Áreas pré-seleccionadas.....	49
5.2. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	51
5.2.1. Conclusão.....	51
5.2.2. Recomendações.....	51
5.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
5.4. ANEXOS	58

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de Localização e divisão Administrativa da área de estudo	17
Figura 2: Geologia do distrito de Mecubúri.....	19
Figura 3: Relevo do distrito de Mecubúri	19
Figura 4: Solos do distrito de Mecubúri	20
Figura 5: Clima do distrito de Mecubúri.....	21
Figura 6: Rede hidrografia do distrito de Mecubúri	22
Figura 7: Vegetação	23
Figura 8: Mapa de densidade populacional	25
Figura 9: Mapa de	27
Figura 10: Fluxograma Metodológico	32
Figura 11: Mapa de Classificação das variáveis	37
Figura 12: Mapa de Calculo de distância e reclassificação de fontes e rodovias	39
Figura 13: Custo de distância e reclassificação da População	40
Figura 14: Reclassificação da textura do solo.....	41
Figura 15: Reclassificação de Declividade	42
Figura 16: Mapa de locais óptimos.....	49
Figura 17: Mapa de Áreas seleccionadas.....	50

Índice de Tabelas, Gráficos e Quadros

Tabelas

Tabela 1:Índice Randómico	15
Tabela 2:Número de furos, poços e nascentes de água operacionais -2018-2022.....	27
Tabela 3:População servida por fontes e sistemas de abastecimento de água-2018-2022	28
Tabela 4: Variáveis e peso	34
Tabela 5: Construção da matriz de comparação par-a-par.....	42
Tabela 6: Matriz normalizada	43
Tabela 7: Índice de consistência	44
Tabela 8: Classificação das áreas seleccionadas.....	49

Gráficos

Gráfico 2:População servida por fontes de água.....	29
Gráfico 1: da evolução da população do distrito de Mecubúri	24

Quadros

Quadro1: Escala de comparação de critérios segundo Saaty	13
Quadro 2: Dados utilizados.....	32
Quadro 3: Variáveis utilizadas.....	33
Quadro 4: Os pesos e as notas referentes aos critérios escalonados	46

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O acesso à água potável e ao saneamento seguro é um grande desafio em Moçambique e em toda a África, contribuindo em cerca de 90% das mortes por doenças diarreicas nos países em desenvolvimento como Moçambique (ROSC, 2014).

Ter acesso à água potável é um direito fundamental do ser humano e, é responsabilidade exercê-lo. Três áreas de responsabilidade devem ser exploradas. O primeiro foco é a promoção de políticas públicas que priorizem o acesso à água e que sejam de responsabilidade de quem desenvolve e administra as políticas públicas. O segundo foco é o da comunidade beneficiária, que está cada vez mais consciente da importância do uso da água de forma responsável e de buscar maneiras de desfrutar desse direito. O terceiro foco é o uso apropriado da água por todos, especialmente por grandes consumidores como megaempresas e megaprojectos, a fim de evitar danos ambientais e a degradação desse recurso vital para a vida (FORQUILHA & GONÇALVES, 2021). É de responsabilidade do governo assegurar a administração dos recursos hídricos, capacitando as comunidades a serem os líderes na protecção desse recurso compartilhado e fazendo com que os empresários sejam responsáveis pelos impactos das suas actividades na preservação desse bem comum (Ibidem,2021).

Entretanto, na actualidade um dos problemas da humanidade é a disponibilidade de água, principalmente no que se refere às fontes e técnicas para a obtenção deste precioso líquido, daí que as comunidades são obrigadas a encontrar melhores formas de organização para garantirem a operacionalidade das fontes de abastecimento de água (UAMUSSE, 2015).

Para garantir o acesso à água às comunidades, o Governo de Moçambique criou a Lei 18/91, a Lei das Águas, em 1991. É um instrumento legal que define os recursos hídricos como propriedade pública e estabelece os princípios da gestão da água e do inventário de todos os recursos hídricos existentes no país, incluindo o regime geral da sua utilização, as prioridades que devem ser consideradas. Conta dos direitos gerais do usuário e correspondentes obrigações, entre outros (CHIZIANE, 2018).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas fundamentais na determinação de locais óptimos para a instalação de novas fontenárias comunitárias. Eles oferecem capacidades avançadas de análise espacial e integração de dados que são cruciais para este tipo de planeamento (CABRAL, 2012).

A aplicação do SIG neste contexto, permite uma abordagem mais sistemática, objectiva e eficiente na determinação de locais óptimos para fontenárias comunitárias. Ela possibilita a consideração de múltiplos factores espaciais e não espaciais, resultando em decisões mais bem informadas e ambientais mais eficazes em termos de cobertura populacional e uso eficiente de recursos.

Neste estudo será relevante a análise multicritério para determinar locais óptimos para instalação de novas fontenárias comunitárias no distrito de Mecubúri e por sua vez, é um conjunto de métodos de análise de alternativas para a resolução de problemas que utiliza vários critérios relacionados ao objecto de estudo, sendo possível identificar alternativas prioritárias para o objecto considerado (AYALA & FRANK, 2013).

O estudo visa encontrar os melhores lugares para instalação de novas fontenárias e busca fornecer informações cruciais para o desenvolvimento de estratégias eficazes de água potável no distrito de Mecubúri, melhorando significativamente a qualidade de vida, a saúde pública e o desenvolvimento socioeconómico das comunidades locais.

1.2. Revisão bibliográfica

Embora Moçambique tenha várias fontes de água, a falta de infra-estruturas para o fornecimento ou abastecimento deste líquido, tem dificultado a vida as populações, principalmente, às regiões rurais. As desigualdades no acesso à água potável reflectem disparidades geográficas (nacionais) ligadas à pobreza, com a redução da pobreza sendo mais pronunciada nas zonas urbanas entre 2008 e 2015 (FORQUILHA & GONÇALVES, 2021). Mais de 50% da população rural não possui acesso a fontes de água melhoradas, e também há diferenças na qualidade dos serviços de água, saneamento e higiene, sendo a região Norte a mais afectada (Ibidem, 2021).

Em Moçambique, muitos habitantes não têm outra escolha senão usar água inadequada de poços e cursos de águas superficiais, como rios e lagos para emergências e/ou para a vida quotidiana. A implementação deste projecto irá possibilitar as populações a se beneficiar de

forma correcta e estável de água potável, o que pode influenciar significativamente as condições de vida da população rural (MOPH, 2009).

De referir que em Moçambique, desde a independência em 1975 até 2011, não existia nenhuma lei que regulamentasse o estudo e extracção de recursos hídricos (ABOO, 2013). Neste contexto, demonstra a falta de gestão adequada desses recursos após a independência e, é neste contexto que, este projecto se mostra relevante para compreender como os recursos hídricos eram e/ou são geridos no país, sobretudo, nas zonas rurais, assim como refere ABBO (op.cit.) que, o país ainda tem muito a fazer para a regulamentação dos poços, furos e a sensibilização da população nas zonas rurais.

A Política de Águas foi criada pela primeira vez em 1995, e depois actualizada em Outubro de 2007. Os principais pontos da Política de Águas revisados em 2007 eram compostos por 12 componentes, e visavam principalmente melhorar o fornecimento de água nas áreas rurais, incluindo "participação dos beneficiários", "maior envolvimento do sector privado", "aperfeiçoamento do saneamento", entre outros, com o governo comprometido em continuar apoiando esse sector (MOPHRH, 2017).

Os esforços para garantir que os moçambicanos tenham acesso à água potável e saneamento do meio estão a registar progressos lentos, mas encorajadores, especialmente nas zonas rurais, onde o fardo da procura e utilização da água, recai sobre as mulheres, raparigas e crianças, uma vez que percorrem longas distâncias para ter o acesso da água para a sobrevivência das suas famílias (ROSC, 2013).

Os serviços de abastecimentos de água, juntamente com saneamento, escoamento de águas residuais e pluviais, e manejo de resíduos sólidos urbanos (recolha e tratamento), formam o que é geralmente conhecido como Saneamento Básico. Esses serviços são fundamentais porque, ajudam a melhorar a qualidade de vida das pessoas, como também contribuem para prevenir e/ou reduzir a ocorrência de doenças transmitidas pela água, gerando impactos positivos na sociedade tanto em aspectos económicos quanto sociais e de saúde pública, especialmente em relação à saúde das crianças e à redução da mortalidade infantil (MATSINHE & COELHO, 2020).

Durante a implementação do QGD, surgiram o Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água-FIPAG e o CRA - Conselho de Regulação de Água, e posteriormente, em

2009, a Administração de Infra-estruturas de Abastecimento de Água e Saneamento-AIAS. A última tem como objectivo desenvolver infra-estruturas secundárias para fornecimento de água, angariar recursos financeiros e garantir a gestão delegada dos sistemas de abastecimento de água e saneamento em todas as cidades do país (Ibidem, 2020).

Como estes autores percebem, a avaliação da situação no país aponta que, os sistemas que actualmente atendem às cidades e vilas moçambicanas oferecem uma variedade de opções e formas de prestação de serviços, especialmente nas cidades secundárias, que podem ser resumidas da seguinte maneira:

- Redes canalizadas integradas em sistemas decorrentes de investimentos públicos (FIPAG, AIAS) para a implementação do QGD. Administração de serviços em cidades secundárias, seja por entidades públicas, privadas ou governamentais. Assistência ao cliente por meio de conexões privadas (ligações residenciais e/ou ligações de quintal) e fontenários;
- Sistemas descentralizados com infra-estrutura de rede financiada pelo sector público e operadas por prestadores de serviços privados licenciados, entidades municipais ou públicas. Assistência ao cliente também disponível por meio de chamadas privadas e fontes de água potável;
- Redes canalizadas são formadas por sistemas descentralizados financiados por investimento privado e operados por entidades privadas. Assistência ao cliente fornecida principalmente por meio de ligações privadas, principalmente do tipo informal.
- Fontes descentralizadas (poços com bombas manuais geridos por comités de água comunitários) são principalmente utilizadas para fornecer água nas áreas rurais e também em regiões periféricas de áreas urbanas.

Em geral, a maioria dos sistemas actuais não consegue atender de forma eficiente às necessidades das diferentes cidades, incluindo atingir as metas de cobertura. Isso ocorre devido à falta de investimento em infra-estrutura, obsolescência dos sistemas, capacidade limitada para lidar com as demandas, alcance limitado dos sistemas e modelos ineficazes de prestação de serviços, como interrupções, perdas e ligações clandestinas (MATSINHE & COELHO, 2020).

Entretanto, no fornecimento de água para áreas rurais, o sector construiu e renovou um total de 2.212 fontes espalhadas, neste caso, demonstra um percentual de cumprimento acima do previsto no PES 2013, classifica como positivo o desempenho deste indicador. A diferença observada entre

as fontes planeadas e realizadas foi devido à persistente dificuldade de integração no PES dos planos com parceiros financiando projectos fora do orçamento, mas com resultados de execução interligado, obtidas durante o processo de avaliação do programa PES (MOPHRH, 2013).

A organização das fontes espalhadas e dos sistemas rurais menores foi cautelosa para o ano de 2013. Com isso, percebe-se uma diminuição no número de fontes a partir de 2010. E observou-se com grande preocupação o aumento das fontes reabilitadas, o que pode apontar falhas no sistema de gestão das infra-estruturas construídas anualmente (Ibidem, 2013).

Em todo o país, apesar dos progressos significativos no sector da água, o nível de serviço e cobertura ainda deixa muito a desejar, e a Província de Nampula, especialmente no distrito de Mecubúri não é excepção. Muitas infra-estruturas estão danificadas e fora de serviço, e aquelas que ainda estão em funcionamento deixarão em breve de funcionar se não forem tomadas medidas adequadas para evitar que isso aconteça. Nesta situação, a pressão pela reabilitação é grande (SAS, 2001).

A prática demonstra que submeter-se a planos de reabilitação de emergência sem seguir estratégias bem definidas leva a uma perda total de investimento. Com base no exposto, foi fundamental desenvolver uma política nacional água que pudesse orientar as acções que serão realizadas no sector de água para que os resultados obtidos atendam às reais necessidades dos consumidores e, acima de tudo, sejam sustentáveis. No entanto, muitas limitações foram encontradas no terreno para a implementação eficaz da Política Nacional de Águas, em particular a falta de conhecimento real da situação do abastecimento de água da população, desejos e capacidades dos benefícios económicos dos beneficiários podem efectivamente tomar decisões informadas. Os factos em relação a: o que fazer, onde fazer, como fazer e quando (Ibidem, 2001).

A Política Nacional de Águas (PNA, 2007) estabelece que em 1995, a principal meta do governo era recuperar os serviços essenciais de água, especialmente o fornecimento de água nas áreas urbanas, próximas das cidades e rurais. Este documento afirma que o futuro desejado é que a água esteja disponível em quantidade e qualidade adequadas para as gerações actuais e futuras, promova o desenvolvimento sustentável, reduza a pobreza e promova o bem-estar onde os riscos são minimizados impactos negativos das cheias, secas e outros fenómenos naturais.

Contudo, apesar desta idealização do PNA (2007) e de outros instrumentos estratégicos e legais do governo, o abastecimento de água potável continua longe de satisfazer a procura, especialmente nas zonas rurais (IDS, 2011). É exactamente nesta situação que surgem algumas iniciativas privadas de fornecimento de água, vendo esta prática como uma chance para gerar ganhos

1.3. Problema

Na actualidade um dos grandes problemas da humanidade é a disponibilidade de água, principalmente no que se refere às fontes e técnicas para a obtenção deste precioso líquido, daí que as comunidades são obrigadas a encontrar melhores formas de organização para garantirem a operacionalidade das fontes de abastecimento (UAMUSSE, 2015). É neste contexto que surge esta pesquisa de “Instalação de novas fontenárias comunitárias”.

A escassez de água potável tem sido um dos grandes desafios da humanidade ainda no século XXI, influenciada pela mudança climática, pelo aumento ao consumo deste capital natural e a qualidade inadequada da água (MILLER, 2011).

A população de Mecubúri é servida por diferentes fontes de água, que podem ser naturais ou artificiais. No entanto, a distribuição dessas fontes de água não é uniforme, o que faz com que uma parte significativa da população fique distante dos locais de acesso à água. Essa realidade demonstra a necessidade de acções que ajudem a expandir e descentralizar a infra-estrutura de fornecimento de água para melhorar a vida nas comunidades locais.

O acesso à água potável no distrito de Mecubúri é limitado, o que representa um dos principais desafios para o bem-estar das comunidades locais (RAZZOLINI & GUNTHER, 2008). A população sem acesso à água potável tem de enfrentar problemas: percorrer longas distâncias até o rio ou outras fontes não tratadas para conseguir água, um problema que afecta sobretudo mulheres e crianças, responsáveis pela busca do precioso líquido (HELVETAS, 2018).

Esta limitação no acesso a água potável tem consequências directas na qualidade de vida da população, tornando-as mais susceptíveis a doenças transmitidas pela água e dificultando o desenvolvimento económico e social do distrito (BOS, 2017). Assim, é importante identificar locais estratégicos para a instalação de novas fontenárias, para que as pessoas possam ter acesso fácil e seguro a água, de acordo com as políticas nacionais de abastecimento (Ibidem, 2017).

É dentro desta perspectiva que levantamos a seguinte pergunta de partida:

- *Quais são os locais óptimos para a instalação de novas fontenárias do distrito de Mecubúri, considerando factores geológicos, hidrológicos, topográficos e sociais?*

1.4. Hipóteses

A instalação de novas fontanárias deve ser priorizada em áreas com alta densidade populacional e distantes das fontes de água potável existentes, garantindo que sejam localizadas em locais acessíveis a todos os membros da comunidade, incluindo crianças, idosos e pessoas com deficiência, e situadas em regiões com recursos hídricos suficientes para assegurar um fornecimento constante e sustentável de água.

1.5. Objectivos

1.5.1. Geral

- Analisar locais óptimos para instalação de novas fontenárias comunitárias no Distrito de Mecubúri.

1.5.2. Específicos

- Caracterizar aspectos físicos e socioeconómicos do distrito de Mecubúri;
- Mapear a distribuição actual das fontes de água comunitárias em Mecubúri existentes;
- Determinar os critérios baseado em factores de selecção para locais óptimos para novas fontes comunitárias;
- Propor soluções para a localização óptima de fontenárias, levando em consideração a viabilidade de cada local identificado.

1.6. Justificativa

De acordo com MOPHRH (2007), a Política Nacional de Águas trouxe benefícios, mas permanecem grandes desafios, incluindo como melhorar eficazmente o saneamento nas zonas rurais, urbanas e per urbanas.

A pesquisa sobre os locais ideais para instalar novas fontenárias comunitárias no distrito de Mecubúri, província de Nampula, baseia-se em razões importantes. A região enfrenta desafios de

acesso limitado de acesso à água potável. Muitas áreas não têm fontenárias próximas. Isso causa dificuldades para que as comunidades obtenham água segura para consumo doméstico, higiene e outras necessidades básicas. Por essa razão, a população percorre longas distâncias para conseguir água potável.

Entretanto, o acesso limitado da água potável pode comprometer a saúde pública, a qualidade de vida e o desenvolvimento socioeconómico dessas comunidades, criando impactos na segurança alimentar, saúde e higiene, com isso a falta de acesso à água potável aumenta o risco de doenças transmitidas pela água, como cólera, disenteria e infecções parasitárias. Além disso, dificulta a manutenção de práticas de higiene pessoal e doméstica, contribuindo para a propagação de doenças.

Este estudo é relevante no campo científico porque além de se enquadrar numa perspectiva geográfica, contribuirá na compreensão e análise deste fenómeno, buscando fornecer informações cruciais para o desenvolvimento de estratégias eficazes de água potável no distrito de Mecubúri, melhorando significativamente a qualidade de vida, a saúde pública e o desenvolvimento socioeconómico das comunidades locais. Pois, destaca a importância do estudo não apenas em termos de infra-estrutura física, mas também em seus efeitos sociais, económicos e de saúde mais abrangentes. O estudo se posiciona como uma contribuição significativa para o desenvolvimento sustentável e equitativo do Distrito de Mecubúri, com possíveis efeitos positivos que vão além da simples oferta de água.

CAPÍTULO II

2. QUADRO TEÓRICO E CONCEITUAL

Este capítulo faz referência dos principais conceitos discutidos por diferentes autores que fundamentam a pesquisa e de que modo os objectivos são trazidos no trabalho como suporte de investigação.

