



FACULDADE DE VETERINÁRIA

Licenciatura em Ciência e Tecnologia Animal

Trabalho de Culminação de Estudos

**USO DA TELEDTECÇÃO NO PLANEAMENTO ESTRATÉGICO DE UNIDADES DE
EXPLORAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE A PASTO NO DISTRITO DE NAMAACHA**

Discente:

Emmanuel Tomé Manuel Artur

Supervisor:

Mestre Elio Muatareque, Vet.

Co-Supervisor

Lic. David Rodrigues, Eng.

Maputo, Outubro de 2025

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Emmanuel Tomé Manuel Artur**, declaro por minha honra que o presente trabalho de **conclusão do curso**, intitulado “***Uso da teledetecção no planeamento estratégico de unidades de exploração de bovinos de corte a pasto no distrito de Namaacha***”, é fruto da investigação por mim realizada para obtenção do grau de licenciatura em Ciência e Tecnologia Animal, sob a orientação dos meus supervisores.

O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente citadas no texto e na lista de referências bibliográficas. Declaro, ainda, que este trabalho de pesquisa não foi apresentado, parcial ou totalmente, em qualquer outra instituição, para a obtenção de outro grau académico.

Atenciosamente

Maputo, 06 de Outubro de 2025

O estudante

(Emmanuel Tomé Manuel Artur)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela Sua graça em todos os momentos da minha vida, incluindo o tempo passado na academia.

Aos meus supervisores, Elio Muatareque e David Rodrigues, pela disponibilidade, paciência e dedicação em esclarecer as minhas dúvidas e por me orientarem ao longo da execução deste trabalho.

À minha esposa, Laurinda Artur, pelo apoio incansável e por colocar a minha formação como uma prioridade absoluta na nossa vida.

Aos meus filhos, Brenda e Malik, por serem uma fonte constante de inspiração e por me lembrarem sempre da responsabilidade de ser o seu exemplo.

Aos meus pais, Manuel Artur e Francisca Manuel, pela motivação e pelos ensinamentos que me transmitiram, recordando-me sempre da importância de nunca ser uma decepção.

Aos colegas e amigos Édio, Fredi e Nabote, pelas sessões de estudo em grupo que tornaram o percurso académico mais leve, simples e divertido.

Ao monitor de Pastos e Forragens, Absalão, pelo valioso auxílio no processamento das amostras no Laboratório de Nutrição da Faculdade de Veterinária.

À todos, muito obrigado!

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
cm	Centímetro
cm²	Centímetro quadrado
CUC	Centro Universitário de Changelane
g	Grama
ha	Hectare
ind	Indivíduo
Kg	Quilograma
m	Metro
MADER	Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural
mm	Milímetro
MS	Matéria Seca
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SWOT	Strenght, Weakness, Opportunities and Threats (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)
ton	Toneladas
UA	Unidade Animal
UTC	United Time Coordinated (Tempo Universal Coordenado)

LISTA DE FIGURAS

Figura I: Localização geográfica do local de estudo	10
Figura II: Pontos de amostragem sobre a área de estudo.	12
Figura III: Ilustração do mapeamento de uso e cobertura do solo do CUC.	15
Figura IV: Ilustração do mapeamento do NDVI do CUC	17
Figura V: Ilustração do mapeamento do risco de ocorrência de inundações no CUC.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela I: Composição e estrutura da pastagem.....	16
--	----

RESUMO

O presente estudo avaliou a contribuição da teledetecção no planeamento estratégico de unidades de produção de bovinos de corte a pasto no distrito de Namaacha, província de Maputo. A investigação adoptou uma abordagem metodológica mista, integrando técnicas de teledetecção com trabalho de campo para validação dos dados. Utilizaram-se imagens de satélite Sentinel-2 e Landsat-8 processadas no ArcGIS Pro v.2.3.7 para caracterização do uso do solo, cálculo do NDVI e elaboração do mapa de risco de inundações. Paralelamente, conduziram-se sessões de campo em 15 pontos de amostragem para colheita de biomassa, caracterização botânica e aplicação de questionários. Os resultados demonstraram uma correlação significativa ($R = 0.933$) entre os valores de NDVI e a biomassa medida em campo, e o modelo de previsão confiável ($R^2 = 0.87$) registando-se uma disponibilidade média de 4.41 t/ha estimada por satélite contra 4.35 t/ha observada no terreno, sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0.05$). A análise do uso do solo identificou a predominância de pastagens (94.3%), com destaque para a *Urochloa mosambicensis* como espécie mais frequente (43.16%). O mapa de risco de inundações revelou que os currais existentes se localizam em zona classificada como de risco moderado, confirmação corroborada pela formação recorrente de charcos durante episódios de chuva intensa. Conclui-se que a teledetecção se constitui como ferramenta válida e eficaz para o planeamento pecuário estratégico em Namaacha, permitindo a monitorização da disponibilidade de pasto e a identificação de locais seguros para infraestruturas, contribuindo assim para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal na região.

Palavras-chave: Geotecnologias, Zootecnia, Bovinocultura; Extensivo; Planificação.

ÍNDICE

Resumo.....	vii
1. Introdução	1
2. Objectivos	2
2.1. Geral.....	2
2.2. Específicos.....	2
3. Revisão Bibliográfica	3
3.1. Geotecnologias aplicadas ao planeamento pecuário	3
3.1.1. Princípios e potencial da teledetecção	3
3.1.2. Aplicações da teledetecção e SIG na bovinocultura de corte	3
3.1.3. Contexto moçambicano e potencial de aplicação.....	4
3.2. Fundamentos zootécnicos para a implantação de unidades de bovinos de corte.....	4
3.2.1. Sistema de produção a pasto e manejo animal	4
3.2.2. Maneio alimentar e nutricional.....	5
3.2.3. Infraestruturas e Instalações	5
3.3. Desafios da bovinocultura a pasto frente às alterações climáticas	6
3.3.1. Pressões climáticas e ambientais	6
3.3.2. Desafios na gestão dos recursos naturais	7
3.3.3. Tecnologias e práticas adaptativas	7
3.4. Planeamento estratégico em unidades de produção de bovinos	8
3.4.1. Fundamentos do planeamento estratégico	8
3.4.2. Ferramentas de planeamento estratégico aplicadas à pecuária	8
3.4.3. Monitoria e avaliação de desempenho	8
4. Materiais e Métodos	10
4.1. Área de estudo.....	10
4.2. Desenho do estudo	11
4.3. Recolha de dados	11

4.3.1.	Dados de satélite	11
4.3.2.	Trabalho de campo	11
4.4.	Processamento de dados	13
4.4.1.	Processamento de imagens de satélite	13
4.4.2.	Processamento de dados de campo	13
4.5.	Análise de dados	13
4.5.1.	Caracterização do uso e cobertura do solo	13
4.5.2.	Avaliação da disponibilidade de pastagem	14
4.5.3.	Identificação de locais para Infraestruturas	14
4.5.4.	Análise estatística	14
5.	Resultados	15
5.1.	Caracterização da cobertura e uso do solo	15
5.2.	Avaliação da disponibilidade de pasto	16
5.3.	Identificação de locais estratégicos para implantação de infraestruturas	18
6.	Discussão	19
6.1.	Caracterização da cobertura e uso do solo	19
6.2.	Avaliação da disponibilidade de pasto	19
6.3.	Identificação de locais estratégicos para implantação de infraestruturas	20
7.	Conclusão	21
8.	Recomendações.....	22
9.	Referências Bibliográficas.....	23
10.	Anexos	25
10.1.	Questionário aplicado aos colaboradores do CUC	25

1. INTRODUÇÃO

A pecuária em Moçambique constitui um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconómico do país, desempenhando um papel estratégico na segurança alimentar, geração de renda e promoção do bem-estar das populações rurais (Ministério da Agricultura, 2009). A bovinocultura de corte reveste-se de particular importância na província de Maputo, com destaque para o distrito de Namaacha, onde persiste uma tradição histórica de criação de gado em sistemas extensivos e semiextensivos. Estas práticas, profundamente enraizadas nos modos de vida locais, contribuem directamente para a subsistência familiar e para o dinamismo da economia regional (MADER, 2023).

