



Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Mestrado em Economia Agrária

Valoração Financeira de Espécies Arbóreas Comerciais e Sequestro de Carbono na Floresta
Comunitária de Mudzo, Província da Zambézia

Autor:

Nilton P. Zandamela

Supervisor:

Doutor eng. Mário Paulo Falcão

Maputo, Junho de 2025

Nilton P. Zandamela

Valoração Financeira de Espécies Arbóreas Comerciais e Sequestro de Carbono na Floresta
Comunitária de Mudzo, Província da Zambézia

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane, em cumprimento dos requisitos parciais para a obtenção do grau de Mestre em Economia Agrária.

Supervisor: Doutor eng. Mário Paulo Falcão

Maputo, Junho de 2025

DECLARAÇÃO

Eu, Nilton Pedro Zandamela, declaro, sob compromisso de honra, que esta dissertação é resultado do meu trabalho de investigação individual. Todas as informações nela contida estão devidamente citadas, com as respectivas fontes referenciadas na lista bibliográfica.

Declaro ainda que este trabalho nunca foi apresentado, no todo ou em parte, em qualquer instituição de ensino, com vista à obtenção de um grau académico.

Maputo, Junho de 2025

.....

(Nilton Pedro Zandamela)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, com profundo amor e gratidão, ao meu pai Pedro Zandamela e à minha mãe Elvira da Graça Madime, cuja força, sabedoria e sacrifícios silenciosos foram os alicerces da minha caminhada. São o exemplo de coragem e dignidade que carrego comigo em cada passo.

Às minhas irmãs, Nilza e Nárcia Zandamela, pelo carinho constante, pela confiança inabalável e por serem sempre abrigo seguro nos momentos de dúvida e cansaço.

Àquela pessoa especial, Zaituna Iracema, pela paciência, pelo apoio incondicional e por acreditar em mim mesmo quando as forças me faltavam. A tua presença foi farol em dias escuros e impulso nos momentos decisivos.

E a Deus, soberano em tudo, a quem entrego os méritos desta conquista, por me ter sustentado, orientado e abençoado ao longo de toda esta jornada.

Esta vitória é partilhada convosco. Este marco é nosso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela Sua graça, proteção e misericórdia, que me sustentaram ao longo desta jornada académica. Em cada desafio, encontrei n'Ele força, serenidade e discernimento para continuar.

Ao meu tio Rogério Zandamela, a quem devo um agradecimento especial pelo apoio financeiro que tornou possível a minha formação ao nível do mestrado. A sua generosidade, apoio moral, incentivo e preocupação constante foram fundamentais para que esta etapa fosse concretizada com sucesso.

Aos meus tios Belmira e Luciano Mulembwe, meus verdadeiros segundos pais, expresso a minha eterna gratidão pelo carinho, apoio incondicional e por tudo o que fizeram por mim ao longo desta caminhada. Foram um verdadeiro alicerce.

Aos meus primos Russel e Tony, agradeço pelas palavras de motivação, companheirismo e presença nos momentos mais exigentes.

Ao meu supervisor, Doutor Eng. Mário Paulo Falcão, expresso o meu profundo agradecimento, pelas orientações valiosas, críticas construtivas e pela disponibilidade constante durante o processo de elaboração deste trabalho. A sua experiência e rigor académico foram essenciais para o amadurecimento desta investigação.

Aos meus amigos Timóteo Maparana, Calton, João Supelo, Magona, Sérgio Chitengo, Nalsera Bacar, Marcela João, Edibelton Fortunato, Calu Bravo e Hélio, deixo o meu sincero reconhecimento pela amizade genuína, encorajamento e apoio constante. Cada um de vós contribuiu de forma única para tornar esta jornada mais leve e significativa.

Aos colegas do Mestrado em Economia Agrária, em particular Zecas Gomate, Vasco Mavuie e João Andrade, agradeço pela camaradagem, espírito de entreatajuda e partilha de conhecimentos, que tanto enriqueceram esta etapa académica.

Aos docentes, funcionários e demais colegas da Universidade Eduardo Mondlane – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, deixo o meu reconhecimento pelo convívio académico, partilhas construtivas e pelo ambiente propício ao crescimento pessoal e profissional.

Por fim, a todos os que, de forma directa ou indirecta, contribuíram para a concretização deste trabalho, deixo o meu mais sincero e sentido agradecimento.