2.1. Fontes de água

As fontes de água são essenciais para o abastecimento de água potável, irrigação agrícola, geração de energia, e manutenção dos ecossistemas (GUIMARÃES , CARVALHO, & SILVA, 2007).As fontes de água podem ser naturais ou artificiais. Pode-se distinguir: as fontes naturais incluem rios, lagos, lagoas e aquíferos, enquanto as fontes artificiais são aquelas criadas pelo homem, como reservatórios e cisternas (Ibidem,2007).

2.1.1. Fontes de água naturais

Águas Superficiais: referem-se a corpos de água que estão expostos na superfície da terra. Incluem, Rios e córregos ou riachos (correntes de água que fluem pela superfície terrestre e geralmente se originam de nascentes, geleiras ou chuvas), lagos e lagoas (áreas onde a água se acumula naturalmente em depressões da superfície) e oceanos e mares (grandes corpos de água salgada que cobrem a maior parte da superfície da Terra e são importantes para o ciclo da água (LAMON, 2019).

Os rios são cursos de água naturais. O homem não interferiu na sua criação. O seu papel limita-se a procurar locais adequados para utilizar a água que contém. A localização dos pontos de acesso de água do rio varia de acordo com o tipo de uso. A abundância de rios é muito maior nas vilas, na parte interior e centro do que no litoral, por causa da topografia: nas áreas essencialmente planas do litoral, a água é descarregada por vários rios maiores. O número médio de rios por vila é de 4,4 nas vilas do interior e centro, e apenas 0,3 no litoral (SAS, 2001)

Águas Subterrâneas: As águas subterrâneas são definidas como água que se encontra abaixo da superfície terrestre. Elas armazenadas em aquíferos, que são camadas de rocha porosa que armazenam água abaixo da superfície. A extracção dessas águas é realizada por meio de poços ou fontes naturais, nascentes (locais onde a água subterrânea emerge naturalmente na superfície, alimentando rios ou formando pequenas áreas de água) (JÚNIOR, 2022).

Água de Chuva: Captação de águas pluviais (água captada directamente das chuvas, usada para irrigação e consumo após tratamento) (CARDOSO, 2007).

Geleiras e neve: são grandes massas de gelo que derretem lentamente, alimentando rios e lagos, especialmente em regiões montanhosas (BENIN & EVANS, 2010).

2.1.2. Fontes de água Artificiais

Existem diferentes tipos de fontes de água artificiais, a saber, barragens e reservatórios (estruturas construídas para armazenar água para consumo humano, agricultura e geração de energia) e poços e cisternas (estruturas construídas para captar e armazenar água subterrânea ou da chuva, utilizadas especialmente em regiões com pouca disponibilidade de água superficial (JÚNIOR, 2022).

Uma fontenária comunitária, é uma estrutura ornamental ou não, que possui uma ou várias saídas de onde flui água potável (HYNYNEN, JUUTI, & KATKO, 2012). Estas fontes de água são normalmente partilhadas por várias famílias ou indivíduos que não têm acesso a sistemas separados de água potável em suas residências.

TOOD (1959), propõe a definição de poço de água ou fontes comunitárias como sendo "um furo ou cava, geralmente vertical, escavado no solo para trazer água subterrânea à superfície ". O mesmo, o poço é classificado em 'poços rasos' e 'poços perfurados'. Segundo ele, é possível cavar, cavar, empurrar, lavar, poços. Poços profundos são definidos como poços perfurados por percussão rotativa ou métodos hidráulicos. Essa classificação leva em consideração o método de construção do poço, e quando se fala em poço raso surge a dúvida se ele está cavado ou não.

PIMIENTA (1980) distingue poços tradicionais, poços radiais e galerias. Poços tradicionais têm 5 a 10 m de diâmetro; poços radiais são construídos com drenagem horizontal. As galerias são poços que penetram nas águas subterrâneas (Ibidem, 1980, pag.98).

Os poços tradicionais são caracterizados como quaisquer poços construídos por pessoas ou entidades não especializadas na sua construção e sem o uso de cimento. Assim, a diversidade de poços tradicionais é muito extensa. Existem poços profundos (até 4 metros) e larguras significativas, principalmente no litoral, mas também existem cavidades menores no fundo dos rios, de modo que, mesmo quando estão secos, ainda é possível aproveitar a água subterrânea (SAS, 2001).

SAS (2001) afirma que, os poços de bomba melhorados diferem dos poços abertos melhorados porque são equipados com uma tampa e uma bomba de água instalada. Esta categoria também inclui furos equipados com bomba. Os furos caracterizam-se pelo seu método de construção: em vez de abrirem, são perfurados, pelo que costumam ter grande profundidade (e pequeno diâmetro). Futuramente, a perfuração será incluída quando falarmos em poços bombeados.

A maioria dos poços aprimorados com bombas são relativamente novos, com bombas do tipo Afridev. O número médio de poços melhorados com bombas por vilas é quase o mesmo para as diferentes áreas. Em média, 30% destes tipos de fontes não fornecem água: ou a bomba está quebrada, ou há algum problema que faz com que a fonte não possua água na fonte (Ibidem, 2001).

Fontenárias são torneiras públicas abastecidas com água canalizada. Isso significa que para haver tubulações é necessário que haja um pequeno sistema de abastecimento de água (SAS, 2001). E são essenciais para garantir o acesso a água potável, o que é crucial para a saúde pública. A água limpa ajuda a prevenir doenças transmitidas pela água, como diarreia, cólera e febre tifóide. A disponibilidade de água potável reduz a incidência de doenças, melhorando a qualidade de vida e a expectativa de vida da população (OMS, 2023).

Conforme (NANES & FARIAS, 2012), Poços artesianos ou tubulares “Fontes Comunitárias” são aqueles que captam água de aquíferos em que fechados onde a pressão hidrostática provoca a erupção da água.

Fontenárias comunitárias, também conhecidas como chafarizes públicos ou pontos de água comunitários, são estruturas de abastecimento de água instaladas em espaços públicos para fornecer água potável a uma comunidade. Elas são especialmente comuns em áreas onde o acesso à água encanada domiciliar não é universal (PINEDA, 2013).

Segundo as Diretrizes da OMS para a Qualidade da Água Potável, define água domiciliar ou doméstica como sendo “água utilizada para todos os fins domésticos habituais, incluindo consumo, banho e preparação de alimentos” (OMS, 1993; 2002 apud HOWARD e BARTRAM, 2003, p. 8). Isso significa que os critérios para a qualidade da água são relevantes em todos esses usos e não apenas para o consumo de água. Os critérios não abrangem certas utilizações específicas (como diálise e higienização de lentes de contacto) e exigências mais rigorosas para determinados grupos populacionais que são especialmente vulneráveis (como indivíduos com imunidade

comprometida). Apesar de oferecer um panorama geral para o uso de água em casa em relação à qualidade, essa definição não é tão útil ao pensar nas quantidades necessárias para o abastecimento doméstico (HOWARD & BARTRAM , 2003).

Neste trabalho, vai ocupar-se com o estudo de fontes artificiais, sua distribuição geográfica em Mecuburi e acessibilidade à população local.

2.2. Processo de Hierarquia Analítica (AHP)

2.2.1. Aspectos gerais

O método analítico hierárquico (AHP) foi criado por Saaty (1977, 1980, 1988, 1995) e é uma das técnicas de análise multicritério mais famosas e frequentemente empregadas. Ele permite que os utilizadores avaliem de forma intuitiva o peso relativo de vários critérios ou opções em relação a critérios específicos. Se não houver avaliações numéricas disponíveis, os tomadores de decisão ou avaliadores ainda são capazes de identificar se um critério é mais significativo que outro. Assim, os usuários são atraídos pelas comparações entre pares (KASPERCZYK & KNICKEL , s/n) .

Saaty desenvolveu uma forma confiável de transformar tais comparações numa série de números que expressam a importância relativa de cada critério. Entretanto, o AHP é particularmente útil para tomar decisões que envolvem múltiplos critérios e alternativas (Ibidem, s/n).

2.2.2 Hierarquização e comparação

O Método AHP, consiste em calcular uma medida global para cada alternativa ou variável a partir dos valores dos agentes de decisão, classificando-as de acordo com a sua importância para aplicação da pesquisa do projecto (GOMES et al., 2004). O método utiliza uma matriz de comparação par a par, denominada matriz de decisão, para desdobrar o problema numa hierarquia de importância entre as variáveis. A matriz de comparação proposta pelo Thomas L. Saaty (1980) é apresentada no quadro 1, estabelecendo a hierarquia de importância entre as variáveis de forma linear.

A organização de todos os elementos numa hierarquia possibilita uma compreensão abrangente das relações complexas e ajuda o tomador de decisões a verificar se os componentes em cada nível possuem a mesma importância para possibilitar comparações precisas. Um critério específico de um nível não se aplica a todos os elementos do nível inferior. Cada nível representa uma separação específica no problema, portanto a hierarquia não precisa ser completa (SAATY T. , 1990).

Quadro1– Escala de comparação de critérios segundo Saaty

Valor	Definição	Explicação
1	Igual importância:	Os dois critérios contribuem de uma forma idêntica para o objectivo;
3	Pouco mais importante	A análise e a experiência mostram que um critério é pouco mais importante que o outro;
5	Muito mais importante:	A análise e a experiência mostram que um critério é claramente mais importante que o outro;
7	Bastante mais importante:	A análise e a experiência mostram que um critério é predominante para o objectivo;
9	Extremamente mais importante:	Sem qualquer dúvida, um dos critérios é absolutamente predominante para o objectivo;
2,4,6,8	Valores intermédios:	O compromisso é sempre aceitável;
Valores recíprocos dos anteriores	Se um critério i possui um dos valores anteriores quando comparado com o critério j, então o critério j possui o valor recíprocos quando comparado com o critério i.	
Nota: valores 1.1, 1.2 ..., 1.9, ou ainda mais refinados, podem ser utilizados para comparações de critérios extremamente próximos em grau de importância, tal como para 2.0 até 2.9, etc.		

Fonte: Saaty (1980)

Contudo, os valores recíprocos ($1/3$, $1/5$, $1/7$, $1/9$) são usados quando se compara o elemento menos importante com o mais importante. Esta escala permite converter julgamentos qualitativos em valores numéricos, facilitando a análise matemática (SAATY T. L., 1980). A escolha de uma escala de 1 a 9 baseia-se numa pesquisa psicológica que sugere que as pessoas têm dificuldade em fazer distinções precisas entre mais de 7 (mais ou menos 2) itens. E os números pares (2, 4, 6, 8) são usados quando é necessário um compromisso entre dois julgamentos adjacentes (Ibidem,1980).

Esta escala é essencial para o AHP, pois permite quantificar julgamentos subjectivos de maneira consistente e elaborada. Ela fornece uma base para as comparações pareadas que são essenciais para o cálculo das prioridades no método AHP.

2.2.3. Determinação dos pesos dos critérios

De acordo com Baria e Silva (s/n), a determinação dos pesos dos critérios utilizando o Método de Análise Hierárquica (Saaty, 1990) acontece em quatro etapas principais, que são explicadas a seguir:

Etapa 1: Construção da matriz de comparação par a par

Etapa 2: Obtenção de pesos para os critérios (eigenvector principal ou w).

Esta etapa inclui em:

- Soma dos valores de cada coluna da matriz de comparação par a par;
- Divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da coluna a que pertence. A matriz resultante é denominada *Matriz de Comparação Par a Par Normalizada*;
- Obtenção de w_i dividindo-se a soma dos valores de cada linha da matriz pelo número de critérios avaliados.

Etapa 3: Cálculo da razão e índice de consistência (CI-Consistency Index);

A razão da consistência determina o grau de consistência nos julgamentos dos critérios ao fazer comparações par a par. Valores de ordem superior definem maior inconsistência, sendo valores entre 0 e 10 considerados como limite de inconsistência, forçando uma reconsideração dos valores avaliados caso seja assumido um valor superior (MABUTANA, 2014). Na sequência, pode ser calculada através da equação abaixo:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

RC = Razão de Consistência;

IC = Índice de Consistência;

IR = índice Randômico;

O Índice de Consistência pode ser calculado pela equação:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Onde: n = número de

ordem da matriz;

$\lambda_{\max}$ = autovetor;

W_i = pesos calculados e A_w = Produto entre W_i com a matriz de correlação pareada;

O IR foi calculado a partir de experimentos usando a escala básica sugerida por Saaty. O experimento gerou uma tabela que mostra o valor de IR com base na ordem das matrizes de comparação.

Ordem	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Randômico	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabela 1. Índice Randômico
Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

2.2.4. Normalização de Critérios

Ramos (2000), a Lógica Fuzzy é outra forma de normalização de critérios na avaliação multicritério, por meio da qual um conjunto de valores expressos em uma escala de valores é convertido em outro possível critério comparável, expresso em uma escala padronizada (0-1). O resultado representa o grau de pertinência em um conjunto (chamado de pertinência fuzzy ou possibilidade) que varia de 0.0 a 1.0, representando um crescimento contínuo, de não-membro para membro integralmente, dependendo dos critérios dados para *fuzzification*.

Para padronizar os critérios, seguindo a lógica fuzzy, alguma função pode ser utilizada para reger a variação entre a pontuação mínima, a partir da qual os valores da pontuação do critério passam a contribuir para a decisão, e o valor máximo, a partir do qual pontuações mais altas vão contribuir ainda mais para a decisão (Ramos,2001).

2.3. O emprego dos Sistemas de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) desempenham um papel significativo na aplicação do Processo de Hierarquia Analítica (AHP), facilitando a análise e a visualização de dados geoespaciais. O método AHP (Processo de Hierarquia Analítica) é utilizado para ponderar e priorizar variáveis importantes, como rodovias, densidade populacional e textura do solo, entre outras (RAMOS,2000).

O software ArcGIS Pro, desenvolvido pela ESRI, é a ferramenta principal para realizar análises, permitindo reclassificação de dados, análises espaciais e integração de diversas variáveis num único modelo geoespacial. A ferramenta ModelBuilder se torna essencial nesse contexto, pois automatiza as análises, gera mapas finais que indicam os locais ideais para novas fontenárias e otimiza o processo, permitindo a repetição eficiente das etapas.

As vantagens do uso de SIG na aplicação do AHP são evidentes. A automação das análises proporciona eficiência, reduzindo o tempo necessário para obter resultados. Além disso, os SIG oferecem uma representação visual clara dos dados, facilitando a interpretação. A possibilidade de integrar diferentes fontes de informações geográficas melhora a qualidade da análise, e a repetibilidade das análises, facilitada pelo ModelBuilder, assegura um processo sistemático e eficiente (CABRAL,2012).

CAPÍTULO III

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização geográfica

O Distrito de Mecubúri está localizado na província de Nampula, em Moçambique. A sede do Distrito é a localidade de Mecubúri. Geograficamente, o Distrito limita-se ao Norte com o distrito de Namuno, na província de Cabo Delgado; a Oeste com os distritos de Lalaua e Ribaué; ao Sul com o distrito de Rapale-Nampula; e a Leste com os distritos de Erati e Muecate (MAE, 2005).

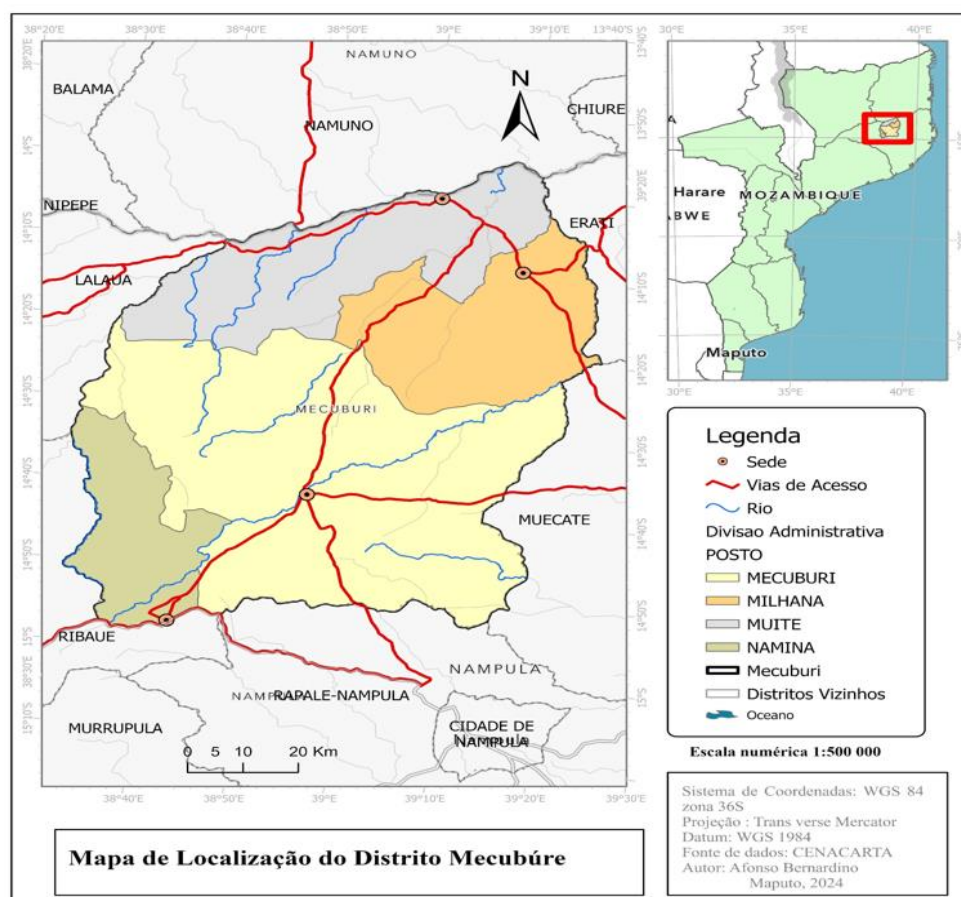


Figura 1. Mapa de Localização e divisão Administrativa da área de estudo
Elaborado pelo autor com base nos dados da CENACARTA

3.2. Caracterização fisiográfica

3.2.1. Geologia

Moçambique possui uma geologia muito variada, existindo ocorrências minerais com uma vasta potencialidade económica. Do ponto de vista geológico, apresenta duas formações geológicas: O Pré-câmbrico e o Fanerozóico (MUCUTO, 2014).