Contudo, o sector enfrenta desafios estruturais significativos, caracterizados pela baixa adopção de tecnologia, acesso limitado a recursos produtivos, infraestruturas deficientes e baixos níveis de produtividade (Uaiene, 2020). Na província de Maputo, estes constrangimentos são agravados pela variabilidade climática, pressões demográficas sobre os recursos naturais e insuficiência no planeamento estratégico das unidades de produção, comprometendo a sustentabilidade das explorações pecuárias (Chilundo *et al.*, 2021).

Neste contexto, o planeamento estratégico emerge como instrumento indispensável para uma gestão racional e sustentável das unidades pecuárias. A utilização criteriosa de informações técnicas e científicas, conjugada com o conhecimento empírico das comunidades, permite otimizar a utilização dos recursos locais, melhorar os índices produtivos e promover o bem-estar animal (Martins *et al.*, 2018).

A teledetecção remota afirma-se como ferramenta tecnológica inovadora e de alto impacto para o planeamento pecuário. Esta técnica, baseada na aquisição e análise de dados espaciais e espectrais, permite monitorizar de forma precisa e contínua parâmetros ambientais cruciais, incluindo uso e cobertura do solo, disponibilidade de recursos hídricos, qualidade das pastagens e identificação de áreas degradadas (Moreira, 2017; Silva, 2020). A integração de imagens de satélite com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) amplia significativamente as possibilidades de apoio à decisão, conferindo maior racionalidade e segurança à implantação de infraestruturas pecuárias (Ferreira & Santos, 2021).

O presente estudo justifica-se pela necessidade urgente de encontrar soluções inovadoras que superem as limitações do sector pecuário na região de Namaacha. A carência de métodos modernos de planeamento contribui para a má localização de infraestruturas, subaproveitamento dos recursos naturais e consequente baixa produtividade dos sistemas de produção.

2. OBJECTIVOS

2.1. Geral

- Avaliar a contribuição da teledetecção no planeamento estratégico de unidades de produção de bovinos de corte em pastoreio no distrito de Namaacha.

2.2. Específicos

- Caracterizar os tipos de cobertura e uso do solo;
- Avaliar a disponibilidade de pasto;
- Identificar locais estratégicos para implantação de infraestruturas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Geotecnologias aplicadas ao planeamento pecuário

3.1.1. *Princípios e potencial da teledetecção*

A teledetecção constitui uma tecnologia fundamental para a observação da Terra, permitindo a aquisição de informações sobre objectos ou áreas na superfície terrestre através de sensores instalados em plataformas como satélites ou aeronaves, sem contacto físico com o alvo. Este processo baseia-se na captação e análise da energia electromagnética reflectida ou emitida pelos corpos, gerando dados que, após processamento, se convertem em informação útil para diversas áreas do conhecimento (Jensen, 2016).

A teledetecção opera através de sensores passivos (que captam radiação solar reflectida) e activos (que emitem a sua própria energia, como radar), permitindo a recolha de dados em diversas bandas espectrais além do visível, o que amplia significativamente o seu potencial analítico (Lillesand *et al.*, 2015).

No contexto dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a teledetecção assume um papel vital ao fornecer dados espaciais actualizados, multiescala e multitemporais. A integração destes dados com outras camadas de informação, como solos, topografia e infraestruturas, cria uma base sólida para análise espacial, modelagem e suporte robusto à tomada de decisão. Para o planeamento pecuário, esta sinergia é particularmente valiosa, permitindo uma visão holística e quantificada do território, essencial para o ordenamento territorial das actividades pecuárias. (Lillesand *et al.*, 2015).

3.1.2. *Aplicações da teledetecção e SIG na bovinocultura de corte*

Uma aplicação primária é o mapeamento da cobertura e uso do solo, crucial para identificar e quantificar a distribuição de pastagens naturais e cultivadas, áreas de agricultura, matas e corpos de água (Batista *et al.*, 2020). A análise multi-temporal de imagens de satélite permite ainda monitorar a dinâmica de uso da terra, identificando processos de degradação pastoral, expansão agrícola sobre áreas de pastagem ou a recuperação de vegetação (Jensen, 2016).

A avaliação da disponibilidade e qualidade de pasto é outra aplicação de grande relevância. Índices de vegetação, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), derivados de imagens de satélite, funcionam como indicadores indirectos do vigor vegetativo, biomassa e produtividade das pastagens (Moreira, 2017).

Adicionalmente, estas geotecnologias são indispensáveis para identificar locais estratégicos para infraestruturas. A sobreposição de camadas de informação como declive, proximidade a

estradas e a fontes de água, e tipos de solo, permite realizar análises de aptidão territorial para a localização racional de cercas, currais, bebedouros e salas de ordenha (Ferreira & Santos, 2021).

3.1.3. Contexto moçambicano e potencial de aplicação

Em Moçambique, a aplicação de geotecnologias no sector agrário tem vindo a ganhar relevância, ainda que de forma incipiente. O país, com a sua vasta extensão territorial e limitada infraestrutura de recolha de dados agrícolas, beneficia significativamente das capacidades de observação da Terra para o planeamento sectorial. A crescente disponibilidade de dados de satélite de acesso livre, como os programas Sentinel e Landsat, cria oportunidades sem precedentes para o mapeamento e monitorização dos recursos pastoris a nível nacional e distrital.

No contexto específico do distrito de Namaacha, a aplicação de geotecnologias pode superar as limitações de informação física e logística, permitindo uma caracterização abrangente das áreas de pastagem, sua distribuição espacial e variação sazonal. A integração destes dados com informações socioeconómicas pode ainda apoiar a formulação de políticas públicas direccionadas para o desenvolvimento pecuário local, tornando o planeamento estratégico mais assertivo e adaptado às realidades territoriais.

3.2. Fundamentos zootécnicos para a implantação de unidades de bovinos de corte

3.2.1. Sistema de produção a pasto e manejo animal

O sistema de produção de bovinos de corte a pasto é predominante em Moçambique, baseando-se no aproveitamento de recursos forrageiros locais. A sua eficiência depende da aplicação de fundamentos zootécnicos que harmonizem a produtividade com a sustentabilidade. A selecção de espécies forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região, o manejo racional do pastoreio – através de técnicas como a rotação de pastoreio – e a definição de encabeçamento adequado são premissas básicas (Ferraz & Felício, 2010).

O encabeçamento animal deve ser calculado com base na capacidade de suporte das pastagens, que varia sazonalmente. O sobrepastoreio é uma causa directa de degradação, enquanto o subapastoreio representa subaproveitamento do recurso. A rotação de pastagens, com períodos de descanso bem definidos, é essencial para permitir a rebrota e a persistência das forrageiras (Euclides *et al.*, 2016).

A saúde animal constitui outro pilar fundamental, com a adopção de protocolos de vacinação, controle de parasitoses e monitoria constante da condição dos animais. Estas práticas, quando adequadamente implementadas, reduzem perdas económicas e garantem o bem-estar animal, reflectindo-se positivamente nos índices produtivos (Ribeiro *et al.*, 2018).

3.2.2. Maneio alimentar e nutricional

O manejo alimentar constitui um dos pilares fundamentais para o sucesso de unidades de produção de bovinos de corte a pasto, pois influencia directamente o desempenho zootécnico, a eficiência produtiva e a sustentabilidade do sistema. A formulação de estratégias alimentares deve considerar a qualidade e a disponibilidade dos recursos forrageiros ao longo do ano, adaptando a oferta de nutrientes às exigências fisiológicas dos animais em diferentes fases do ciclo produtivo (Euclides *et al.*, 2016).

A disponibilidade de pastagem, principal fonte alimentar para bovinos de corte em sistemas extensivos, está sujeita a variações sazonais e ambientais, o que demanda um planeamento criterioso do manejo como a adubação de pastagens e da suplementação estratégica. O ajuste do encabeçamento animal à capacidade de suporte das pastagens, assim como a adopção de práticas de recuperação e renovação de áreas degradadas, são essenciais para manter a produtividade e a estabilidade do sistema (Corsi *et al.*, 2011).

Adicionalmente, a integração de suplementos minerais, proteicos ou energéticos pode ser necessária nos períodos de escassez ou baixa qualidade do pasto, de modo a garantir o adequado desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (Ribeiro *et al.*, 2018). Estas acções, alinhadas ao monitoramento constante da condição corporal e do GMD, optimizam a eficiência alimentar e reduzem custos com insumos, promovendo maior rentabilidade e sustentabilidade na produção (Ferraz & Felício, 2010).

3.2.3. Infraestruturas e Instalações

A adequada concepção e implementação das infraestruturas e instalações representam um dos pilares fundamentais para o sucesso das unidades de produção de bovinos de corte. A infraestrutura física envolve desde a delimitação eficiente das áreas de pastagem, curral de manejo, bebedouros, comedouros, instalações para armazenamento de insumos, até áreas destinadas ao bem-estar animal, como sombreamento e abrigos (Euclides *et al.*, 2016).

A disposição correcta das instalações contribui para a eficiência operacional, minimização do estresse nos animais e optimização do manejo sanitário e nutricional. Sistemas de produção bem estruturados priorizam a logística interna, facilitando o fluxo dos animais, dos colaboradores e dos insumos, o que reflete directamente na produtividade e sanidade da

manada. A implementação de cercas adequadas, corredores de manejo e instalações de contenção seguras são essenciais para operações rotineiras, como vacinação, pesagem e separação dos lotes, reduzindo riscos de acidentes e perdas (Ribeiro *et al.*, 2018).

A disponibilidade de água é um factor limitante de primeira ordem. Bebedouros devem ser distribuídos estrategicamente para que nenhum animal percorra distâncias excessivas, garantindo o consumo adequado para manter o ganho de peso e a saúde. A localização destas infraestruturas, portanto, não pode ser aleatória e deve considerar a topografia e a proximidade de fontes hídricas (Corsi *et al.*, 2011).

Outro aspecto relevante refere-se à adopção de práticas de sustentabilidade na escolha dos materiais e na gestão dos resíduos gerados pelo sistema produtivo, incluindo instalação de fossas sépticas, compostagem e aproveitamento da água pluvial. Estas acções alinham-se às exigências ambientais actuais e contribuem para a imagem positiva do empreendimento (Ferraz & Felício, 2010).

3.3. Desafios da bovinocultura a pasto frente às alterações climáticas

3.3.1. Pressões climáticas e ambientais

Os sistemas de produção pecuária em Moçambique, predominantemente extensivos, são altamente vulneráveis à variabilidade e às alterações climáticas. O aumento da temperatura, a irregularidade das chuvas e a ocorrência de secas mais frequentes e intensas afectam directamente a produtividade das pastagens e a disponibilidade de água (Euclides *et al.*, 2016). Estas pressões exacerbam os desafios já existentes, como a degradação dos solos e a competição por recursos naturais, colocando em risco a sustentabilidade e a rentabilidade da actividade (Uaiene, 2020).

O clima exerce influência directa sobre a produtividade das pastagens, a disponibilidade de água e a saúde animal. Estudos apontam que o aumento da temperatura média e a maior ocorrência de secas reduzem a disponibilidade e a qualidade do pasto, impactando negativamente o desempenho zootécnico e a capacidade de suporte dos sistemas extensivos. No contexto moçambicano, onde a maioria dos produtores possui limitada capacidade de resiliência, estes impactos podem ser devastadores para a segurança alimentar e económica das comunidades rurais.(Corsi *et al.*, 2011).

Além disso, alterações no regime hídrico podem promover a proliferação de pragas e doenças, comprometendo o manejo sanitário e elevando custos operacionais. A variabilidade climática exige um manejo reprodutivo e sanitário ainda mais rigoroso, com monitoramento constante das condições ambientais e do estado de saúde dos rebanhos. A gestão adaptativa torna-se,

portanto, não uma opção, mas uma necessidade para a viabilidade da pecuária face às alterações climáticas (Mizubuti & Silva, 2018).

3.3.2. *Desafios na gestão dos recursos naturais*

A sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinos depende do uso eficiente dos recursos naturais, sobretudo do solo e da água. As alterações climáticas intensificam a degradação das pastagens e a erosão dos solos, exigindo práticas conservacionistas e o uso de tecnologias adaptativas, como a integração da agricultura-pecuária e rotação de pastoreio (Corsi *et al.*, 2011).

A gestão da água adquire especial relevância em cenários de alteração climática, onde a irregularidade das chuvas e períodos de seca mais prolongados exigem sistemas de captação, armazenamento e distribuição mais eficientes. A teledetecção contribui significativamente para esta gestão, permitindo identificar fontes de água superficiais, monitorizar a humidade do solo e planear a localização de infraestruturas hídricas de forma optimizada (Ferreira & Santos, 2021).

A adopção de sistemas agropecuários resilientes, capazes de absorver e responder a choques ambientais, é fundamental para a manutenção da produtividade e da rentabilidade. Para isso, o planeamento criterioso das infraestruturas e instalações, aliado ao uso de tecnologias inovadoras, configura-se como base indispensável (Ferraz & Felício, 2010).

3.3.3. *Tecnologias e práticas adaptativas*

A incorporação de tecnologias de precisão, como sensores de monitoramento ambiental e sistemas automatizados de irrigação, pode aumentar a eficiência produtiva e reduzir os impactos das alterações climáticas. Estratégias como o reaproveitamento de água pluvial, a compostagem de resíduos e a instalação de fossas sépticas também contribuem para a sustentabilidade ambiental das unidades de produção (Jensen, 2016).

O uso de espécies de pastagens mais tolerantes ao estresse hídrico e térmico, aliado ao melhoramento genético das manadas, são alternativas promissoras para enfrentar os novos desafios impostos pelo clima. (Jensen, 2016).

A integração de ferramentas de teledetecção para o alerta precoce de eventos climáticos extremos ou para a identificação de áreas em processo de desertificação permite acções preventivas que minimizam os impactos produtivos e económicos (Moreira, 2017).

3.4. Planeamento estratégico em unidades de produção de bovinos

3.4.1. Fundamentos do planeamento estratégico

O planeamento estratégico em unidades de produção de bovinos é um processo fundamental para garantir a sustentabilidade, a eficiência produtiva e a resiliência do sistema face às incertezas do mercado e às adversidades ambientais. Este planeamento envolve a definição clara dos objectivos de produção, a análise dos recursos disponíveis, a identificação de oportunidades e ameaças e a implementação de acções que visem a melhoria contínua dos processos produtivos (Ferraz & Felício, 2010).

No contexto da pecuária moderna, o planeamento estratégico deixou de ser um exercício teórico para se tornar uma ferramenta prática de gestão, permitindo que os produtores antecipem cenários, preparem respostas e optimizem a utilização dos recursos disponíveis. A literatura demonstra que unidades de produção com planeamento estratégico formalizado apresentam melhores indicadores de desempenho económico e ambiental (Euclides *et al.*, 2016).

3.4.2. Ferramentas de planeamento estratégico aplicadas à pecuária

A adopção de ferramentas de diagnóstico, como a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats* – Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), possibilita um levantamento abrangente dos pontos fortes e limitações da unidade produtiva, bem como dos factores externos que podem influenciar o desempenho do sistema. Dessa forma, é possível definir estratégias adaptadas à realidade local, optimizando o uso do solo, da água, dos insumos e da mão de obra, além de promover a diversificação de actividades para mitigar riscos económicos (Euclides *et al.*, 2016).

Para além da SWOT, outras ferramentas de planeamento estratégico têm sido aplicadas com sucesso em sectores de recursos naturais, incluindo a Matriz BCG, Análise PESTEL, *Balanced Scorecard* e Análise de Cenários. Estas ferramentas permitem uma avaliação holística e integrada dos desafios, identificando pontos fortes a serem alavancados, fraquezas a serem mitigadas, oportunidades a serem exploradas e ameaças a serem enfrentadas.

3.4.3. Monitoria e avaliação de desempenho

A monitoria contínua dos indicadores de desempenho, como índices zootécnicos e financeiros, é essencial para a tomada de decisão baseada em evidências. A integração de tecnologias de precisão, relatada por Jensen (2016), contribui para a obtenção de dados em tempo real,

facilitando o ajuste das estratégias de manejo em resposta às variações ambientais e econômicas.