O Pré-cambriano da região norte de Moçambique é caracterizado por rochas de média a alta qualidade e constitui o extremo sul do Cinturão de Moçambique definido por Holmes (1951). O Cinturão de Moçambique faz parte de um cinturão orogénico maior (Orógeno da África Oriental) localizado ao longo da costa leste de África, estendendo-se do norte de Moçambique ao Sudão e à Etiópia (GTK Consortium, 2006^a).

A geologia do distrito de Mecubúri é fascinante e diversificada, reflectindo a rica história geológica da região. O distrito é caracterizado por uma combinação de formações rochosas antigas e depósitos sedimentares mais recentes (MAE, 2005). As formações rochosas predominantes incluem granitos e gnaisses, sendo rochas metamórficas formadas há milhões de anos. Essas rochas são frequentemente encontradas em afloramentos e inselbergs, sendo colinas isoladas que se erguem abruptamente das planícies circundantes (Ibidem, 2005).

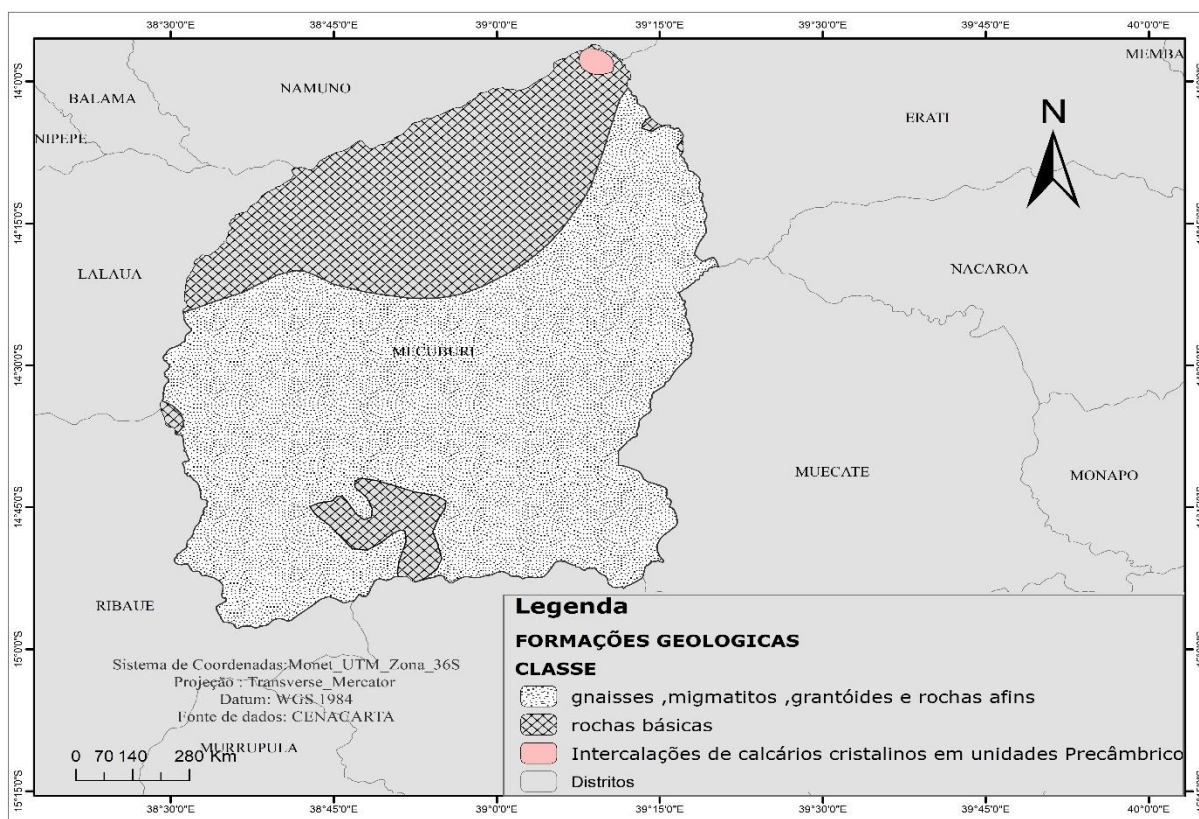


Figura 2: Geologia

Elaborado pelo autor com base nos dados da CENACARTA

3.2.2. Relevo

O relevo do Distrito de Mecubúri é caracterizado por uma topografia variada, com altitudes compreendidos entre 200 e 500 metros acima do nível do mar, apresentando uma combinação de planícies, colinas e montanhas (MAE, 2005). A região é predominantemente plana, especialmente nas áreas próximas aos rios, como o Rio Mecubúri e o Rio Lúrio.

A região exibe uma transição gradual na sua relevância. Inicia-se com barreiras de baixa altitude que, progressivamente, se transformam em terrenos mais elevados e irregulares. Esta transição é evidenciada por encostas mais íngremes em certas áreas (Ibidem, 2005).

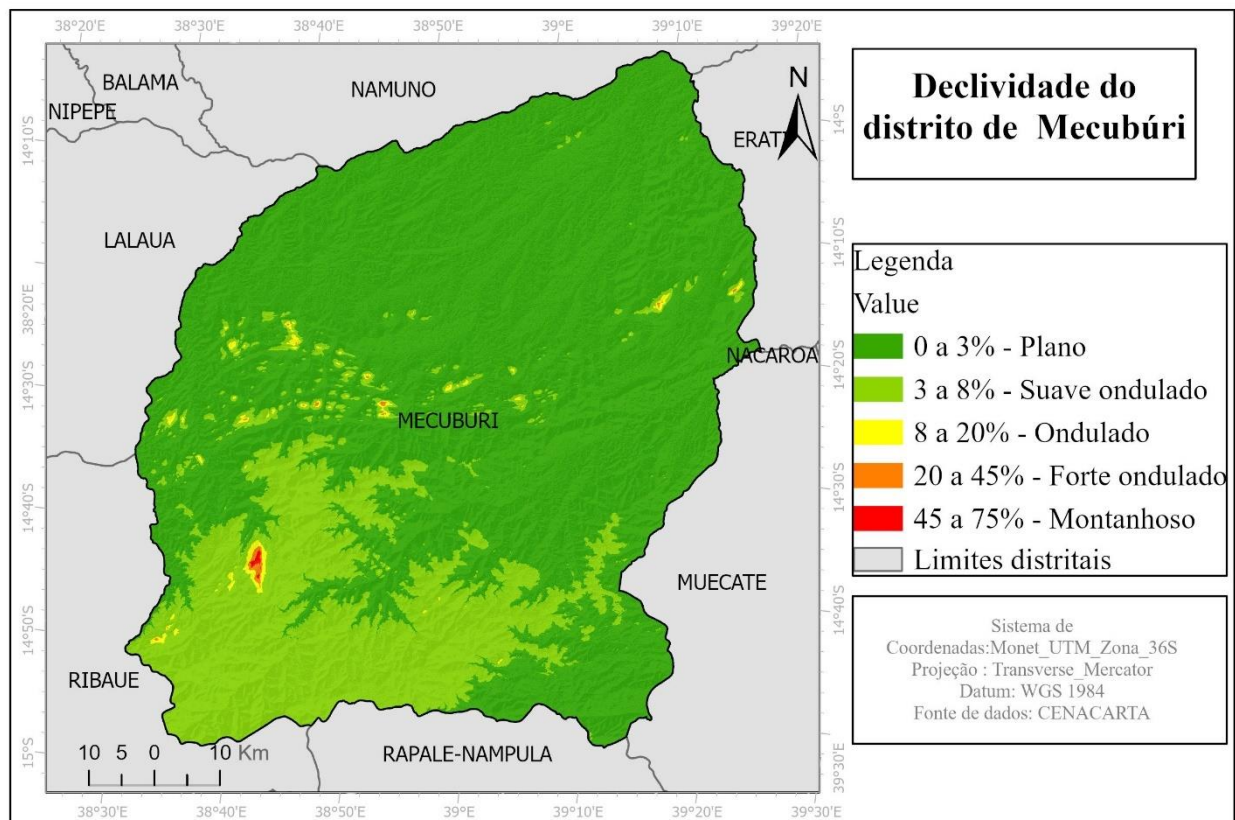


Figura 3: Relevo

Elaborado pelo autor com base nos dados da COPERNICUS

3.2.3. Solos

De acordo com MAE (2005), a maioria dos solos no distrito de Mecubúri apresentam texturas média a pesada, são profundos e bem a moderadamente bem drenados. Nas encostas intermédias dos interflúvios os solos variam de cor, desde solos com cores pardo-acastanhada a castanho-amareladas, moderadamente bem drenados, com textura argilosa.

Os solos aluvionares dominam os vales dos rios, sendo escuros, profundos, de textura pesada a média, com drenagem moderada a mal e propensos a inundações frequentes. Ambos estão presentes em solos hidromórficos de diferentes texturas, desde arenosos de cores cinzentas, sobre argila a solos argilosos estratificados de coloração escura (Ibidem, 2005).

As áreas mais altas e inclinadas dos interflúvios são caracterizadas por complexos de solos vermelhos e alaranjados e também por solos amarelos (Ibidem, 2005).

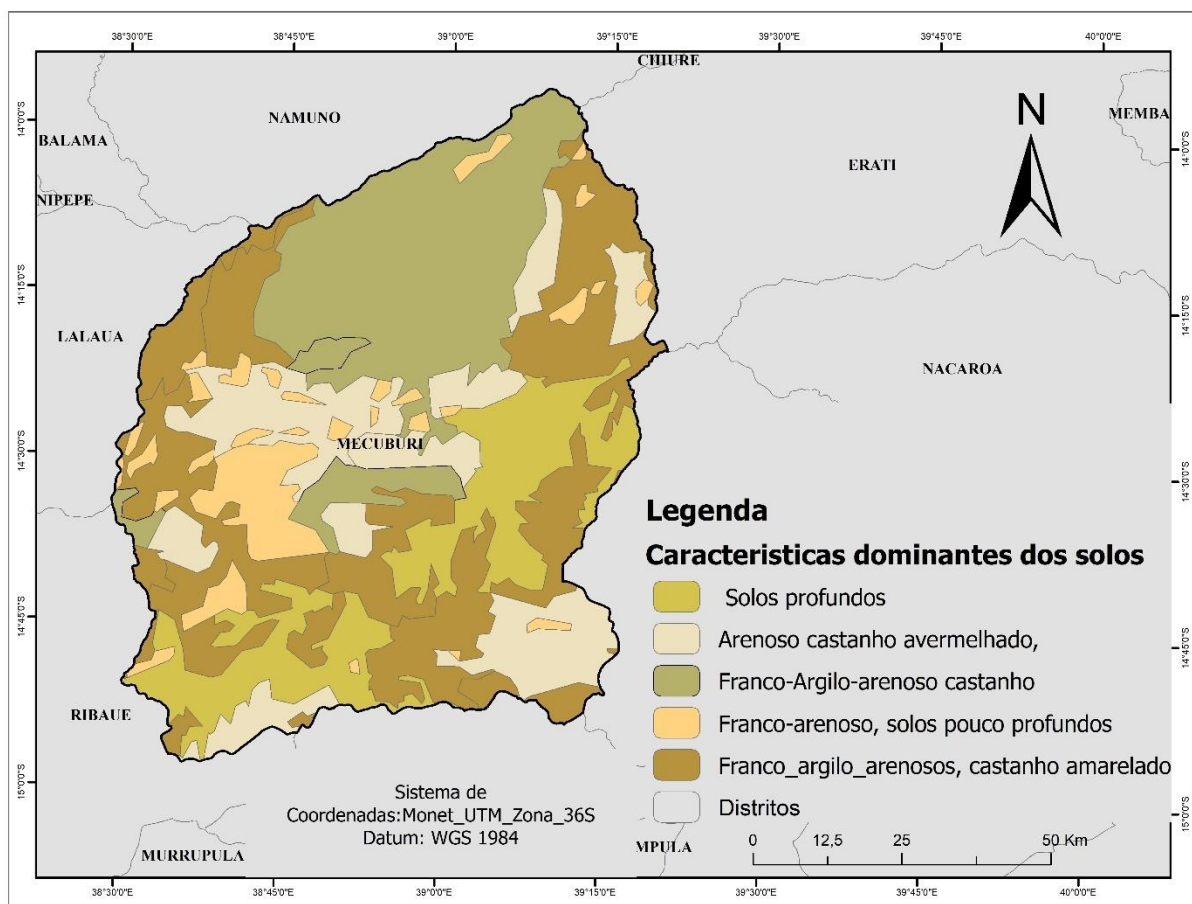


Figura 4: Solos
Elaborado pelo autor com base nos dados da FAO

3.2.4. Clima

O distrito é caracterizado predominantemente por clima húmido, sub-húmido e sub-árido, segundo o mapa. A média anual de chuvas varia de 800 a 1200 mm, ao passo que a evapotranspiração potencial de referência varia entre 1300 e 1500 mm (MAE, 2005).

A precipitação media anual pode, contudo, localmente, por vezes exceder os 1500 mm tornando-se o clima do tipo sub-húmido chuvoso. Tendo em conta a classificação de Köppen, em termos da temperatura média durante o período de crescimento das culturas, há regiões com temperaturas acima de 25 °C, embora em geral a temperatura média anual varie de 20 a 25 °C. A zona representa a região que é influenciada pelos vales dos rios Mecubúri e Lúrio (Ibidem,2005).

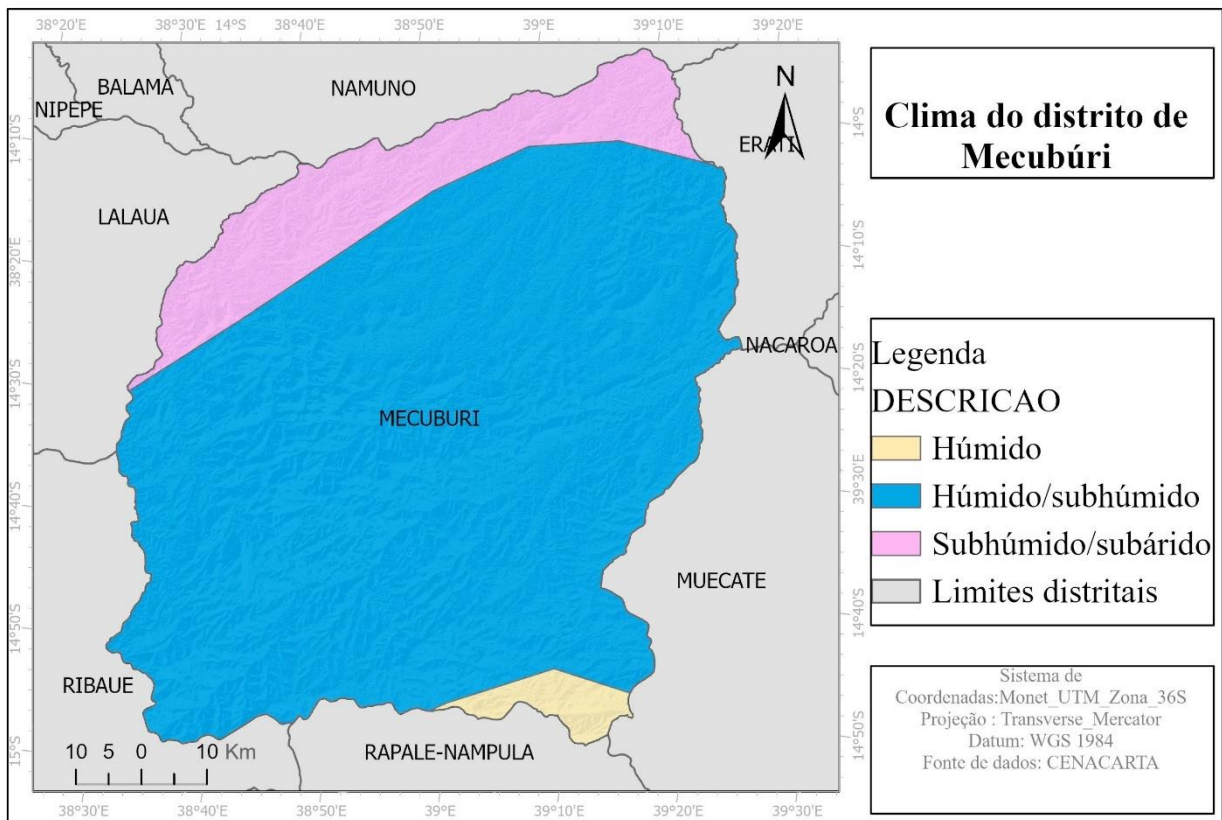


Figura 5: Clima
Elaborado pelo autor com base nos dados da INAM

3.2.5. Hidrografia

Conforme o MAE (2005), o distrito de Mecubúri apresenta um grande potencial hidrológico, visto que é atravessado por grandes rios (Lúrio, Mecubúri, Monapo e Muíte), desempenhando um papel crucial na vida das comunidades locais. Os cursos de água estendem-se no sentido oeste-leste seguindo a orientação do relevo que desce em direcção ao Oceano Índico. Os rios têm regime periódico e navegabilidade reduzida.