A definição de indicadores-chave de desempenho (*KPIs*) específicos para a pecuária de corte – como o encabeçamento, ganho médio diário, produtividade por área, entre outros – permite uma avaliação objectiva da eficiência produtiva e a identificação de pontos críticos que requerem intervenção (Ribeiro *et al.*, 2018).

Além disso, o planeamento deve considerar aspectos ambientais e sociais, visando minimizar impactos negativos e promover a aceitação da actividade pela comunidade local (Ribeiro *et al.*, 2018). A implementação de boas práticas agropecuárias, aliada ao respeito à legislação vigente e à busca por certificações de qualidade, fortalece a reputação do produtor e abre novas oportunidades de mercado (Corsi *et al.*, 2011).

.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O estudo decorreu entre Maio e Julho de 2025 numa parcela de 86.7 hectares do Centro Universitário de Changanane, localizado no posto administrativo de Changanane, distrito de Namaacha (Figura I), província de Maputo. Esta região do sudoeste moçambicano faz fronteira a Oeste com a África do Sul e o Reino de Eswatini, a Norte com o distrito da Moamba, e a Leste e Sul com os distritos de Boane e Matutuíne, respectivamente (Ministério da Administração Estatal, 2005).

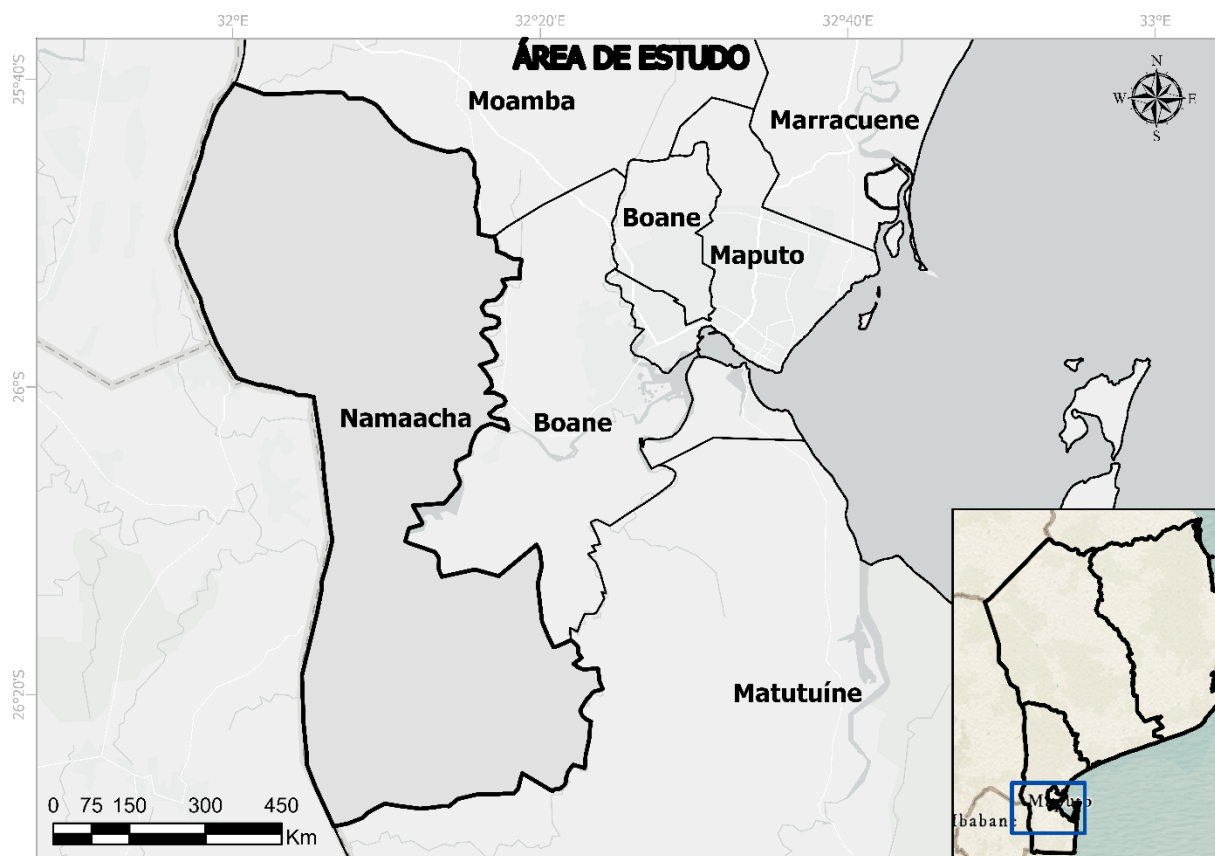


Figura I: Localização geográfica do local de estudo

A área caracteriza-se por um clima tropical de altitude, com temperatura média anual de 21°C e precipitação média de 680 mm, concentrada na estação quente e chuvosa, seguida de uma estação fresca e seca bem definida. Os solos predominantes são latossolos de textura arenosa e baixa fertilidade natural, condicionando directamente a produtividade das pastagens e a capacidade de carga animal.

Namaacha destaca-se como o terceiro maior produtor de bovinos na província de Maputo, com um efectivo pecuário estimado em 70.158 animais (Direcção Nacional de Desenvolvimento Pecuário, 2023). Conforme Pires (1995), a pecuária na região assume uma função multifuncional, servindo não apenas como fonte de proteína animal, mas também como meio de acumulação de capital e elemento de prestígio social nas comunidades locais.

4.2. Desenho do estudo

Para avaliar a contribuição da teledetecção no planeamento estratégico de unidades de produção de bovinos de corte, adoptou-se uma abordagem metodológica mista seguindo o modelo de Jensen (2016). O estudo integrou técnicas de teledetecção com trabalho de campo, desenvolvendo-se em três fases principais: aquisição e processamento de imagens de satélite, recolha de dados de validação em campo e, análise integrada dos resultados.

Na componente de teledetecção, utilizou-se o ArcGIS Pro v.2.3.7 para processamento de imagens e geração de produtos cartográficos relativos ao uso do solo, NDVI e risco de inundações. Seguidamente, na componente de campo, empregou-se a aplicação Maverick Pro v.2.7 para dispositivos Android na navegação e recolha de dados georreferenciados. Complementarmente, aplicou-se um questionário semiestruturado aos técnicos do Centro Universitário de Changalane para caracterização de fenómenos hidrológicos locais, com ênfase na ocorrência histórica de inundações.

4.3. Recolha de dados

4.3.1. Dados de satélite

Para a caracterização da cobertura e uso do solo, utilizaram-se imagens do Sentinel-2 com resolução de 10 metros, obtidas através do portal Esri Land Cover. O processamento digital incluiu correcção atmosférica (cobertura de nuvem de 10%), definição do sistema de coordenadas WGS 84 UTM Zone 36S, recorte da área de estudo. Paralelamente, para a análise de risco de inundações, adquiriram-se imagens Landsat-8 do USGS EarthExplorer.

4.3.2. Trabalho de campo

Foram inicialmente estabelecidos vinte e dois (22) pontos de amostragem, distribuídos de forma sistemática na área de estudo. Posteriormente, esse número foi reduzido para quinze (15) pontos (Figura II), em virtude de limitações logísticas de transporte. Essa redução não comprometeu a representatividade dos resultados, uma vez que se considerou a homogeneidade da pastagem e a baixa variabilidade preliminar das classes de uso e cobertura

do solo. As coordenadas foram exportadas em formato KML para a aplicação Maverick, permitindo a navegação precisa em campo.

Em cada ponto, utilizou-se uma quadrícula de 0.16 m² posicionada em quatro quadrantes opostos, distantes 5 metros do ponto central. Dentro de cada quadrícula procedeu-se à: (i) identificação e contagem de espécies vegetais com base em atributos botânico-anatômicos; (ii) colheita integral da biomassa vegetal a 3 cm do solo; e (iii) pesagem imediata da matéria verde com balança de precisão. Para a identificação botânica, recorreu-se às aplicações PlantNet e Plantify, seguindo a abordagem de validação cruzada proposta por Joly et al. (2014).

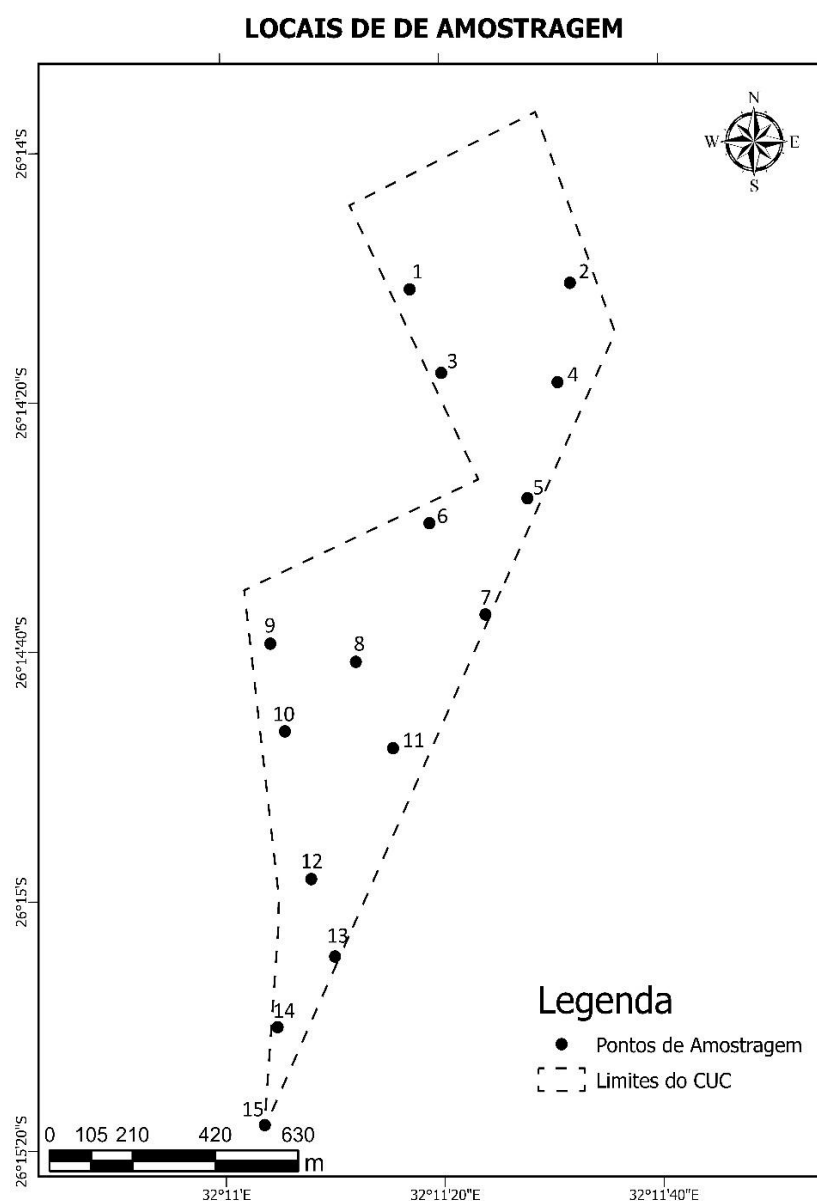


Figura II: Pontos de amostragem sobre a área de estudo.

4.4. Processamento de dados

4.4.1. Processamento de imagens de satélite

No ArcGIS Pro, calculou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) mediante o algoritmo de Rouse et al. (1974), utilizando as bandas do vermelho (B4) e infravermelho próximo (B8) do Sentinel-2. Paralelamente, a determinação dos usos e cobertura do solo seguiu uma metodologia baseada no pré-processamento das imagens, classificação supervisionada, validação da precisão com dados de referência e produção do mapa final que permitiu quantificar a distribuição espacial das diferentes classes na área de estudo.

O mapa de risco de inundações foi produzido através da integração ponderada de variáveis ambientais numa resolução de 30 m. O Modelo Digital de Elevação SRTM serviu de base para derivar o declive (40%), o comprimento de fluxo (5%), a distância a cursos de água (5%) e a elevação (30%). A precipitação média anual dos últimos cinco anos teve um peso de 15%, enquanto o uso e cobertura do solo contribuíram com 5%. Todas as camadas foram reclassificadas numa escala comum e integradas num modelo de sobreposição ponderada, gerando-se assim o mapa final de risco de inundações, tal como recomenda Hagos et al. (2022).

4.4.2. Processamento de dados de campo

Para determinar a matéria seca, as amostras vegetais foram secas numa estufa de ventilação forçada em duas etapas: pré-secagem a 65°C durante 72 horas, seguida de secagem completa a 105°C por 24 horas, conforme o protocolo de Silva & Queiroz (2002) (Anexo II). A frequência e densidade de espécies foram calculadas segundo a metodologia de Freitas & Magalhães (2012), utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$\text{Frequência (\%)} = (\text{Número de amostras com a espécie} / \text{Total de amostras}) \times 100$$

$$\text{Densidade (plantas/m}^2\text{)} = \text{Número de indivíduos} / \text{Área amostrada}$$

Foram entrevistados, de forma individual, três (3) técnicos do CUC, cujas respostas contribuíram para a validação das imagens de satélite utilizadas na avaliação do risco de inundações.

4.5. Análise de dados

4.5.1. Caracterização do uso e cobertura do solo

A identificação e o mapeamento das classes de uso e cobertura do solo foram realizados através de técnicas de teledetecção e trabalho de campo. A análise espacial destas classes permitiu quantificar a distribuição percentual de cada categoria na área de estudo, fornecendo

subsídios para o planeamento do uso da terra e a identificação de áreas com potencial para a expansão pecuária.

4.5.2. Avaliação da disponibilidade de pastagem

A disponibilidade de pastagem foi estimada através de um modelo de regressão linear que relacionou os valores de NDVI com a biomassa medida em campo. Para a calibração do modelo, utilizaram-se 5 pontos de amostragem, enquanto 10 pontos adicionais serviram para validação independente. Após a verificação da precisão, o modelo foi aplicado a toda a área de estudo, permitindo estimar espacialmente a produtividade das pastagens mediante a equação:

$$\text{Disponibilidade (Ton. MS/ha)} = a + b \times \text{NDVI}$$

Onde **a** e **b** representam os coeficientes da regressão.

4.5.3. Identificação de locais para Infraestruturas

A análise foi conduzida com base na interpretação do mapa de risco de inundações. Essa abordagem permitiu indicar as zonas mais seguras, evitando a consideração de locais susceptíveis a inundações como opções prioritárias para a instalação de infraestruturas.

4.5.4. Análise estatística

No Microsoft Excel, recorreu-se à estatística descritiva para apresentar a frequência das espécies e a disponibilidade de pasto (média e desvio padrão), aplicando-se em seguida o teste t de Student para verificar a diferença entre a disponibilidade de pasto estimada e a real, com nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização da cobertura e uso do solo

Com base na análise de imagens de satélite, foi possível realizar o mapeamento detalhado do uso e cobertura do solo na parcela do Centro Universitário de Changelane. A interpretação dos dados permitiu distinguir três categorias principais de uso e cobertura do terreno: área de pastagem (94.3%), solo descoberto (4.6%) e , conforme ilustrado na Figura III.