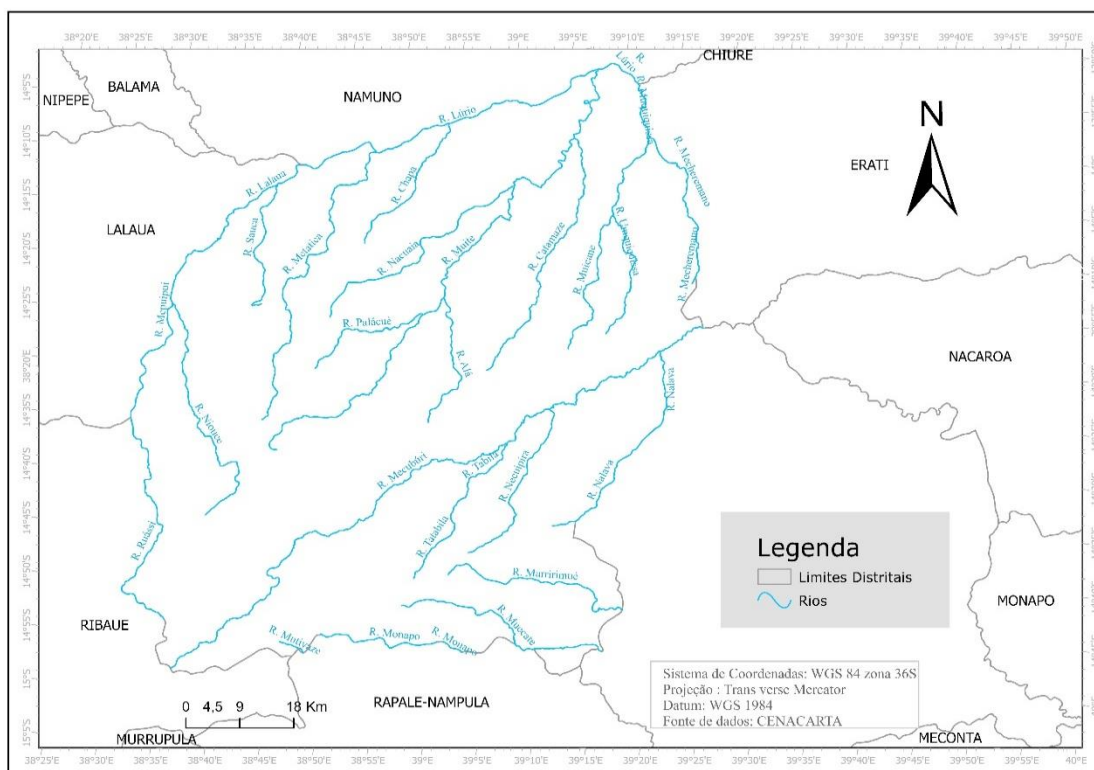


Figura 6: Rede hidrografia

Elaborado pelo autor com base nos dados da DNGRH

3.2.6. Vegetação

O Distrito de Mecubúri possui um maior potencial em espécies vegetais, constituindo dessa forma um dos motivos que contribuiu na localização da reserva florestal do distrito. Ademais, como pode se observar no mapa que é apresentado abaixo, se destacando a floresta aberta semi-decídua, floresta decídua, floresta fechada, pradaria, áreas arbustivas, matagal (2 a 5 m de altura) e cultivos

arbóreos/plantações florestais. A principal espécie que abunda no território é floresta decídua, ocupando uma grande parte ao norte e em algumas áreas centrais do território

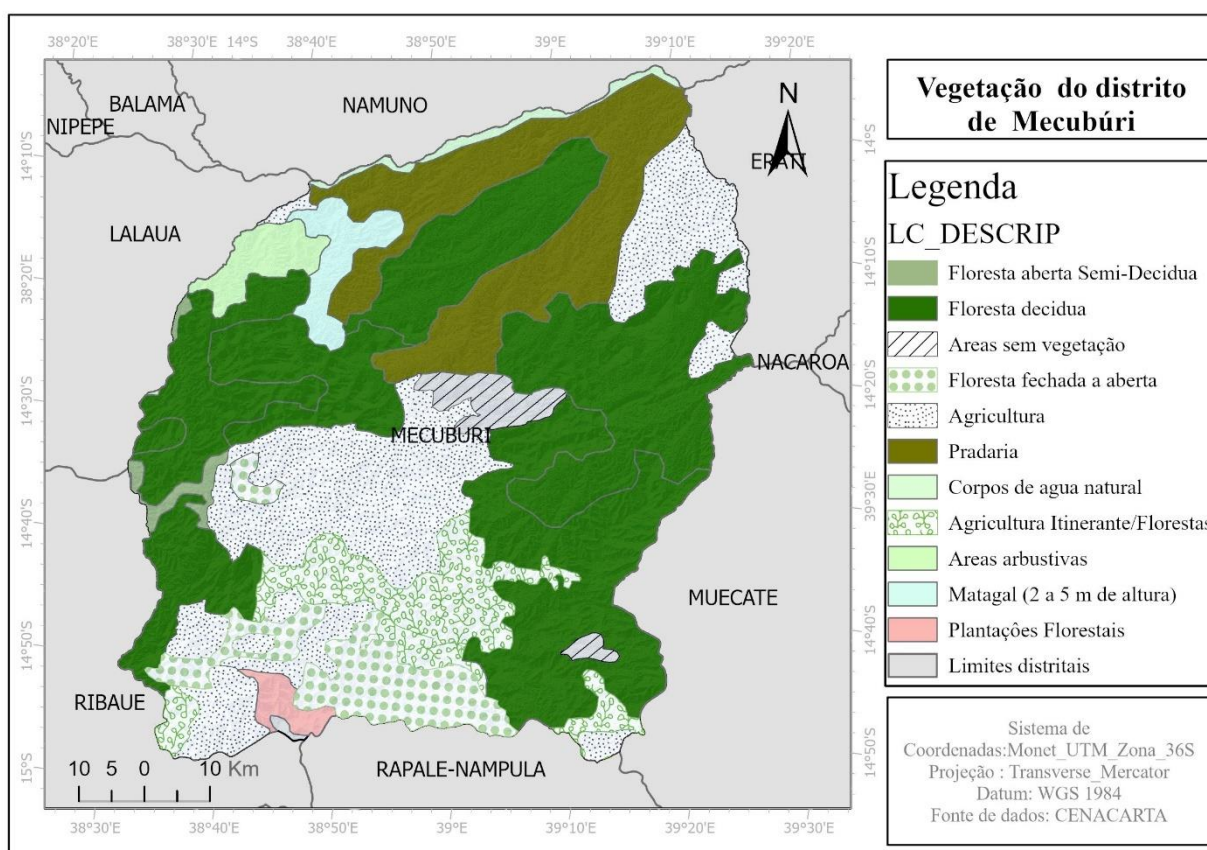


Figura 7: Vegetação

Elaborado pelo autor com base nos dados da CENACARTA

3.3. População e características socioeconómicas

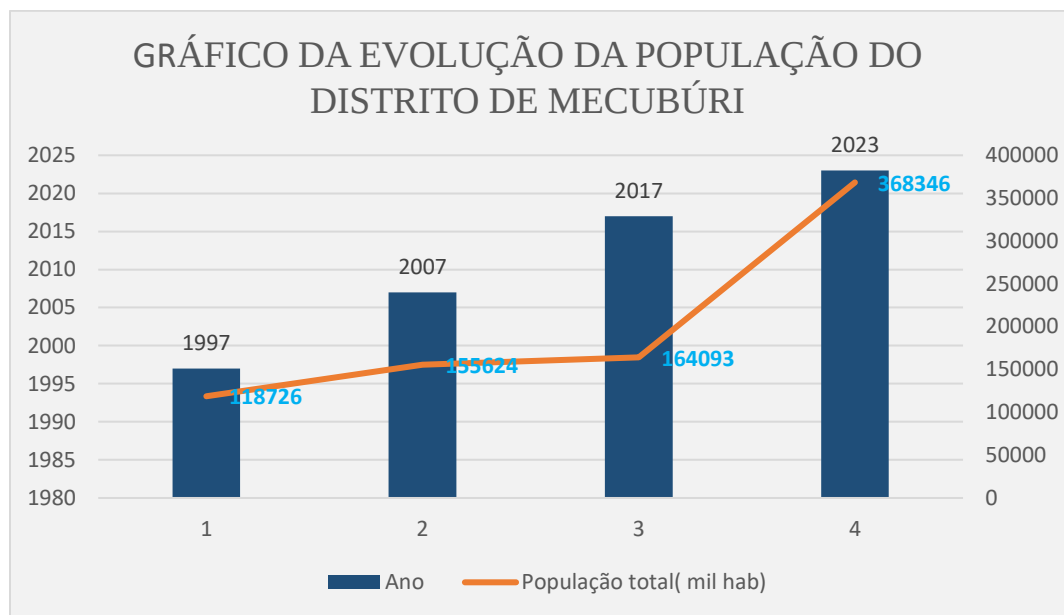
3.3.1. População

O distrito tem uma superfície de 7.135km² e uma população total de 376038 habitante projectada para 2024 por área de residência e sexo, onde a população masculina é de 248011 habitantes e uma população feminina de 128027 habitantes (INE, 2022).

Com uma população jovem (abaixo dos 15 anos) e um índice de masculinidade baixo, com uma matriz rural elevada. No entanto, a distribuição etária da população do distrito mostra uma relação de dependência económica de 1:1, ou seja, cada 10 crianças ou anciões tem 10 pessoas em idade activa (Ibidem,2022)

Existe uma clara tendência de crescimento populacional constante ao longo dos anos, com um aumento particularmente acentuado entre 2017 e 2023. Entretanto, a população aumentou nos últimos 6 anos. Portanto, entre 2017 e 2023 a população do distrito de Mecubúri continuou a crescer, mas a um ritmo mais moderado comparado aos anos anteriores, conforme o gráfico 1.

Gráfico 1. da evolução da população do distrito de Mecubúri



Adaptado pelo autor com base nos dados da INE (2022)

O mapa a seguir, apresenta distribuição espacial da população e a distância que percorrem para ter água potável, pois, a maior parte da população está localizada no Sul e algumas áreas do centro do Distrito. No norte do distrito apresenta menos povoada, com uma população mais dispersa.

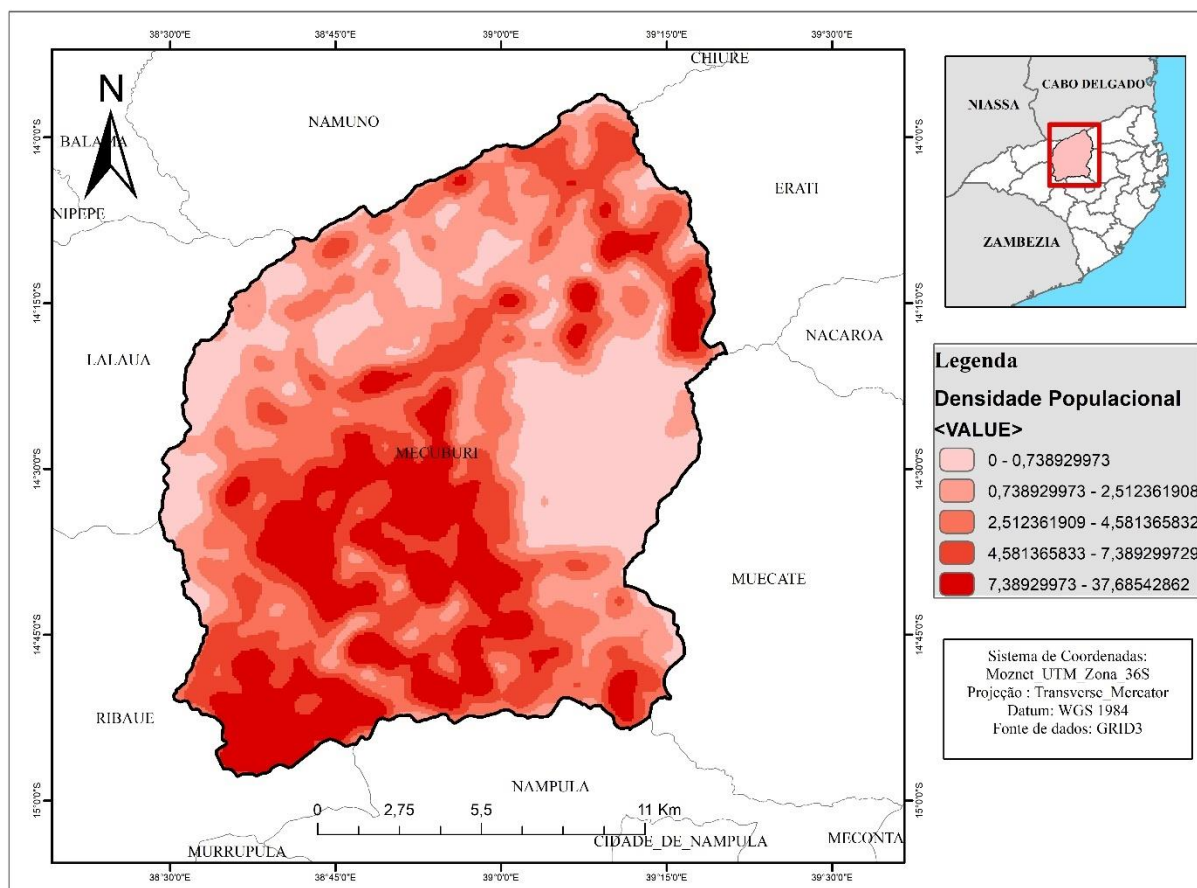


Figura 8: Mapa de densidade populacional
Elaborado pelo autor

3.3.2. Vias de Comunicação

A rede de estradas é uma infra-estrutura fundamental para desenvolvimento socio económico do país, que possibilita o transporte de pessoas e bens (DADÁ, 2023)

De acordo com MAE (2005), o distrito de Mecuburi está servido por transporte rodoviário e ferroviário. O distrito está ligado com Nampula, a capital provincial, Nampula, e tem acesso directo ao corredor de Nacala e aos distritos vizinhos.

O distrito está interligado por três estradas regionais: a ER 510 Rapale/Mecuburi/Muite, com 172Km de extensão, a ER 509 Rapale/Muite/Milhana/Imala, com 127Km, e a ER 511 Namina/Mecuburi/Imala, com 107Km de extensão. Estas estradas só podem ser transitáveis fora

do período chuvoso. Cerca de 340 km de extensão da rede rodoviária foram reabilitados (Ibidem,2005).

Actualmente, o distrito tem visto melhorias significativas nas suas infra-estruturas de transporte. As acções do governo local têm focado na melhoria das rodovias, o que tem impulsionado a qualidade de vida da população. Essas melhorias são cruciais para facilitar o transporte de bens e serviços, bem como para a mobilidade dos residentes.

No entanto, ainda existem desafios a serem superados, como a necessidade de manutenção contínua das estradas e a expansão das rotas de transporte para cobrir áreas mais remotas do distrito. A melhoria das condições de transitabilidade é uma prioridade para garantir que todas as comunidades tenham acesso adequado aos serviços essenciais.

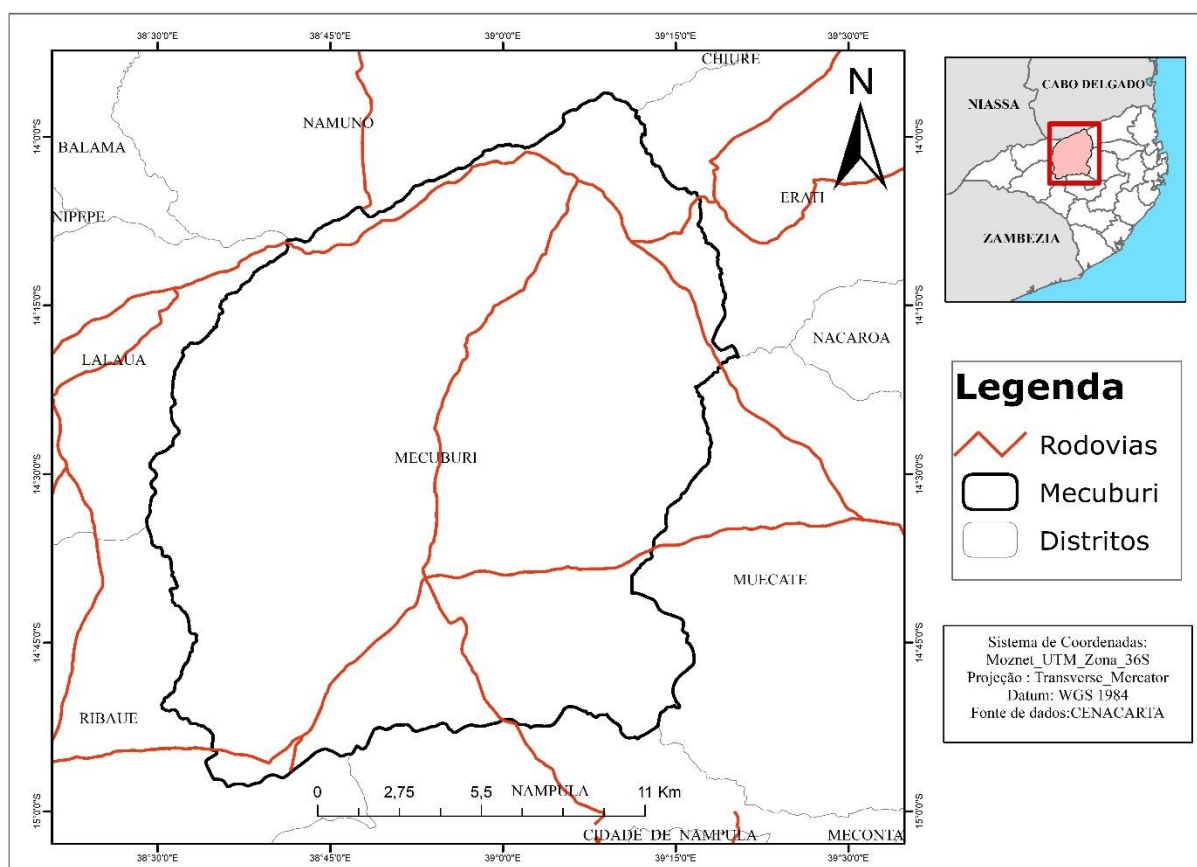


Figura 9: Mapa de rede viária
Elaborado pelo autor

3.3.3. Água

Com base nos dados do Instituto Nacional de Estatística (INE,2022), a distribuição de fontenários no distrito de Mecubúri apresenta uma evolução temporal significativa, mas ainda insuficiente para atender às necessidades da população. Entre 2018 e 2022, observa-se um crescimento no número total de furos operacionais no distrito, passando de 288 para 385 fontenários. Este crescimento, embora positivo, revela disparidades importantes na distribuição espacial entre os postos administrativos, evidenciando a necessidade de um estudo aprofundado para otimização da localização de novos fontenários.

A análise dos dados demonstra uma concentração expressiva de fontenários no Posto Administrativo de Muíte, que detém metade dos furos do distrito (190 furos em 2022), enquanto áreas aproximadamente como Milhana apresentam números significativamente menores (48 furos). Esta distribuição desproporcional sugere que os critérios históricos de implantação não podem ter considerado factores cruciais como densidade populacional, distância entre comunidades e características geográficas do território.

É particularmente preocupante a situação do Posto administrativo de Mecubúri-sede, que apresentou uma redução significativa de fontes operacionais, caindo de 150 em 2020 para 83 em 2022, o que pode indicar problemas de manutenção ou sustentabilidade dos sistemas existentes. Este declínio, especialmente numa área administrativa central, pode afectar os níveis de acesso da população à água potável, aumentando o risco de utilização de fontes não seguras.

Em algumas localidades a população têm estado a percorrer até 9Km até à fonte de água mais próxima e, a situação do abastecimento de água no distrito de Mecubúri é um desafio contínuo, mas há esforços em andamento para melhorar o acesso à água potável (HELVETAS, 2018).