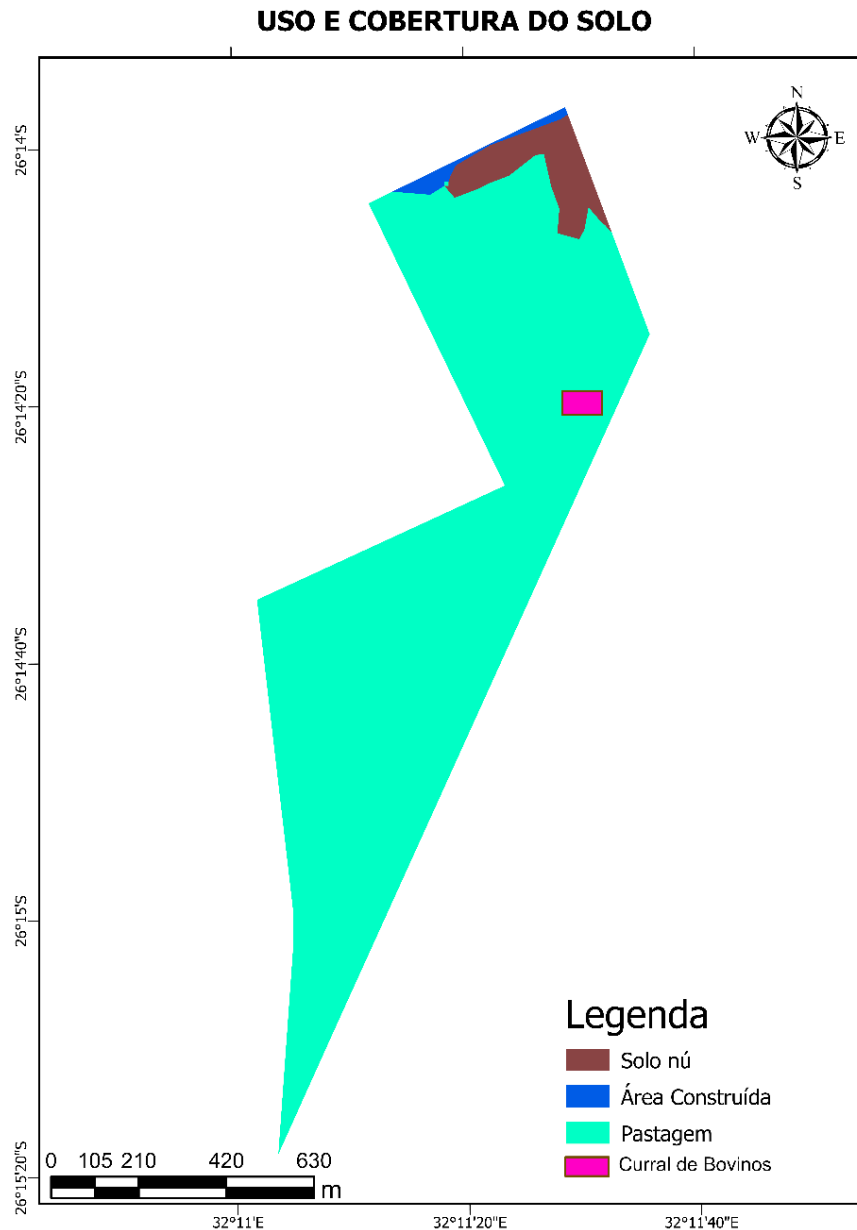


Figura III: Ilustração do mapeamento de uso e cobertura do solo do CUC.

A partir da Figura III, observa-se com clareza que o tipo de uso e cobertura da parcela em estudo é amplamente dominado pela presença de áreas de pastagem. A análise da estrutura horizontal da feição classificada como área de pastagem revelou, de forma predominante, a ocorrência das espécies *Themeda triandra*, *Cynodon dactylon*, *Hyparrhenia dissoluta* e *Eragrostis superba*, sendo que *Urochloa mosambicensis* apresentou menor expressão. A Tabela I apresenta, de forma pormenorizada, os valores de frequência e densidade das espécies identificadas na parcela.

Tabela I: Composição e estrutura da pastagem

Espécies	Frequência (%)	Densidade (Ind/m²)
<i>Themeda triandra</i>	36.84	10.77
<i>Eragrostis superba</i>	12.63	1.98
<i>Urochloa mosambicensis</i>	43.16	12.71
<i>Hyparrhenia dissoluta</i>	4.21	0.83
<i>Cynodon dactylon</i>	3.16	0.42

**Ind indivíduos*

Os dados apresentados na tabela I que a parcela é dominada por gramíneas adaptadas ao pastoreio extensivo, com destaque para *Urochloa mosambicensis* e *Themeda triandra*, que juntas representam mais de 80% da frequência relativa e exibem as maiores densidades. A densidade total de 26.67 indivíduos por metro quadrado reflete uma comunidade vegetal relativamente rica, com predominância de espécies nativas e resilientes.

5.2. Avaliação da disponibilidade de pasto

Com base nas imagens de satélite, foi possível determinar e mapear o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), apresentado na Figura IV, um factor essencial para a estimativa da produção de biomassa (toneladas de matéria seca por hectare) através de um modelo de regressão linear. Após a obtenção do NDVI e a sua validação com dados de campo, procedeu-se à estimativa da disponibilidade de pasto utilizando o modelo ($R = 0.933$; $R^2 = 0.871$) **$Biomassa (t/ha = -17.07 + 75.54 \times NDVI)$** . A aplicação do modelo revelou uma disponibilidade média de 4.41 ± 2.02 t/ha, comparável à disponibilidade real observada de 4.35 ± 1.81 t/ha, não se verificando diferenças estatisticamente significativas ($P = 0.999$) entre os valores estimados por NDVI e os dados reais de campo.

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

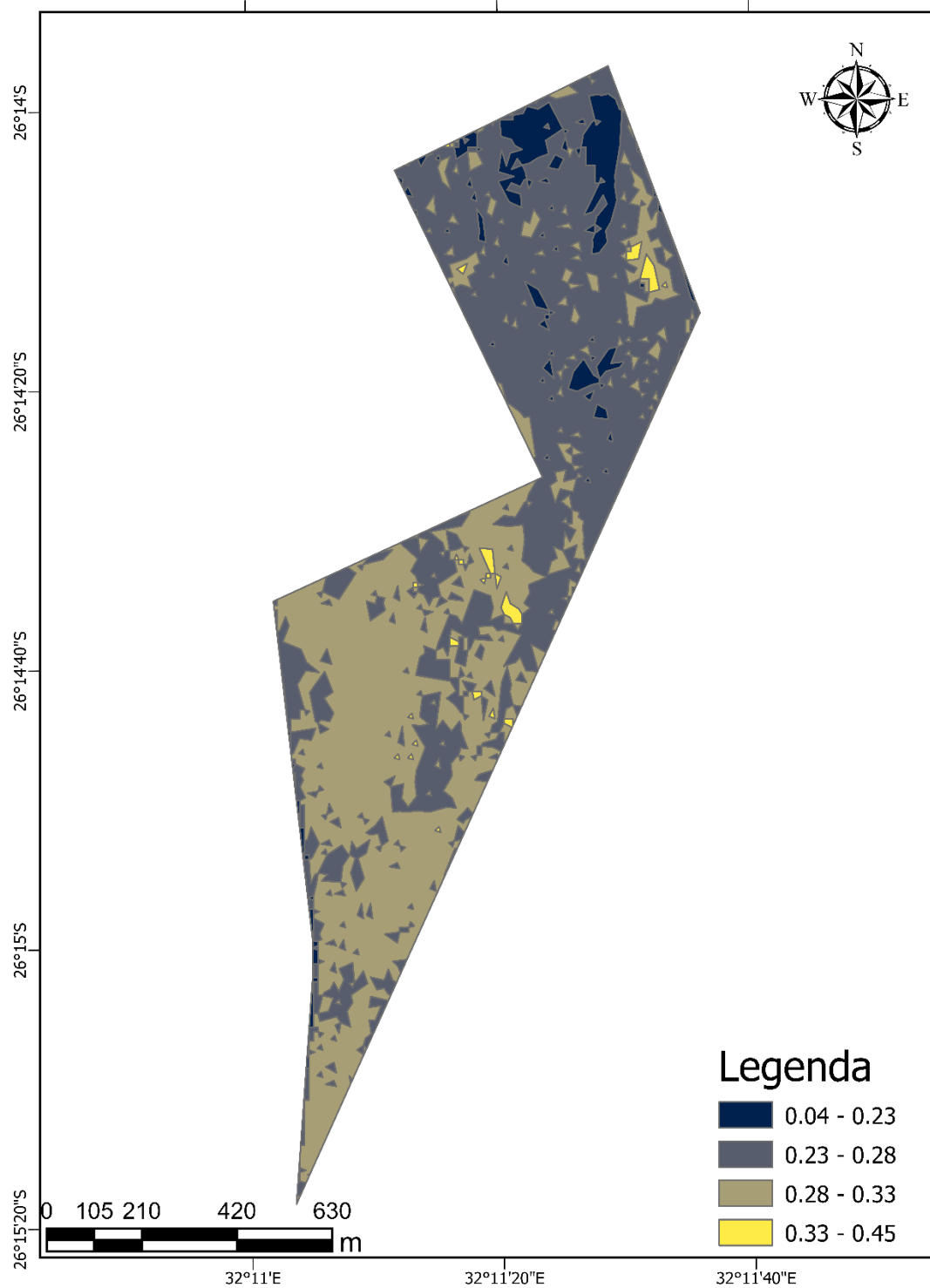


Figura IV: Ilustração do mapeamento do NDVI do CUC

5.3. Identificação de locais estratégicos para implantação de infraestruturas

A análise geotécnica revelou três (3) níveis de risco de ocorrência de inundações, conforme ilustrado na Figura V. Observa-se uma predominância de áreas classificadas como de baixo risco, seguidas por zonas de alto risco, e, em menor expressão, áreas de risco moderado, estas últimas localizadas na região dos currais de bovinos. Todos os entrevistados foram unânimes ao afirmar que não se têm verificado inundações na área de estudo nos últimos cinco (05) anos. Contudo, relataram a ocorrência de formação de charcos na zona onde se encontra o curral de bovinos, sobretudo em períodos de chuvas intensas.

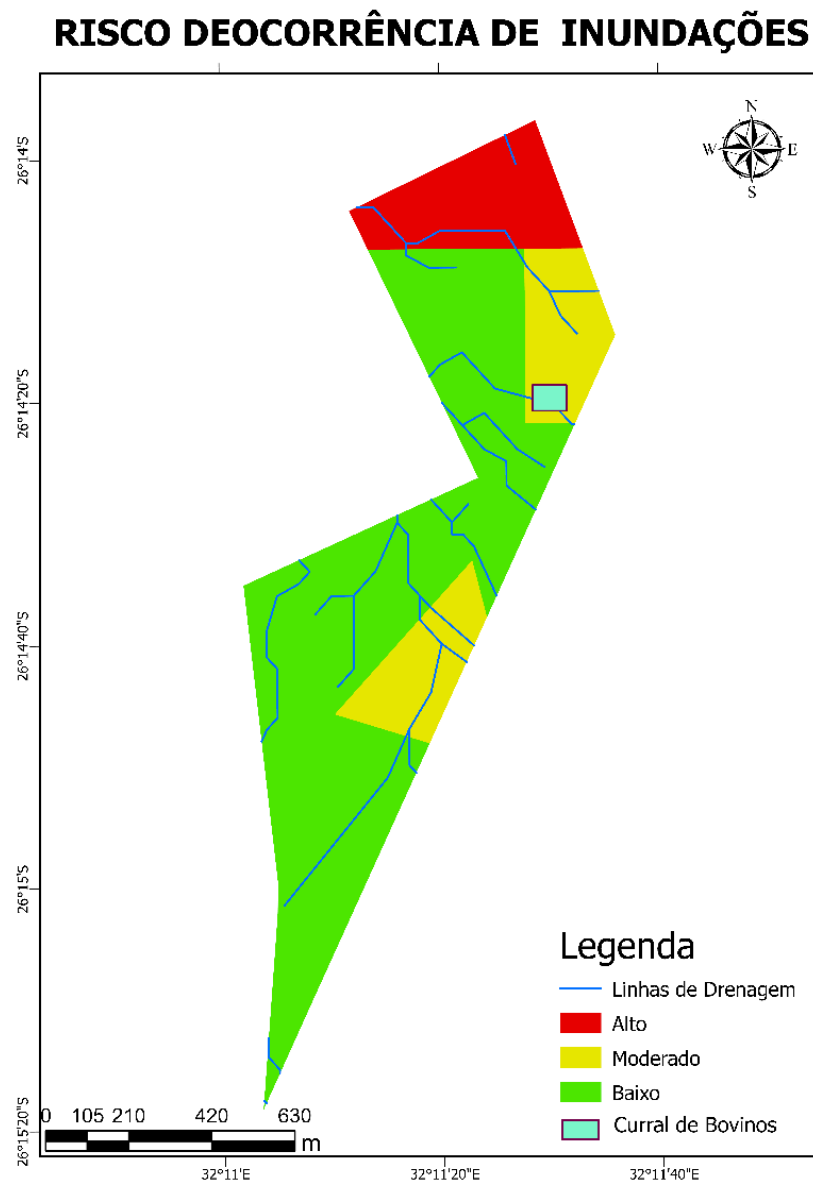


Figura V: Ilustração do mapeamento do risco de ocorrência de inundações no CUC.

6. DISCUSSÃO

6.1. Caracterização da cobertura e uso do solo

A consistência entre os dados de satélite e os dados de campo, evidenciada em todos os aspectos analisados, valida inequivocamente a abordagem metodológica adotada. A classificação supervisionada aplicada permitiu caracterizar com precisão a paisagem, identificando a predominância de áreas de pastagem que refletem a vocação pecuária da região (MADER, 2023). Esta convergência metodológica é fundamental para o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão robustos no sector pecuário, conforme preconizado por Jensen (2016).

A confirmação em campo de que as pastagens são dominadas por espécies nativas e resilientes - particularmente *Urochloa mosambicensis* e *Themeda triandra*, que representam mais de 80% da frequência relativa - não só valida a classificação de imagens, mas também indica um ecossistema com boa capacidade de suporte e adaptado ao pastoreio extensivo (Pillar, 1996). A densidade de 26,67 indivíduos por metro quadrado revela uma comunidade vegetal bem estabelecida, um dado vital para um planeamento estratégico que vise a sustentabilidade de longo prazo.

6.2. Avaliação da disponibilidade de pasto

A concordância estatística entre a disponibilidade de pasto estimada por NDVI e os dados reais de campo, valida este índice como indicador confiável da produtividade das pastagens na região. Estes resultados alinham-se com estudos anteriores que demonstram a correlação positiva entre NDVI e biomassa em pastagens tropicais (Moreira, 2017; Chen *et al.*, 2024).

A precisão do modelo de regressão linear, permite recomendar o uso rotineiro do NDVI para monitorização contínua da disponibilidade forrageira. Esta abordagem possibilita um manejo adaptativo do pastoreio, permitindo o ajuste dinâmico do encabeçamento animal e prevenindo tanto o sobrepastoreio quanto o subaproveitamento dos recursos (Ferraz & Felício, 2010). A capacidade de mapear a variabilidade espacial da produtividade dentro da mesma área abre portas para estratégias de manejo de precisão, como a adubação diferenciada e a divisão mais eficiente de piquetes. Embora se recomende o uso rotineiro do NDVI, Edirisinghe *et al.* (2012), alerta para aplicação de modelos ajustados a cada fase de crescimento das plantas, pois em seu estudo ficou demonstrado que a relação entre a biomassa e o NDVI varia sazonalmente em função do clima e da fenologia das espécies dominantes.

A disponibilidade média observada no presente estudo ($\approx 3,35$ ton/ha) enquadra-se no intervalo reportado para pastagens naturais de clima tropical de altitude com baixa degradação. Valores semelhantes foram reportados por Snyman (2013), em pastagens dominadas por *Themeda triandra* na África do Sul (3–4 ton/ha) e por Mwendia et al. (2021) para áreas de *Urochloa* naturalizadas no Quênia (3–5 ton/ha). A homogeneidade espacial registada contrasta com a elevada variabilidade descrita em regiões semiáridas (por exemplo, abaixo de 2 ton/ha em anos secos; Reed., 2022), refletindo a influência positiva do regime de precipitação relativamente estável nas regiões de clima tropical de altitude. O valor de disponibilidade encontrado para ambas metodologias, sugerem um encabeçamento próximo de 1 UA/ha, que está em conformidade com estimativas de capacidade de suporte relatadas para pastagens naturais da África Austral com precipitação moderada a elevada (FAO, 2019; World Bank, 2015). No entanto, a taxa de utilização sustentável raramente ultrapassa 50% da biomassa disponível (FAO, 2019), pelo que a conversão direta de biomassa total em carga animal requer ajustamentos para prevenir a degradação do pasto e conservar a sua capacidade produtiva a longo prazo.