Tabela 2. Número de furos, poços e nascentes de água operacionais -2018-2022

Unidade Territorial	Nº de furos Operacionais				
	2018	2019	2020	2021	2022
Distrito	288	295	390	369	385
P.A de Mecubúri-sede	68	70	150	120	83
P.A de Milhana	35	35	40	44	48
P.A de Muíte	150	160	160	131	190
P.A de Namina	35	40	40	74	64

Adaptado pelo autor com base nos dados da INE (2022)

A tabela 2 apresenta dados sobre população servida por fontes de água em diferentes postos administrativos, abrangendo o período de 2018 a 2022. Para cada ano e unidade territorial, a tabela mostra o número da população com acesso a fontes de água. Por exemplo, em 2020, o posto administrativo de Mecubúri-sede tinha 45.000 habitantes servidas por fontes de água, ao andar de tempo o número redúzio em 2022 para 28 340 habitantes, ao passo que no posto administrativo de Milhana reduziu para 12.000 habitantes em 2020, mas aumentou significativamente para 16.000 habitantes.

Tabela 3– População servida por fontes e sistemas de abastecimento de água-2018-2022

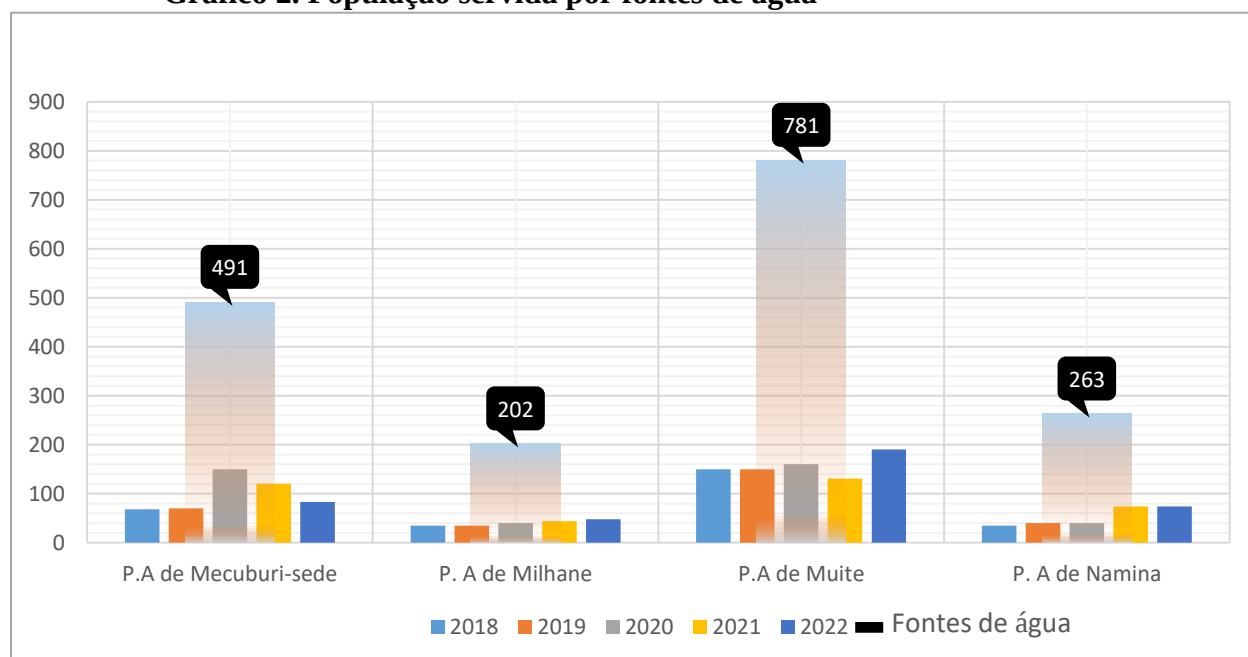
Unidade Territorial	População servida por fontes de água				
	2018	2019	2020	2021	2022
Distrito	87700	94500	117000	110700	67840
P.A de Mecubúri-sede	21 000	21 000	45 000	36 000	28340
P.A de Milhana	12 000	14 100	12 000	13 200	16 300
P.A de Muite	36 300	45 000	48 000	39 300	6 900
P.A de Namina	14 400	14 400	12 000	22 200	16 300

Adaptado pelo autor com base nos dados da INE (2022)

Com base no gráfico a seguir (gráfico 2), a distribuição de fontes de água no distrito de Mecubúri revela um cenário ainda mais complexo e preocupante do que os dados anteriores sugeriam. O gráfico demonstra uma distribuição vantajosa desigual entre os postos administrativos, com números totais de fontes de água que evidenciam disparidades significativas: Posto administrativo de Mecubúri-sede com 491 fontes, Posto administrativo de Milhane com 202, Posto administrativo de Muite liderando com 781 fontes, e Posto administrativo de Namina com 263 fontes.

Esta distribuição espacial apresenta um desequilíbrio acentuado, onde o Posto administrativo de Muite concentra aproximadamente 45% do total das fontes de água do distrito, enquanto Milhane, com apenas 202 fontes, representa cerca de 11,6% do total.

Gráfico 2. População servida por fontes de água



Adaptado pelo autor com base nos dados da INE (2022)

3.3.4. Agricultura

A estrutura de exploração agrícola do distrito reflecte a base alargada da economia familiar, constatando-se que 84% das explorações são cultivadas por 3 ou mais membros do agregado familiar (MAE, 2005).

As explorações estão agrupadas em aproximadamente 81 mil áreas, sendo 73% menores que meio hectare e 45% exploradas por mulheres. É importante destacar que 35% dos agricultores são crianças com menos de 10 anos, de ambos os sexos (Ibidem, 2005).

A maioria da terra é explorada em regime de consociação de culturas alimentares, nomeadamente o milho, mandioca, feijão nhemba, amendoim. Para além das culturas alimentares e de rendimento, o distrito tem um apreciável número de fruteiras e cajueiros (Ibidem,2005)

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGIA

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos usados para a realização do presente estudo.

Metodologia é entendida como a aplicação de processos e técnicas que devem ser seguidos para a construção do conhecimento, com o objectivo de demonstrar seu valor e utilidade nas diversas áreas da sociedade, envolvendo os métodos, técnicas e procedimentos utilizados durante todo o processo de investigação (PRODANOV & DE FREITAS, 2013).

A metodologia aplicada neste trabalho fundamenta nos estudos desenvolvidos por Cabral (2012) e Almeida et al. (2023), que abordam a análise multicritério em ambiente SIG para determinação de locais óptimos para localização e instalação de aterro sanitário. Portanto, a partir destas referências fundamentais, adaptamos a metodologia para o contexto específico deste trabalho, mantendo os princípios de Análise Multicritério e utilizando o SIG como ferramenta central de processamento e análise espacial

O fluxograma (Figura 10) mostra as principais fases do estudo.

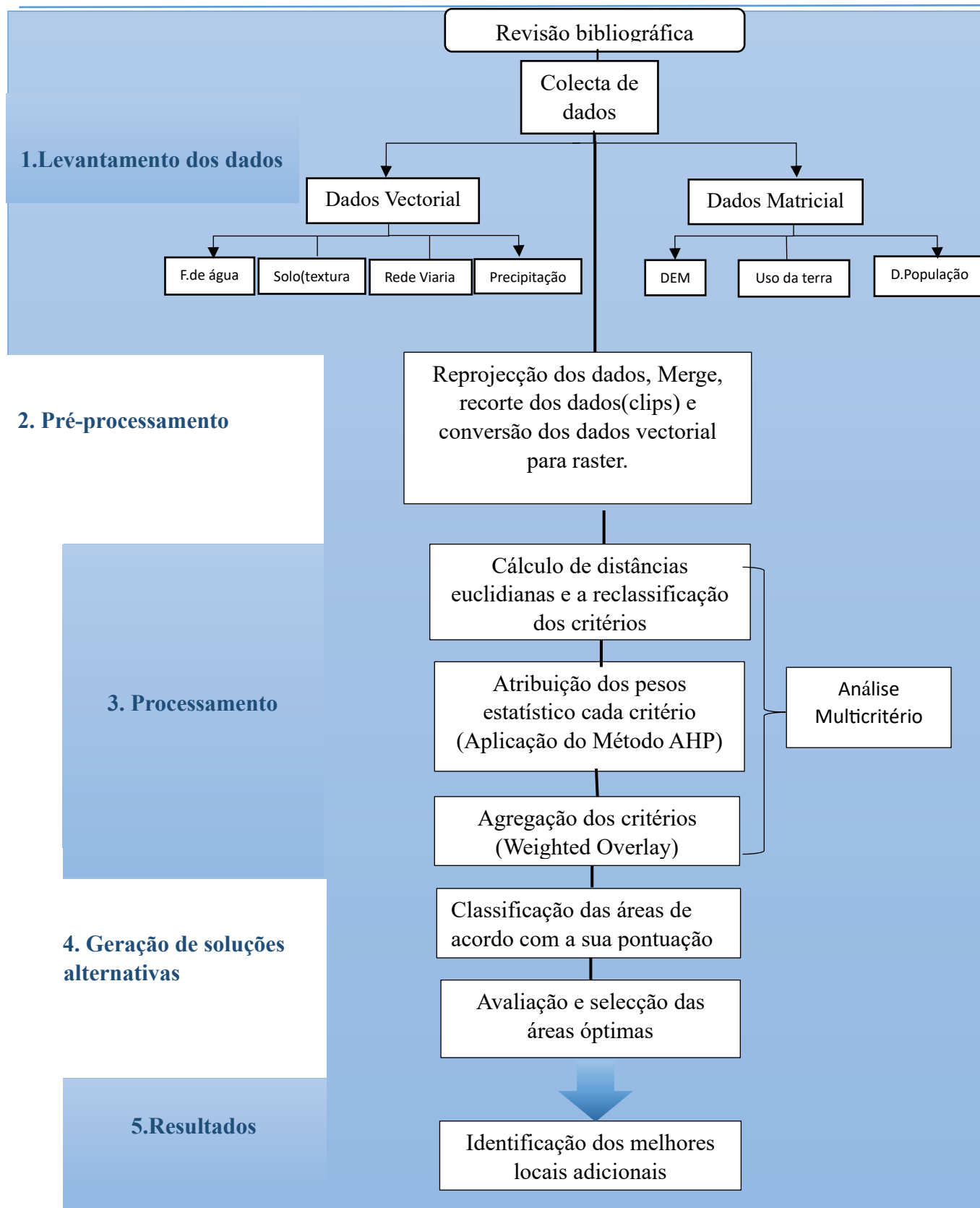


Figura 10. Fluxograma Metodológico

4.1. Revisão bibliográfica e Colecta de Dados

A primeira fase do trabalho consistiu na revisão bibliográfica, onde procedeu-se uma leitura crítica e profunda de artigos científicos e livros sobre o tema acima referenciado.

Foram colectados dados vectoriais e matriciais que contemplam o arquivo shapefile de fontes de água existentes ao longo da área de estudo, dados sobre os Solos (quanto a textura), rede viária e dados sobre a precipitação, enquanto os dados matriciais contemplaram o Modelo Digital de Elevação (DEM), uso da terra e densidade populacional. Os dados vectoriais foram obtidos da base do Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção, Administração Nacional de Estradas, Instituto Nacional de Meteorologia, e os dados matriciais foram obtidos de fontes como GRID3 DATA, Copernicus e Earth Explorer-USGS.gov.

Dados	Tipo	Formato	Fonte de Dados
Fontes de Agua	Vectorial	Shp	CENACARTA
Rede Viaria	Vectorial	Shp	ANE
Precipitação	Vectorial	Shp	INAM
Textura de solo	Vectorial	Shp	CENACARTA
DEM	Raster	Tif	https://opentopography.org
Densidade da População	Raster	Tif	GRID3 DATA (https://grid3.org)
Uso da terra	Raster	Tif	Earth Explorer - USGS.gov

Quadro 2: Dados utilizados

Elaborado pelo autor

A identificação de locais ótimos para a instalação de novas fontenárias requer uma análise multidimensional que considere diversos critérios geográficos, ambientais e sociodemográficos. O quadro apresentado sintetiza as variáveis fundamentais que devem ser consideradas neste processo de análise espacial, cada uma contribuindo com aspectos específicos e complementares para a tomada de decisão.

Cada variável escolhida desempenha um papel específico e complementar no processo de análise, permitindo uma avaliação sistemática e abrangente que visa maximizar o benefício social dos investimentos em infra-estrutura hídrica.

Quadro 3: Variáveis utilizadas

Variável	Papel / Importância da Variável
Modelo digital do terreno (MDT)	Fornecer informações detalhadas sobre a topografia do terreno, permitindo avaliar aspectos críticos como a altitude, inclinação e a direcção de escoamento das águas.
Rodovias	As actuais vias de acesso são fundamentais pois deve-se garantir que novas fontes sejam acessíveis por estrada
Fontes actuais de água	Serviu para evitar que se venha a considerar um local que já tem uma fonte de água
Uso e cobertura da terra	No caso de uso e cobertura da terra é, portanto, fundamental para uma abordagem abrangente na escolha dos lugares ideais para fontes de água, levando em consideração agricultura irrigada e outros usos
Textura de solo	Utilizada para analisar a capacidade do solo de reter água, o que é crucial para a eficiência das fontenárias
Densidade da população	Desempenha um papel importante para aferir distribuição espacial ao nível da área de estudo. Isso permite determinar quantos habitantes existem em cada km ² que necessitam ou estão distantes das fontes actuais
Precipitação	Influencia directamente a disponibilidade de água subterrânea e de superfície. Em regiões onde a precipitação é mais elevada, há maior recarga dos aquíferos e mais possibilidade de manutenção de fontes de água superficial, o que pode facilitar o acesso e a sustentabilidade dos pontos de água.

Elaborado pelo autor

4.2. Pré-processamento

Esta fase consistiu em fazer-se o recorte dos dados para extrair a informação da área de estudo, correcção geométrica das imagens de satélites, para corrigir as distorções geométricas devido às variações na geometria do sensor ou da terra; fusões de dados(merge) para unir as imagens de satélite; conversão dos dados vectoriais para raster pela função *polygon to raster*, ao converter dados vectoriais para raster, todas as informações são transformadas em uma grade uniforme de

células, facilitando assim a combinação de diferentes tipos de dados, como solo, fontes de água, rodovias, e a precipitação . Assim sendo, todos dados foram reprojectados para o sistema de referência universal Transverse Mercator UTM, DATUM Moznet UTM ,36 zona sul, de modo a ficarem com um sistema de referência comum.

4.3. Processamento

O processamento inicial consistiu no cálculo das distâncias euclidianas para variáveis críticas como densidade populacional, fontes de água existentes e rede viária. Conforme destacado por Malczewski e Rinner (2015), a análise da distância euclidiana é fundamental em estudos de localização óptima, pois permite quantificar a acessibilidade e a distribuição espacial dos recursos em relação à população. Para Santos et al. (2017), esta análise é particularmente relevante no contexto de infra-estruturas hídricas, pois considera a distância que a população precisa percorrer para acessar os pontos de água, um factor crucial para a efectividade do serviço.

A reclassificação dos critérios foi realizada utilizando uma escala de 1 a 5, onde: Valor 1: Áreas muito baixas, Valor 2: Áreas baixas, Valor 3: Áreas moderadas, Valor 4: Áreas aptas, Valor 5: Áreas muito aptas. Esta padronização, segundo Eastman (2016), é essencial para permitir a comparação e integração de diferentes variáveis em uma análise multicritério, estabelecendo uma base comum para avaliação da adequação das áreas.

4.3.1. Atribuição dos pesos estatístico cada critério (Aplicação do Método AHP)

Na atribuição dos pesos estatísticos, aplicou-se o método AHP (Processo Hierárquica Analítica), distribuindo os seguintes pesos para cada classificação (Tabela 3).

Variáveis	Peso
Densidade populacional	41%
Fontes de água existentes	21%
Precipitação	15%
Uso e cobertura da terra	10%
Textura do solo	10%
Rede viária	2%
Declividade	5 %
Total	100 %

Tabela 4: Variáveis e peso

Esta ponderação reflecte a importância relativa de cada variável no processo decisório, com maior peso à densidade populacional designada e às fontes de água existentes, seguindo recomendações de estudos anteriores (Silva et al., 2020) que enfatizam a importância primordial desses factores na localização de infra-estruturas de abastecimento de água.

4.3.2. Agregação dos critérios (Weighted Overlay)

A agregação final dos critérios foi realizada através da técnica de Weighted Overlay, que, conforme explicado por Eastman (2016), permite combinar múltiplas combinações considerando seus respectivos pesos em uma análise integrada. Esta técnica possibilita a criação de um mapa de adequação que sintetiza a contribuição ponderada de cada variável, resultando em uma classificação final das áreas quanto à sua escassez para receber novos fontenários.

4.3.3. Classificação das áreas de acordo com a sua pontuação

Nesta fase, as áreas do mapa final são ordenadas com base nas pontuações recebidas, destacando as regiões com maior potencial.

4.3.4. Avaliação e selecção das áreas

São avaliadas as áreas identificadas considerando o tamanho e outras características relevantes, seleccionando as mais adequadas para o objectivo final e serão avaliados com base nos critérios e subcritérios definidos.

4.4. Análise das variáveis

a) Declividade do terreno

A topografia do Distrito de Mecubúri é caracterizada, sobretudo, por terrenos planos e suavemente ondulados, com algumas áreas mais inclinadas e poucos pontos mais elevados. Esta configuração topográfica está em conformidade com a descrição anterior de uma área em sua maioria plana, com algumas variações locais relevantes.

As áreas com declives menos acentuados, que são geralmente mais ideais para instalação de novas fontenárias. Para a atribuição dos valores às classes do factor declividade, foram consideradas áreas com declives planos e muito acentuados que variam 0 a 75%. Sendo as áreas com declividade de 0 a 3% definidas como planas, as áreas de 3 a 8% definidas como suave

onduladas, as de 8 a 20% definidas como onduladas. A última classe se torna uma exceção, pois vai englobar todas as declividades acima de 20%, as classes a seguir tornam-se uma exceção, pois abrange todas as declividades superiores a 20%. Neste contexto, acrescenta-se a advertência de que, nesse grau de declividade, há riscos para instalação de fontenárias.

b) Uso e cobertura da terra

O mapeamento de uso e cobertura da terra é fundamental para compreender e identificação dos padrões de disposição do espaço. A intervenção humana é o principal elemento que transforma o espaço (ALVES & CONCEIÇÃO, 2015)

O mapa de classificação do uso e cobertura do solo foi realizada através da classificação de uma imagem do satélite *Landsat 8*, adquirida em Julho de 2023, que foi georreferenciada no software *ArcGIS pro*.

A imagem, em causa, possui uma resolução de 30 metros foi classificada por meio do método supervisionado, uma técnica probabilística pela qual os pixels da imagem estão relacionados a classe temática, com base na criação de amostras (OLIVEIRA & SOUSA, 2020).

Para assegurar a qualidade dos dados, a imagem passou por um pré-processamento que incluiu correções radiométricas e atmosféricas, recorte da área de interesse e fusão de bandas. Em seguida, foi definida uma amostra de 1600 pixels, distribuídos em classes como Montanha, Floresta aberta (áreas arbustivas), Floresta densa, florestamento rochoso, Área cultivada/solos agrícola, Solo exposto e assentamentos humanos, que serviu para o treinamento do algoritmo de classificação. A verificação dos resultados foi realizada com uma amostra independente de 1000 pontos, obtidos nas imagens de alta resolução, o que permitiu avaliar a precisão das classes identificadas. A acurácia geral alcançada foi de 0,67%, e. Por fim, a matriz de confusão mostrou o desempenho de cada classe, garantindo uma representação fiel do uso da terra na área estudada (Ibidem, 2020).

c) Textura do solo

A textura do solo é um dos principais indicadores da qualidade física do solo. A determinação da qualidade física do solo permite inferir sobre outros parâmetros, além de compreender o comportamento e a gestão do solo (CENTENO et al, 2017).

Com a determinação da textura do solo, permite uma estimativa indirecta de diversos factores, como dinâmica da água, grau de compactação do solo, a resistência do solo, capacidade de troca de catiões, dosagem de nutrientes e correctivos e de herbicidas.

d) Precipitação

A precipitação tem uma influência importante na escolha de locais óptimos para a implantação de fontenárias no distrito de Mecuburi. No entanto, em áreas com alta precipitação, a recarga dos aquíferos é mais rápida, garantindo um fornecimento constante de água para as fontenárias, e nas regiões com baixa precipitação, pode haver escassez de água, tornando necessário o uso de técnicas de armazenamento e gestão eficiente da água.

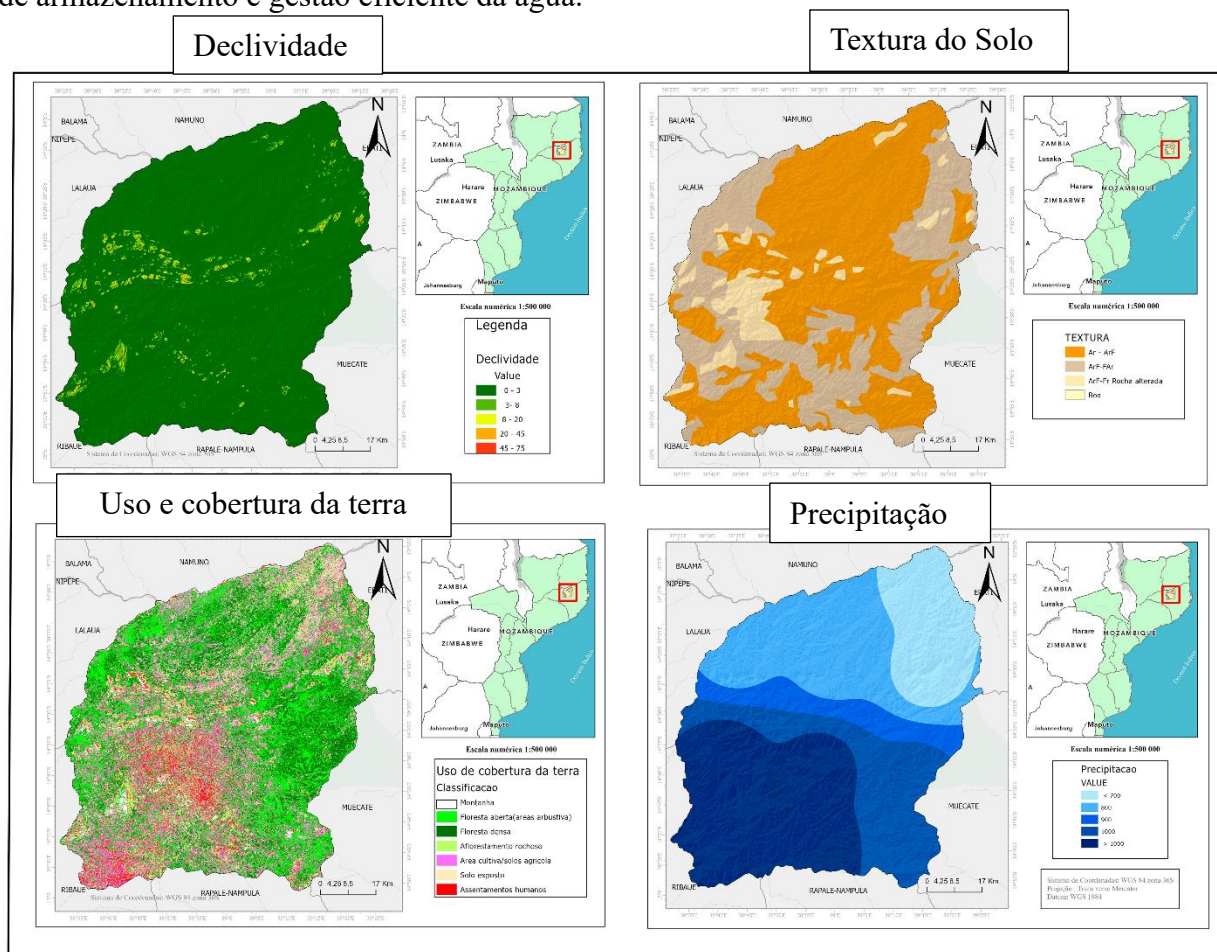


Figura 11: Mapa de Classificação das variáveis
Elaborado pelo autor

4.4.1. Análise de distância

A distância de custo é uma técnica usada em geoprocessamento para determinar o caminho mais eficiente entre dois pontos, considerando não apenas a distância física, mas também os custos associados ao deslocamento através da paisagem (ESRI, 2024).

Para cálculo das variáveis, usou-se ferramentas de distância de custo (*cost distance*) composto em distance no *Spatial analyse*. Esta ferramenta é normalmente usada para criar o caminho ou corredor de menor custo. No entanto, para esta análise preocupa-se com o custo da distância para avaliar o acesso das infra-estruturas em relação à localização da maior densidade da população do distrito de Mecubúri.

a) Fontes de água

A figura A mostra o cálculo de distância e reclassificação de fontes de água , observa-se na região oeste do distrito a população percorre longas distâncias para ter acesso a água potável, e na parte sul e centro do distrito a população percorre uma distância de 500 m, respondendo assim, a recomendação da OMS que determina a distância máxima a percorrer para ter acesso de água potável não deve exceder mais de 1.000 metros (1km) de distância (FORQUILHA & GONÇALVES, 2021).Idealmente, a fonte de água deve estar a uma distância de até 500 metros para minimizar o esforço e o tempo gasto na colecta de água.

b) Rede viária

A figura B apresenta o cálculo de distância e reclassificação da rede viária, as áreas que apresenta cor vermelho que se encontra a oeste do distrito indica maior distância, enquanto as áreas em laranja e amarelo apresentam distâncias menores. A proximidade com as estradas torna mais fácil para a comunidade ter acesso às fontenárias, essenciais para o seu abastecimento diário de água.

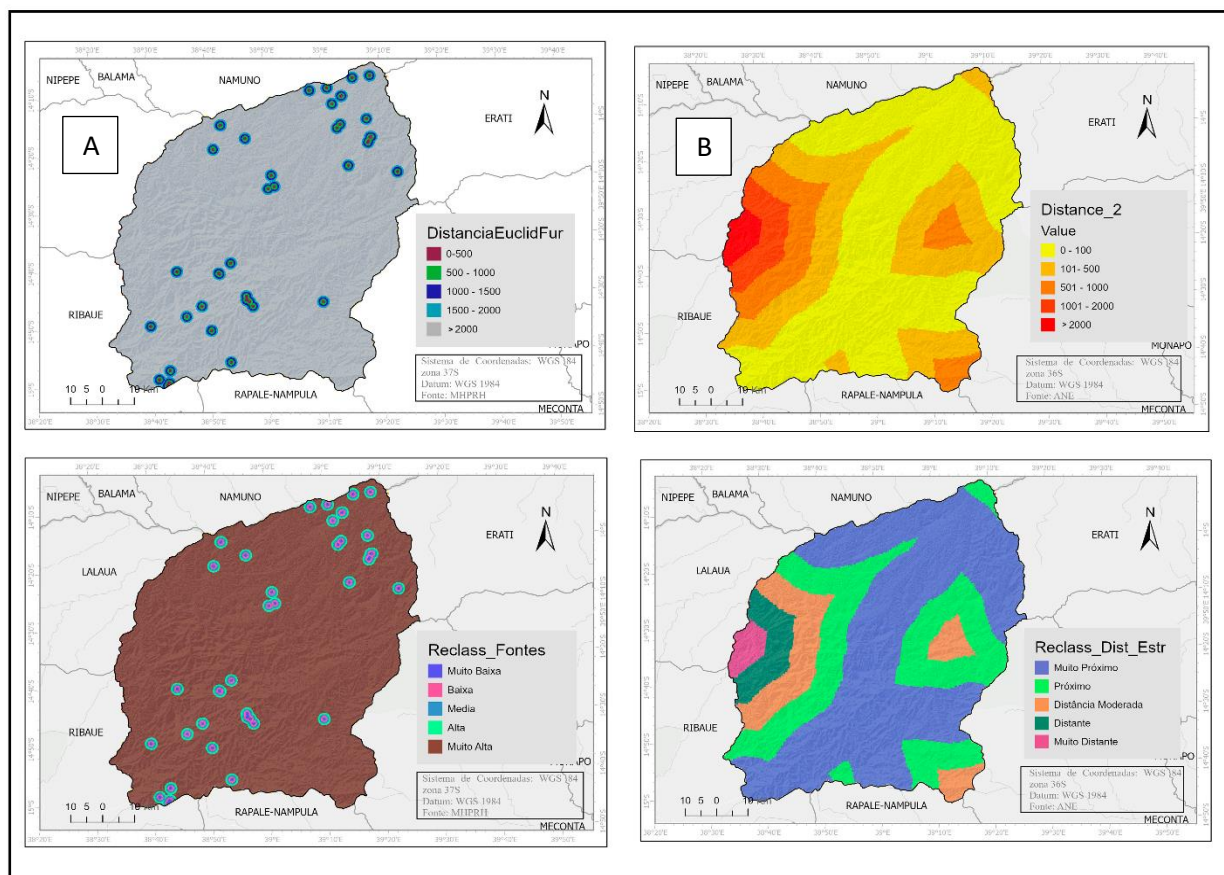


Figura 12: Mapa de Cálculo de distância e reclassificação de fontes e rodovias
Elaborado pelo autor

c) População

A figura 12 mostra distância e reclassificação da população recomendada para instalação de novas fontes em relação aos núcleos populacionais pode variar dependendo de diversos factores e recomendações de diferentes organizações, no caso do distrito de Mecuburi uma boa prática seria tentar manter as fontenárias dentro de um raio de 500 metros dos núcleos populacionais, sempre que possível.

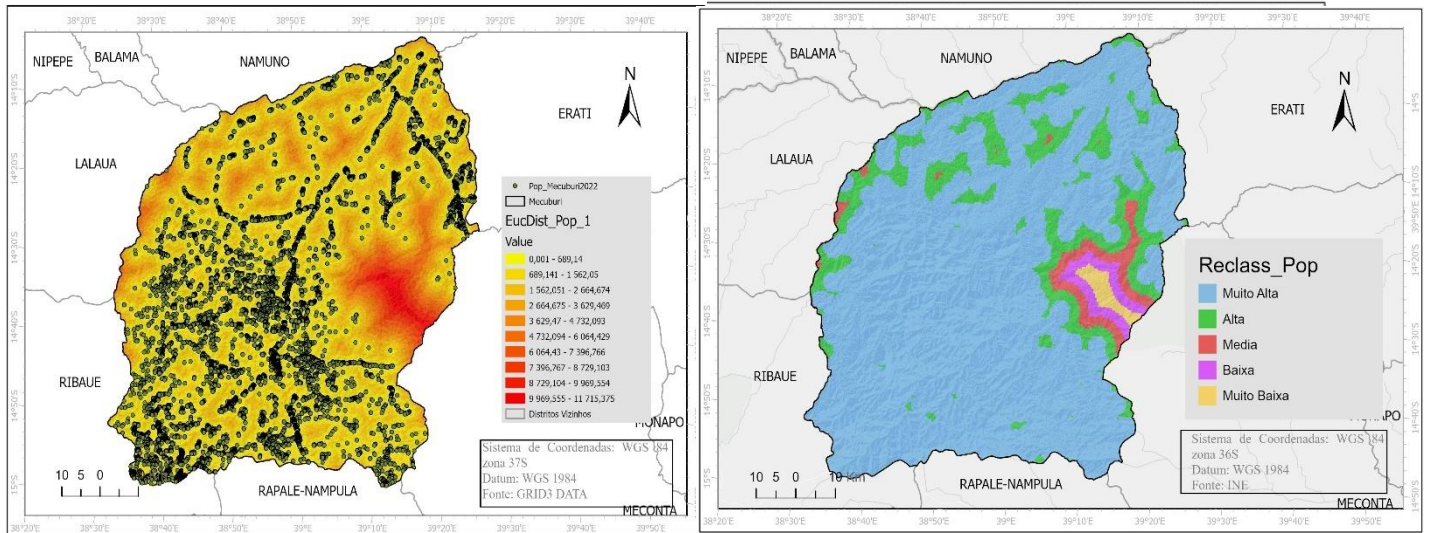


Figura 13: Custo de distância e reclassificação da População
 Elaborado pelo autor

d) Textura do solo

Conforme o mapa, a classe predominante na área de estudo são solos profundos, por sua vez cobre uma parte da região norte, seguida por solo franco -argiloso-arenoso que cobre uma parte este e oeste.

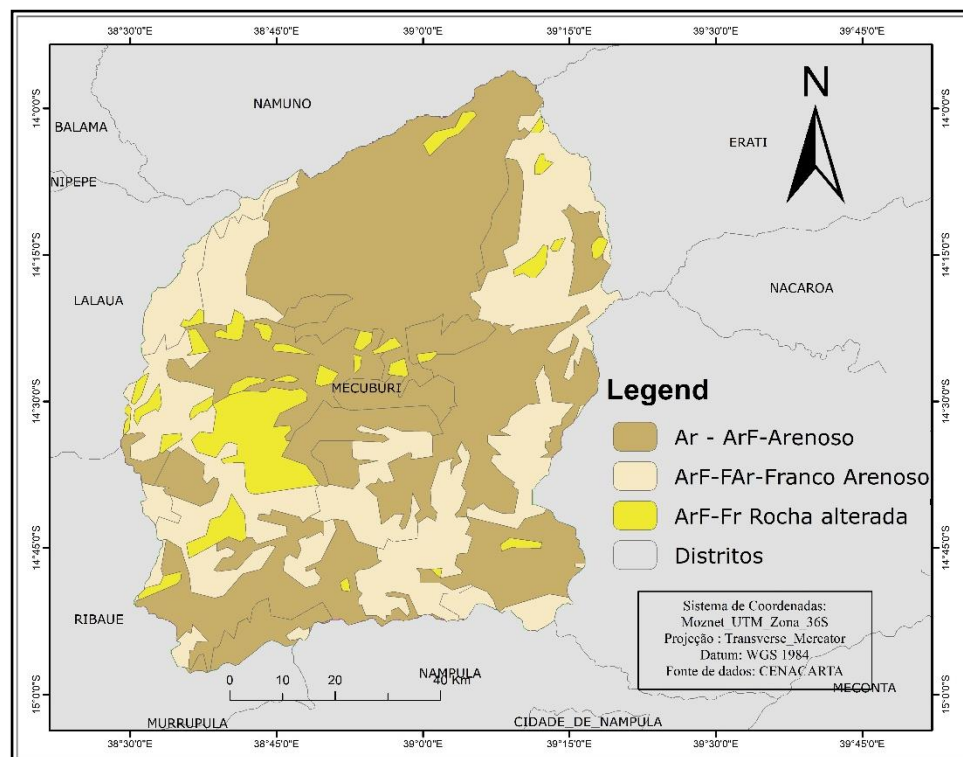


Figura 14: Reclassificação da textura do solo
Elaborado pelo autor

e) Declividade

O mapa mostra a inclinação do terreno no distrito de Mecubúri, em diferentes níveis. A área é predominantemente plana, destacada em azul claro, com algumas áreas de declive moderado em amarelo, espalhadas no centro da região. As áreas com declive acentuado (vermelho) são menos comuns e aparecem como manchas isoladas, concentradas principalmente no centro e noroeste do distrito.