6.3. Identificação de locais estratégicos para implantação de infraestruturas

A identificação via satélite de zonas de risco moderado na localização dos currais existentes - e a subsequente confirmação local da formação de charcos durante chuvas intensas evidencia o valor preventivo da teledetecção. Esta análise antecipa problemas, permitindo a deslocação proactiva de infraestruturas críticas, o que se alinha com práticas modernas de gestão de risco (Ferreira & Santos, 2021).

A análise multicritério baseada em geotecnologias oferece uma base objectiva para o planeamento de infraestruturas, superando as limitações da percepção local. A integração de dados de satélite com conhecimento empírico permite uma abordagem participativa e tecnicamente fundamentada na definição de zonas de implantação, reduzindo riscos ambientais e melhorando a eficiência produtiva (Silva *et al.*, 2020).

7. CONCLUSÃO

A utilização de imagens de satélite no contexto do planeamento estratégico de unidades de produção bovina em Namaacha revelou-se eficaz na caracterização da cobertura do solo, avaliação da disponibilidade de pasto e identificação de zonas de risco de inundações. Este trabalho confirma que a teledetecção se constitui como uma ferramenta indispensável para a transição de um planeamento pecuário baseado principalmente em observação empírica para um planeamento estratégico fundamentado em evidências científicas e dados espacialmente explícitos.

8. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, formulam-se as seguintes recomendações para a melhoria do planeamento estratégico de unidades de produção de bovinos de corte:

- Desenvolver programas de assistência técnica que incorporem o uso de geotecnologias no planeamento das unidades de produção;
- Integrar as geotecnologias nos programas de desenvolvimento pecuário a nível distrital e provincial
- Desenvolver estudos similares noutras regiões de Moçambique para validação e calibração dos modelos
- Estudar a viabilidade económica da implementação destas tecnologias em diferentes escalas de produção
- Uso de drones que possibilitam a captação de imagem de melhor resolução;

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batista, A., Shimabukuro, Y., & Mello, M. (2020). Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento de pastagens. Editora Atlas.
- Chen, T., Zheng, H., Chen, J., & Zhang, Z. (2024). Novel intelligent grazing strategy based on remote sensing, herd perception and UAVs monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture*.
- Chilundo, A., Manteiro, A., & Muchanga, A. (2021). Impactos das mudanças climáticas na pecuária em Moçambique: Análise da província de Maputo. *Revista Moçambicana de Ciências Agrárias*, 15(2), 45-58.
- Corsi, M., Santos, P. M., & Martha Jr., G. B. (2011). Manejo de pastagens para pecuária de corte. Editora UFV.
- Edirisinghe, A., Clark, D., & Waugh, D. (2012). Spatio-temporal modelling of biomass of intensively grazed perennial dairy pastures using multispectral remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 16(1), 5–16. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2011.11.006>
- Euclides, V. P. B., Macedo, M. C. M., & Valle, C. B. (2016). Manejo de pastagens no cerrado. Embrapa.
- Ferraz, J. B. S., & Felício, P. E. (2010). Production systems—An example from Brazil. *Meat Science*, 84(2), 238–243.
- Ferraz, J. B. S., & Felício, P. E. (2010). Production systems—An example from Brazil. *Meat Science*, 84(2), 238–243.
- Ferreira, M. E., & Santos, J. R. (2021). Geotecnologias aplicadas ao planejamento territorial. Oficina de Textos.
- Freitas, M. C. M., & Magalhães, J. A. (2012). Métodos para análise de vegetação herbácea. Editora Universitária.
- Hagos, Y. G., Andualem, T. G., Yibeltal, M., & Mengie, M. A. (2022). Flood hazard assessment and mapping using GIS integrated with multi-criteria decision analysis in upper Awash River basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 12(7), 1–18. <https://doi.org/10.1007/S13201-022-01674-8/FIGURES/13>
- Jensen, J. R. (2016). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective* (4th ed.). Pearson.
- Jensen, J. R. (2016). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective* (4th ed.). Pearson.
- Joly, A., Goëau, H., Bonnet, P., Bakić, V., Barbe, J., Selmi, S., ... & Boujemaa, N. (2014). LifeCLEF plant identification task 2014. In *CLEF 2014 Working Notes*. CEUR-WS.

Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). Remote sensing and image interpretation (7th ed.). Wiley.

MADER. (2023). Relatório Anual do Sector Pecuário 2022. Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural. 24

McFeeters, S. K. (2013). Using the Normalized Difference Water Index (NDWI) within a geographic information system to detect swimming pools for mosquito abatement: A practical approach. *Remote Sensing*, 5(7), 3544-3561.

Ministério da Administração Estatal. (2005). Perfil do distrito de Namaacha. República de Moçambique.

Moreira, M. A. (2017). Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação (5th ed.). Editora UFV.

Mwendia, S., Maass, B. L., & Ghimire, S. R. (2021). Performance of Urochloa grasses under smallholder farm conditions in East Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 719655. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.719655>

Pillar, V. D. (1996). Ecologia da vegetação campestre. Editora da Universidade/UFRGS.

Ribeiro, A. C., Mizubuti, I. Y., & Silva, L. D. F. (2018). Nutrição de bovinos de corte. Editora UFPR.

Salman, A. K. D. (2007). Manejo de pastagens e produção animal em regiões tropicais. Editora UFMG.

Silva, D. J., & Queiroz, A. C. (2002). Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos (3.^a ed.). Editora UFV.

Silva, J. X., *et al.* (2020). Geoprocessamento para análise ambiental (2nd ed.). Bertrand Brasil.

Snyman, H. A. (2013). Themeda triandra: A keystone grass species of semi-arid grasslands in southern Africa. *African Journal of Range & Forage Science*, 30(1–2), 1–11. <https://doi.org/10.2989/10220119.2013.831375>

Uaiene, R. (2020). Inovação e Tecnologia na Agricultura Familiar em Moçambique. IESE.

World Bank. (2015). Agricultural Sector Risk Assessment: Mozambique. World Bank Group.

10. ANEXOS

Anexo 1: Questionário aplicado aos colaboradores do CUC

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E RISCO DE INUNDAÇÕES NO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE CHANGALALE

Saudações!

Meu nome é Emmanuel Artur, sou estudante de Ciência e Tecnologia Animal na Faculdade de Veterinária da UEM. Este questionário tem como objectivo colectar dados sobre a disponibilidade de água e o risco de inundações na região, informações essenciais para avaliar a viabilidade de implantar uma unidade de produção de gado de corte em sistema extensivo, como parte do meu trabalho de conclusão de curso.

1. Identificação

1.1. Data _____

1.2. Nome _____

1.3. Idade _____

2. Há quanto tempo mora nesta região?

- ☐ Mais de 5 anos
- ☐ Menos de 5 anos

3. Qual é a principal fonte de água utilizada para o gado na sua área?

- ☐ Rio/perene
- ☐ Lagoa sazonal
- ☐ Poço/furo
- ☐ Charco natural
- ☐ Represa ou barragem

☐ Outra. Qual? _____

4. A sua área já notificou inundações nos últimos 5 anos?

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Não sabe dizer

4.1. Se sim, em que circunstâncias

4.2. Em quais meses geralmente ocorrem as inundações?

Janeiro__, Fevereiro__, Março__, Abril__, Maio__, Junho__, Julho__, Agosto__,
Setembro__, Outubro__, Novembro__, Dezembro__.

4.3. Qual foi o impacto das inundações na criação de bovinos?

- ☐ Perda de animais
☐ Deslocamento da manada
☐ Danos em infraestruturas
☐ Destruição das áreas de pastagens
☐ Nenhum impacto
☐ Outro _____

Anexo 2: Determinação da matéria seca

1ª – Determinação da MS à 65 °C

$$MS_{65^{\circ}C}(\%) = \frac{\text{Peso da amostra} - PS_{65^{\circ}C}}{\text{Peso da amostra}} \times 100$$

2ª – Determinação da MS à 105 °C

$$MS_{105^{\circ}C}(\%) = \frac{PS_{65^{\circ}C} - PS_{105^{\circ}C}}{PS_{65^{\circ}C}} \times 100$$

3ª – Determinação da MS real

$$MS_{\text{real}}(\%) = MS_{65^{\circ}\text{C}} \times MS_{105^{\circ}\text{C}}$$