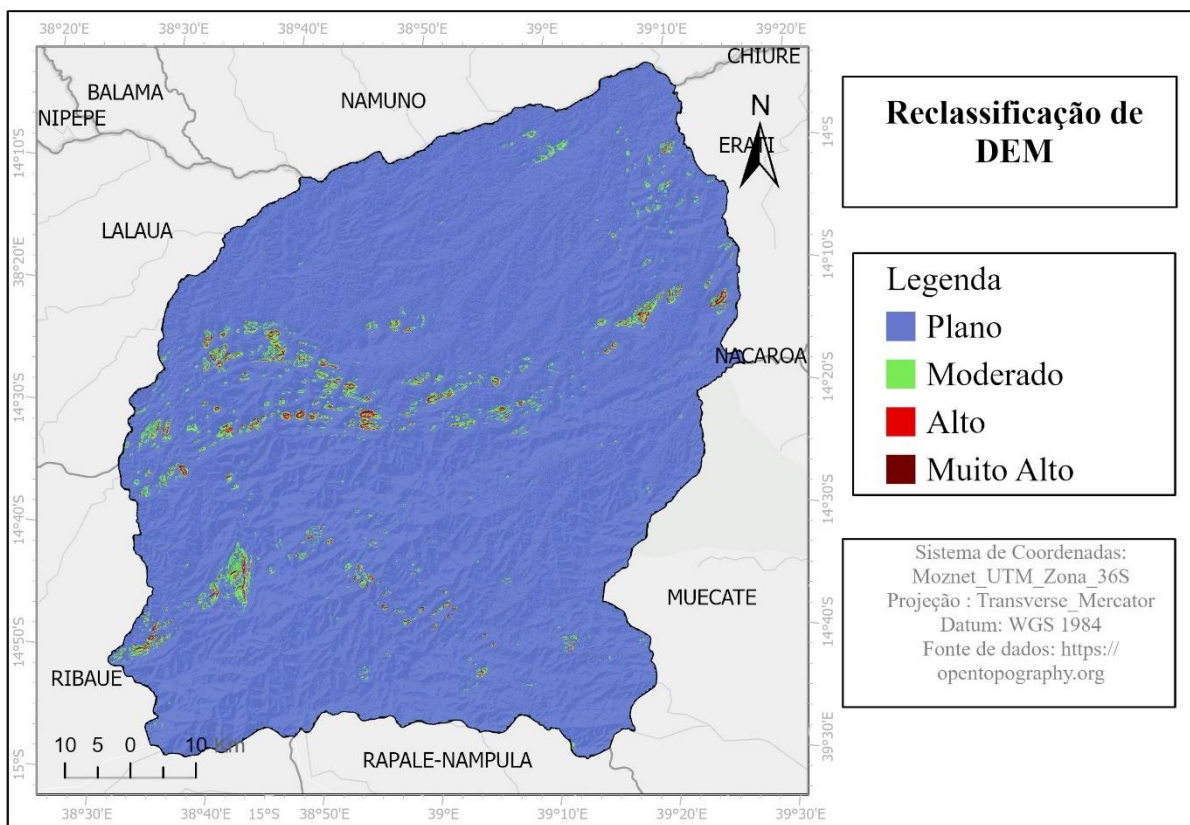


Figura 15: Reclassificação de Declividade
Elaborado pelo autor

4.5. Análise Multicritéria

Após a análise espacial, utilizou-se a análise de decisão multicritério usando o método de Processo Analítico Hierárquico (AHP), uma das técnicas mais utilizadas para avaliar a importância relativa

dos critérios. O método AHP converte comparações qualitativas em análises quantitativas, atribuindo graus de importância a diferentes critérios ao mesmo tempo. Isso possibilita uma tomada de decisão fundamentada em dados classificados por ordem de relevância (Saaty,1990).

No caso em análise, observamos que critérios como população e fontes de água receberam pesos significativamente mais altos. Isso indica uma priorização de factores directamente ligados à demanda e à oferta de água. Por outro lado, os critérios como rodovias e textura do solo receberam pesos menores, indicando que, embora relevantes, têm menor peso na decisão final. Para construir a matriz de comparação, os pesos normalizados foram calculados usando a calculadora AHP disponível em <http://www.bpmsg.com>. A matriz foi construída conforme apresentado na Tabela 5.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO							
Variáveis	DEM	Rodovias	Fontes de água	Uso da terra	Textura do Solo	População	Precipitação
DEM	1,00	3,00	0,20	0,33	0,50	0,14	0,25
Rodovias	0,33	1,00	0,14	0,20	0,25	0,11	0,17
Fontes de água	5,00	7,00	1,00	3,00	4,00	0,33	2,00
Uso da terra	3,00	5,00	0,33	1,00	2,00	0,20	0,50
Textura do Solo	2,00	4,00	0,25	0,50	1,00	0,17	0,33
População	7,00	9,00	3,00	5,00	6,00	1,00	4,00
Precipitação	4,00	6,00	0,50	2,00	3,00	0,25	1,00
Total	22,33	35	5,43	12,03	16,75	2,20	8,25

Tabela 5: Construção da matriz de comparação par-a-par
Elaborado pelo autor

A matriz normalizada é um passo intermediário essencial no AHP, derivado da matriz de comparação original. Este processo de normalização transforma os julgamentos comparativos em valores fornecidos, permitindo uma comparação directa entre todos os critérios. Ao dividir cada elemento pela soma de sua respectiva coluna, criamos uma escala comum que facilita a interpretação das prioridades relativas. Esta matriz normalizada é fundamental para calcular os pesos finais de cada classificação, fornecendo uma visão clara da importância relativa de cada factor na decisão de localização das fontenárias.

MATRIZ NORMALIZADA									
Variáveis	DEM	Rodovias	Fontes de água	Uso da terra	Textura do solo	População	Precipitação	Poderação	Peso
DEM	0,05	0,086	0,037	0,028	0,03	0,065	0,03	0,045883	5%
Rodovias	0,02	0,029	0,026	0,017	0,015	0,05	0,02	0,024585	2%
Fontes de água	0,224	0,2	0,184	0,249	0,239	0,151	0,242	0,212836	21%
Uso da terra	0,134	0,143	0,061	0,083	0,119	0,091	0,061	0,098914	10%
Textura do Solo	0,09	0,114	0,046	0,042	0,06	0,075	0,04	0,066752	7%
População	0,313	0,257	0,553	0,415	0,358	0,453	0,485	0,405089	41%
Precipitação	0,179	0,171	0,092	0,166	0,179	0,113	0,121	0,145941	15%
Total	1,00	1	1,00	1	1,00	1	1		100%

Tabela 6: Matriz normalizada
Elaborado pelo autor

4.5.1. Análise de consistência

A inconsistência ocorre quando algumas perspectivas da matriz de comparação se contradizem com outras. Portanto, é crucial confirmar a consistência das opiniões através de uma série de testes de cálculos que indicam se a matriz de comparação é consistente ou não (MARTINS, SOUZA, & BARROS, 2009).

Conforme Freitas et al (2005), os métodos para a determinação da Relação de Consistência (RC) e o Índice de Consistência (IC) são, respectivamente:

- Determinar a soma ponderada para cada linha da matriz de comparação, com base na soma total, resultante da multiplicação de cada valor da mesma pela prioridade da opção correspondente;
- Depois, os resultados alcançados devem ser divididos pelos vectores da matriz correspondente; fazendo uma média dos resultados de cada linha, obteremos λ_{max} ;
- Podemos calcular um Índice de Consistência (IC) através da fórmula:

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$
- Para alcançar o RC, basta subtrair o IC pelo índice de Inconsistência Aleatória Média (IAM), uma constante cujo valor varia conforme a dimensão da matriz em análise, obtendo

assim a relação de Consistência (RC). Os Índices de Inconsistência Aleatória são apresentados na tabela.

Dimensão da matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inconsistência Aleatória Média	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,12	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: adaptado de Saaty (1991)

Segundo o Saaty (1991), é recomendável que a Razão de Consistência (RC) de qualquer matriz de comparação seja inferior ou igual a 0,10, o que se verifica neste caso. Se os valores forem menores que 0,10, o que se verifica é que os pesos são aceitáveis.

Landa Max	$\sum(N*WI)$	7,45
IC	$(Land\ Max - n) / (n - 1)$	0,075
ICA	segundo tabela	1,32
RIC	IC/ICA	0,056818
Validação	RIC < 0.10	Aceitável

Tabela 7: Índice de consistência
Elaborado pelo autor

4.5.2. Pesos das Variáveis

Assim sendo, temos os pesos para conduzir ou realizar análise multicritério para identificar às áreas apropriadas para instalação de novas fontenárias, conforme ilustra o quadro.

Declividade				
Ordem	Classes	Descrição	Peso	Nota
1	0-5	Plano	5%	4
2	5-15	Suave ondulado		3
3	15-30	Ondulado		2
4	>30	Montanhoso		1
	Uso da terra			
Ordem	Classe	Descrição	Peso	Nota
1	Rocha exposto	Menos adequado		1

2	Floresta aberta (Área arbustiva)	Acesso mais difícil e menor demanda imediata	10%	2
3	Floresta densa	Menos prioritário		2
4	Afloramento rochoso	Menos prioritário		1
5	Área cultivada	Potencial para múltiplos usos		3
6	Solos exposto	Menos adequado		1
7	Assentamentos humanos	Prioridade para abastecimento humano		4
Fontes de Água				
Ordem	Classes	Descrição	Peso	Nota
1	0-500m	Baixa necessidade de novas fontes	21%	1
2	500-1000m	Necessidade baixa		2
3	1000-2000m	Necessidade morada		3
4	> 2000m	Alta necessidade de novas fontes		4
Textura do Solo				
Ordem	Classes	Descrição	7%	Nota
1	Arenoso	Alta permeabilidade		4
2	Franco	Boa permeabilidade		3
3	Siltoso	Permeabilidade moderada		2
4	Argiloso	Baixa permeabilidade		1
Rodovia				
Ordem	Classes	Descrição	2%	Nota
1	0-100m	fácil acesso para construção e manutenção		4
2	100-500m	acesso moderado		3
3	500-1000m	acesso limitado		2
4	> 2000m	acesso difícil		1
População				

Ordem	Classes	Descrição		Nota
1	7800-60000	Baixa densidade	41%	1
2	60001-120000	Média-baixa densidade		1
3	120000-166700	Densidade média-alta		3
4	166700-239100	Alta densidade		4
Precipitação				
Ordem	Classes	Descrição		Nota
1	< 500	Baixa	15%	1
2	600	Moderada		2
3	700	Alta		3
4	> 800	Muito alta		4

Quadro 4: Os pesos e as notas referentes aos critérios escalonados
Elaborado pelo autor

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Locais Adicionais para Novas Fontenárias

Com base dos procedimentos anteriores, produziu-se um mapa de locais óptimos para instalação de novas fontenárias, resultantes da análise multicritério e ponderada realizado por meio do método AHP. O mapa apresenta 4 classes, nomeadamente: (i) Muito Apto, (ii) Apto, (iii) Moderadamente Apto e (iv) Não Apto.

As áreas aptas apresentam as melhores condições, totalizando cerca de 66,809.30 hectares, o que corresponde cerca 9 % da área total do distrito. Já as áreas com condições intermediárias se estendem por 587,663.77 hectares, representando cerca de 82% do território do distrito. Os restantes 57,748.92 hectares, que correspondem a 9 %, não são adequados para instalação de novas fontes de água comunitárias no distrito. Em termos geográficos, observou-se que o sul e centro do distrito possui mais áreas óptimas, enquanto as áreas com condições moderadas são predominantes em algumas partes do distrito, principalmente na região sul. Por outro lado, algumas áreas da região Sul, centro e norte são caracterizadas por regiões inapropriadas. Esta distribuição é influenciada pela topografia, sendo que o mapa de relevo indica que a região sul e centro possui as elevações mais altas.

Deste modo, a variável população e fontes de água tiveram uma grande influência na identificação de locais óptimos para instalação de novas fontenárias, com um peso de 34% e 21%, o que levou a selecção das áreas mais aptas.

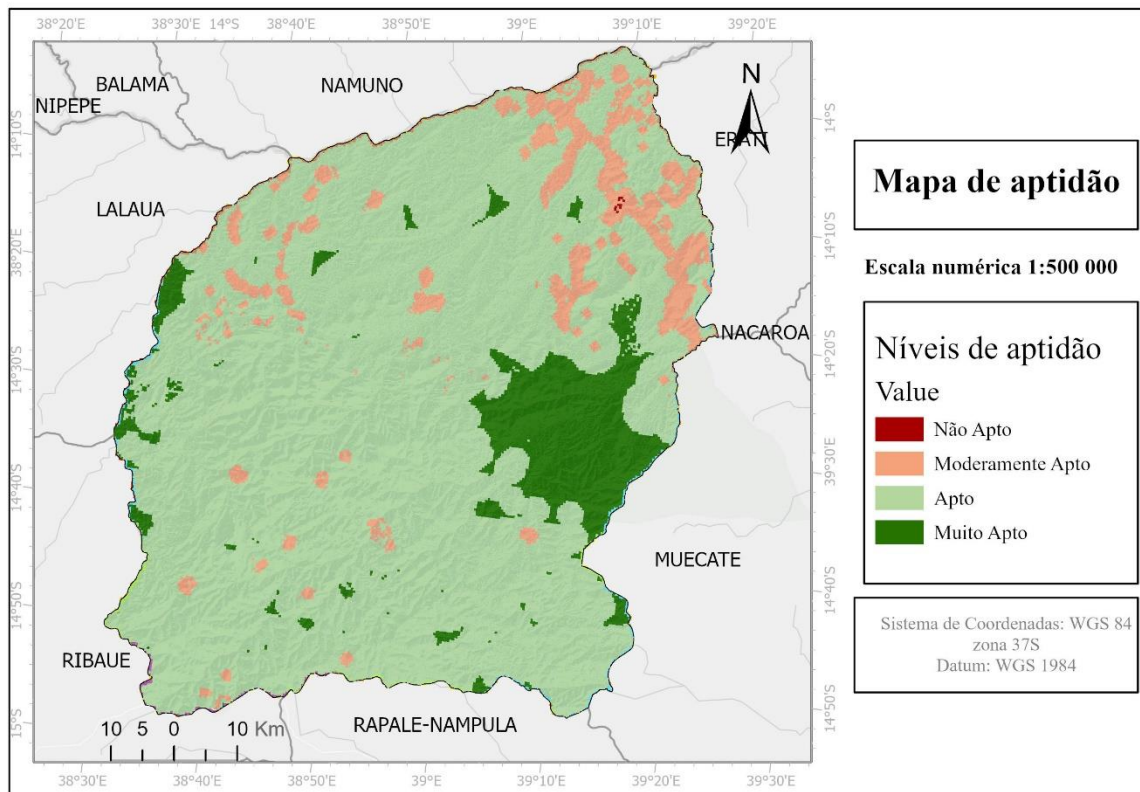


Figura 16: Mapa de locais óptimos
Elaborado pelo autor

Assim, a figura permite a observação da aptidão e restrição dos postos administrativos do distrito para instalação de novas fontenárias, permitindo a selecção de locais óptimos em regiões excelentes que requerem uma avaliação detalhada.

Ademais, observa-se que todos os postos administrativos possuem áreas óptimas para instalação de novas fontenárias, visando o atendimento de toda a comunidade. Portanto, as áreas aptas encontram-se distribuídas em todos os postos administrativos (Mecuburi-Sede, Namina, Muite, Milhana), apesar de apresentar uma proporção menor que as áreas não aptas, conforme a figura.

As áreas indicadas no mapa, apresentam a dimensão de cada área seleccionada. A tabela mostra a classificação de áreas seleccionadas com base na sua aptidão e dimensão em hectares.

Áreas seleccionadas	Áreas seleccionadas	Dimensão (ha)
Área 1	Não apto	146.61
Área 2	Moderamente apto	57,602.31
Área 3	Apto	587,663.77
Área 4	Muito apto	66,809.30
Total		712,221.99

Tabela 8: Classificação das áreas seleccionadas
Elaborado pelo autor

5.1.1. Áreas pré-seleccionadas

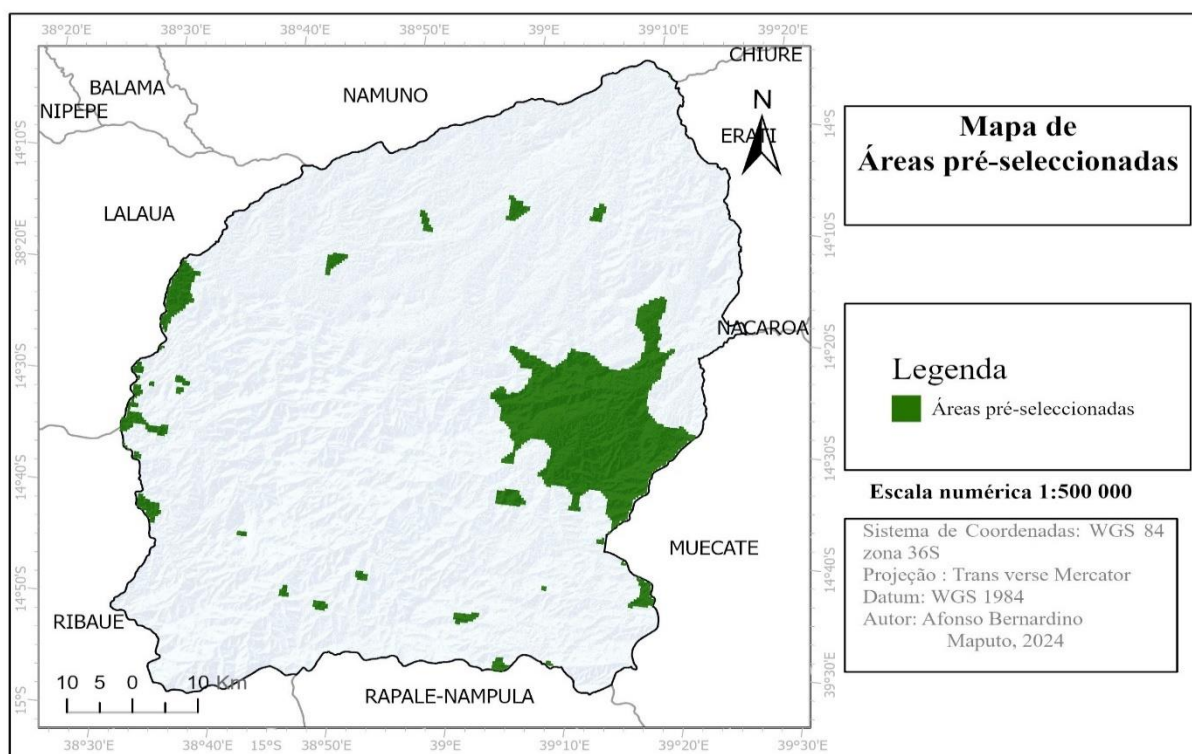


Figura 17: Mapa de Áreas seleccionadas
Elaborado pelo autor

As áreas pré-seleccionadas, representadas em verde, estão dispersas por todo o território do distrito. Assim, observa-se uma área grande e contínua na parte Sudeste do distrito, enquanto

outras áreas são menores e mais fragmentadas. Contudo, estas áreas são ideais para o uso pretendido, apresentando as melhores condições possíveis.

Por conseguinte, embora os resultados da análise multicritério indiquem os melhores locais para a instalação de novas fontenárias comunitárias, é importante dirigir-se ao campo para averiguação dos resultados.

5.2. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.2.1. Conclusão

O trabalho desenvolvido nesta pesquisa, com objectivo de identificar as áreas óptimas para instalação de novas fontenárias comunitárias, através dos sistemas de informação geográfica em conjunto com outros métodos e técnicas, demonstrou a capacidade dos SIG de modelar e simular as restrições físicas, ambientais e económicas.

Os resultados obtidos permitem-nos considerar que esta metodologia pode ser utilizada para vários fins como é o caso de instalação de novas fontenárias comunitárias que irá minimizar o problema que o distrito enfrenta e terá o acesso seguro à água potável para a comunidade, melhoria na saúde pública devido à redução de doenças relacionadas à água contaminada, redução da carga de trabalho das mulheres e crianças que muitas vezes são responsáveis por buscar água, por fim contribuição para a sustentabilidade ambiental ao proteger os recursos hídricos locais.

Não obstante, depois de ter feito a sobreposição de dados da densidade populacional com o resultado, as igualdades de acesso à água colocam em perigo as perspectivas de cumprimento das metas estabelecidas para 2030. Desta forma, verifica-se a desigualdade na distribuição dos serviços de água. Frequentemente, as comunidades próximas às sedes governamentais e aquelas com maior densidade populacional são priorizadas na distribuição de infra-estruturas de água. Essa preferência é problemática, pois resulta na concentração de várias fontenárias operacionais em determinadas áreas, por vezes próximos, em detrimento de regiões onde não há fontes de água potável.

5.2.2. Recomendações

Para garantir que os locais escolhidos sejam sustentáveis, acessíveis e que beneficiem a maior parte da população no distrito de Mecubúri, é necessário considerar várias medidas de recomendação:

- ❖ Instalar as fontenárias em zonas de alta concentração populacional identificadas pelo estudo, especialmente onde a distância actual para acessar água potável é maior que o recomendado (500 metros);

- ❖ Priorizar a instalação de fontenárias em áreas com fácil acesso por estradas e trilhas usadas pela comunidade, especialmente em períodos de chuvas. Onde necessário, melhorar as infra-estruturas de transporte ou criar caminhos seguros para facilitar o acesso;
- ❖ Realizar consultas contínuas com a comunidade para ajustar as decisões às realidades locais. Envolver líderes comunitários e moradores na gestão das fontenárias, criando comités de água responsáveis pela manutenção e uso sustentável;
- ❖ Implementar programas de educação comunitária sobre o uso sustentável da água, evitando o desperdício e protegendo as fontes. Treinar a população para realizar pequenas manutenções nas fontenárias, como limpeza e reparo de componentes básicos.

5.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOO, V. C. (2013). *Consumo de Águas Minerais Naturais e de Nascente - Causas e Impacte para o Meio Ambiente: Estudo de Caso da Cidade de Nampula*. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- ALVES, A. C., & CONCEIÇÃO, P. E. (2015). *Levantamento do uso e ocupação do solo por meio de imagens TM-Landsat-5 e ADS-80*. AM,Brasil.
- AYALA, N. F., & FRANK, A. G. (2013). *Métodos de análise multicritério: uma revisão das*. Brasil: SEPROSUL.
- ALMEIDA, B. A., CANTAO, L. V., LOUZADA, A. F., NEVES, R. R., & MOREIRA, A. N. (2023). *Seleção de áreas adequadas para implantação de aterro sanitário intermunicipal no Sudeste Paraense-Brasil,utilizando SIG vinculado ao Método AHP*.
- BENIN, D. I., & EVANS, D. J. (2010). *Glaciers and glaciation. 2. ed*.
- CAMARGO, E. G., FUCKS, S. D., & CÂMARA, G. (2002). *Análise Espacial de Superfícies*.
- CABRAL, A. V. (2012). *Análise multicritério em Sistema de Informação Geográfica para localização de aterros sanitários. O caso da região sul da Ilha de Santiago*.Cabo Verde.
- CHIZIANE, O. M. (2018). *Dinâmicas socioeconómicas em zonas rurais abastecidas por furos de água de iniciativa privada: um estudo de caso da localidade de Ngalunde, distrito de Marracuene*. Maputo.
- CARDOSO, N. P. (2007). *Aproveitamento de Água de chuva em residencias* .
- COUTO, J. (2009). *A colecta de dados sobre a distribuição geográfica de fenómenos e objectos e a prática do geoprocessamento*.
- CENTENO, J., SILVA, M., & OLIVEIRA, P. (2017). *Textura do solo como indicador da qualidade física do solo*.
- DADÁ, Y. A. (2023). *Infra-estrutura na África Subsaariana e no Mundo,2000-2020*.

ESRI. (12 de Novembro de 2024). Obtido em Novembro de 2024, de esri.com: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/distance-allocation.htm>

EASTMAN, JR (2016). IDRISI Selva para Windows: Guia do Usuário. Worcester, MA: Clark Labs, Clark University

FORQUILHA, S., & GONÇALVES, E. (2021). *O acesso à água potável em Moçambique*. Centro Brasileiro de Estudos de Saúde (CEBES).

FREITAS, A. L. P., MARINS, C. S., & COZENDEY, M. I. (2005). A metodologia de multicritério como ferramenta para tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. In *Anais do 25º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*. Porto Alegre, RS.

GTK Consortium (2006a). *Notícia Explicativa da Carta Geológica 1:250.000*. Direcção Nacional de Geologia, Volume 4, Maputo

GUIMARÃES , A., CARVALHO, & SILVA. (Agosto de 2007). IT 179 – Saneamento Básico. p. 68.

HOWARD, C., & BARTRAM , J. (2003). *Quantidade, Serviço, Nível e Saúde de Água Doméstica*.

HELVETAS. (19 de Setembro de 2018). *The water supply system is improving living conditions in Northern Mozambique*. Obtido de <https://www.helvetas.org/https://www.helvetas.org/en/mozambique/who-we-are/follow-us/multimedia-stories/mozambique-water-milhana>

HYNYNEN, A., JUUTI, P. S., & KATKO, T. S. (2012). *Water Fountains in the Worldscape*

INE. (2022). *Estatísticas do Distrito de Mecuburri, 2018 - 2022*. Maputo - Moçambique.

JÚNIOR, A. R. (2022). *Elementos de Hidrologia Aplicada*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.

KASPERCZYK , N., & KNICKEL , K. (s/n). *The Analytic Hierarchy Process (AHP)*.

LAMON, G. P. (Abril/Maio de 2019). *Água Superficial E Subterrânea*. <https://www.revistatae.com.br/Artigo/166/agua-superficial-e-subterranea>. Obtido de em 12 de Novembro de 2024

- MABUTANA, J. G. (2014). *Reassentamento de Comunidades Rurais Em Áreas de Exploração Mineira: Proposta Metodológica Baseada em Geoprocessamento Estudo de Caso: Distrito de Moatize*. Maputo.
- MAE. (2005). *Perfil do distrito de Mecuburi na Provincia Nampula* . Maputo.
- MÁRIO, A. J., MESA, S. R., & SERROTE, C. L. (2021). *Efeito das atividades antrópicas na cobertura vegetal na Reserva Florestal de Mecubúri, Moçambique*.
- MARTINS, C. S., SOUZA, D. D., & BARROS, M. D. (2009). *O Uso do metodo de analise hierarquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais- Um estudo de caso*. Brasil.
- MILLER, G. T. (2011). *Ciência Ambiental*. São Paulo:: Cengage Learning,.
- MINEDH. (2020). *Plano Estratégico da Educação 2020-2029*. Maputo.
- MOPH, M. d. (2009). *Relatório do estudo de Preparatório para o Programa de Abastecimento de Agua de Emergência para enfrentar a Mudança Climática na República de Moçambique* . Maputo.
- MOPHRH. (2013). *Relatório Anual de Avaliação do Desempenho do Sector de Aguas*. Maputo.
- MOPHRH. (2017). *Projecto de Promoção de Sustentabilidade no Abastecimento de água, higiene, e Saneamento rural na Provincia do Niassa-Na Republica de Moçambique*.
- MUCUTO, H. F. (2014). *A viabilidade técnica de aplicação do calcário de Nacala, Moçambique, na produção do cimento* . Porto, Portugal.
- MALCZEWSKI, J., & RINNER, C. (2015). *Análise de decisão multicritério em ciência da informação geográfica*. Nova York: Springer.
- MATSINHE, N., & COELHO, D. (2020). *Guião Metodológico para Elaboração de Planos Director Municipais de Água e Saneamento Urbano*. Maputo: Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos.
- NANES, D. P., & FARIAS, S. E. (2012). *Qualidade das Águas Subterraneas de Poços Tipo Cacimba: Um Estudo de Caso da Comunidade Nascimento-Município de São Sebastião*. Goiânia.

NOTÍCIAS, M. (1 de Setembro de 2014). Mucubúri: Reabilitação e ampliação de centros de Saúde. *MMO Notícias*.OMS. (29 de Junho de 2023). Acesso à água limpa pode salvar 1, 4 milhão de vidas.

OMS. (29 de Junho de 2023). Acesso à água limpa pode salvar 1, 4 milhão de vidas.

OLIVEIRA, L. G., & SOUSA, S. B. (2020). *Automatização do protocolo de aquisição e pré-processamento de imagens térmicas do sensor TIRS do satélite Landsat-8*. Piauí, Brasil: Universidade Estadual do Piauí.

PAULO, M. (2000). *Teorias e Concepções de Prestação de Serviços*. Maputo.

PINEDA, G. Y. (2013). *Gestão comunitária para abastecimento de água em áreas rurais: Uma análise comparativa de experiências no Brasil e na Nicarágua*. Belo Horizonte.

PRODANOV, C. C., & DE FREITAS, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico 2ª edição*. Rio Grande do Sul-Brasil: Novo Hamburgo.

RAMOS, R. A. (2000). *Localização Industrial. um modelo espacial para o nordeste de Portugal*. Tese de Doutoramento. Braga: Universidade do Minho, Escola de engenharia.

ROSC. (2013). *O Direito à Água e ao Saneamento como um Pilar Chave para o Desenvolvimento Humano*. Maputo.

ROSC. (2014). *O Direito à Água e ao Saneamento como um Pilar Chave para Desenvolvimento Humano*. Maputo.

SAATY, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, priority setting, resource allocation*. New York, USA.: McGraw-Hill.

SAATY, T. (1990). *Como tomar uma decisão: O Processo de Hierarquia Analítica (AHP)*.

SAATY, T. L. (1991). *Método de análise hierárquica / Thomas L. Saaty ; tradução e revisão técnica Wainer da Silveira e Silva*. São Paulo, SP.: MAKRON Books.

SANTOS, L., & JUNIOR, A. R. (2006). *Análise Espacial de Dados Geográficos: A Utilização da Exploratory Spatial Data Analysis – ESDA para Identificação de Áreas críticas de acidentes de trânsito no Município de São Carlos*. São Paulo, Brasil.

SANTOS, J., SILVA, M., & PEREIRA, C. (2017). *Análise das infra-estruturas hídricas em áreas urbanas*. Editora Água.

SAS, S. d. (2001). *A Situação do abastecimento de Água nas Vilas da Província de Nampula: Problemas e Oportunidades*.

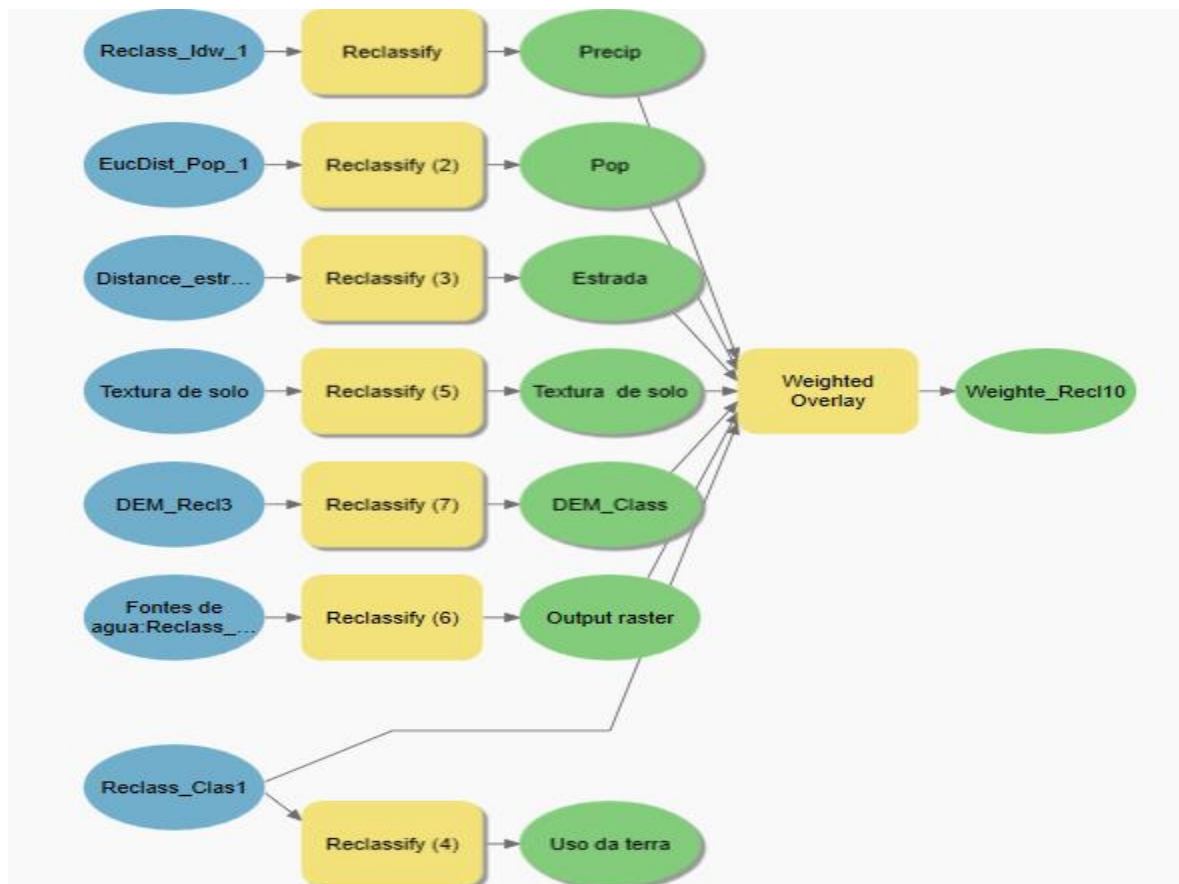
SILVA, A. B., FERREIRA, M. F. M., OLIVEIRA, M. J., & NASCIMENTO, F. R. (2020). Análise multicritério na definição de áreas prioritárias para instalação de poços artesianos em comunidades rurais. *Revista Brasileira de Cartografia*, 72(3), 578-596.

UAMUSSE, A. J. (2015). *Estudo da qualidade de água dos poços e furos para fins domésticos no*. Maputo.

5.4. ANEXOS

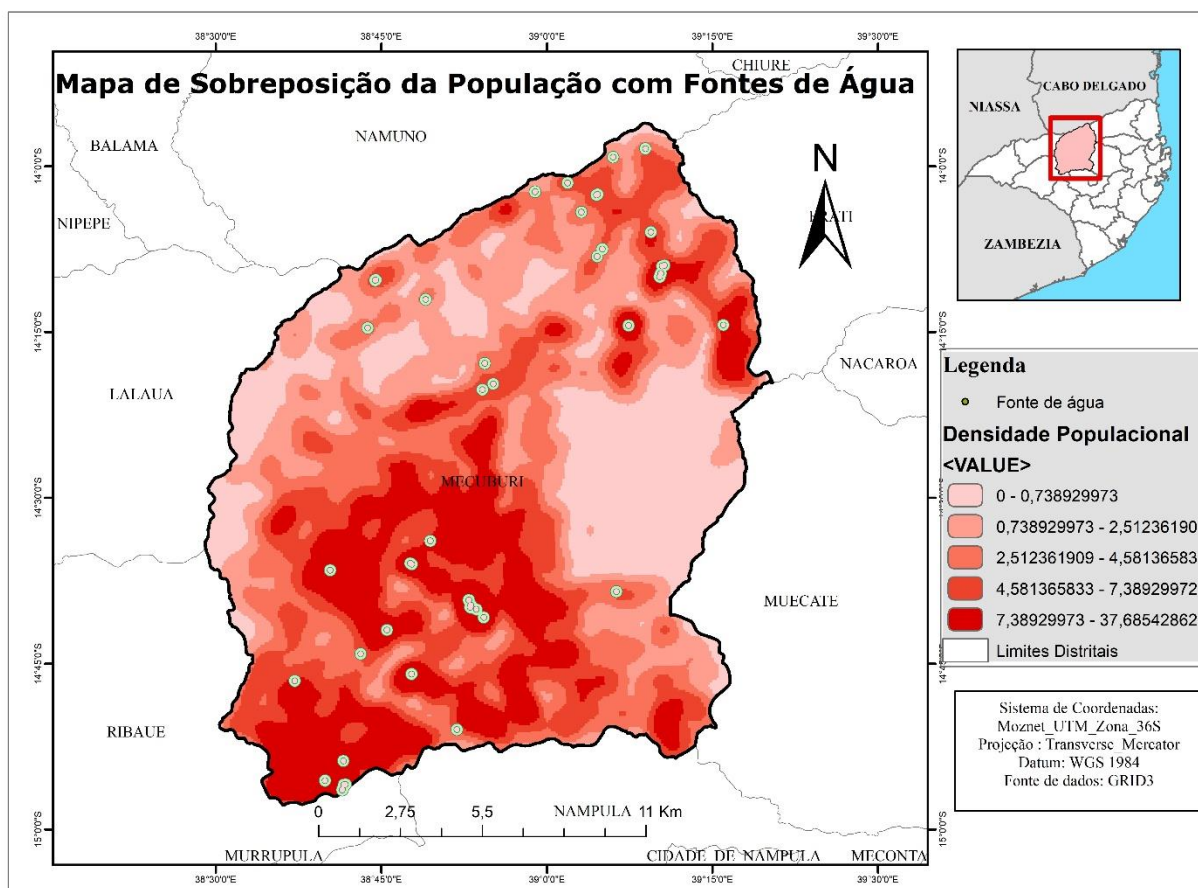
Modelo builder usado para determinação de locais óptimos para instalação de Fontenárias no distrito de Mecubúri.

Anexo 1: Model builder



Elaborado pelo autor

Anexo 2: Mapa de sobreposição da população com fontes de água



Elaborado pelo autor