RESUMO

O presente estudo teve como objectivo valorar financeiramente as espécies arbóreas comerciais e sequestro de carbono na Floresta Comunitária de Mudzo, localizada nos distritos de Maganja da Costa e Mocubela, província da Zambézia, integrando os benefícios de uso directo (exploração de espécies arbóreas comerciais) e de uso indirecto (sequestro de carbono). Para tal, foi conduzido um inventário florestal utilizando amostragem estratificada aleatória por aglomerados com uma intensidade amostral de 0,1 %, cobrindo 152 parcelas de 100 × 20 m, em que se mediram todas as árvores com DAP \geq 20 cm. A regeneração foi avaliada em subparcelas de 20 × 20 m. A análise da estrutura horizontal recorreu a parâmetros fitossociológicos (abundância, dominância, frequência, IVI) e a índices de diversidade florística (Shannon-Wiener e Simpson).

Os volumes total e comercial foram estimados, e o volume das espécies não comerciais foi convertido em biomassa aérea com base numa densidade média de 0,71 t/m³ e num factor de expansão de 1,74. A biomassa obtida foi posteriormente transformada em carbono, utilizando um coeficiente de conversão de 0,50. A valoração financeira foi realizada pelo Método do Valor Actual Líquido (VAL), considerando um horizonte temporal de 20 anos e uma taxa de desconto de 12 %, complementada por uma análise de sensibilidade a diferentes cenários de preços da madeira.

Os resultados revelam que a floresta produtiva (37.895,12 ha) é dominada por vegetação de Miombo (76,8 %), com uma diversidade moderada ($H' = 3,53$; $J' = 0,77$). As espécies *Brachystegia spiciformis*, *B. boehmii* e *Julbernardia globiflora* concentram mais de 85 % do volume explorável, compondo o núcleo das 13 espécies comerciais identificadas. O Corte Anual Admissível foi calculado em 10.691,6 m³/ano. A biomassa aérea das espécies não comerciais totalizou 560.882,78 t, equivalentes a 280.441,39 t de carbono. Considerando o preço médio do mercado voluntário (14,60 USD/tCO₂), o valor estimado do carbono sequestrado ascende a 4,10 milhões de USD.

O Valor Actual Líquido (VAL) da exploração madeireira foi de 19,40 milhões de USD, e, somado ao valor do carbono, o activo florestal totaliza 23,49 milhões de USD. Todos os cenários testados mantiveram o VAL positivo, embora se tenha verificado uma sensibilidade significativa ao preço da madeira e à taxa de desconto. Estes dados evidenciam o potencial económico e ecológico da floresta, justificando a adopção de quotas por espécie, programas de enriquecimento silvícola e instrumentos de Pagamento por Serviços Ambientais como estratégias para garantir uma gestão comunitária sustentável e financeiramente viável.

Palavras-chave: Floresta Comunitária; valoração Financeira; Fluxo de Caixa Descontado; sequestro de carbono; corte anual admissível; biodiversidade; Mudzo.

ABSTRACT

The main objective of this study was to carry out the financial valuation of commercial tree species and carbon sequestration in the Mudzo Community Forest, located in the districts of Maganja da Costa and Mocubela, Zambézia province, by integrating the benefits of direct use (commercial timber species exploitation) and indirect use (carbon sequestration). A stratified random forest inventory was conducted with a sampling intensity of 0.1%, covering 152 plots of 100 × 20 meters each, where all trees with a diameter at breast height (DBH) \geq 20 cm were measured. Regeneration was assessed in subplots of 20 × 20 m. The analysis of horizontal forest structure was based on phytosociological parameters (abundance, dominance, frequency, IVI) and floristic diversity indices (Shannon-Wiener and Simpson).

The total and commercial volumes were estimated, and the volume of non-commercial species was converted into aboveground biomass based on an average wood density of 0.71 t/m³ and a biomass expansion factor of 1.74. The resulting biomass was subsequently transformed into carbon using a conversion coefficient of 0.50. The financial valuation was carried out using the Net Present Value (NPV) method, considering a 20-year horizon and a 12% discount rate, complemented by a sensitivity analysis under different wood price scenarios.

The results show that the productive forest area (37.895,12 ha) is dominated by Miombo vegetation (76.8%), with moderate diversity ($H' = 3,53$; $J' = 0,77$). The species *Brachystegia spiciformis*, *B. boehmii*, and *Julbernardia globiflora* account for over 85% of the exploitable volume, forming the core of the thirteen identified commercial species. The Annual Allowable Cut was estimated at 10.691,6 m³/year. The aboveground biomass of non-commercial species totalled 560.882,78 tonnes, corresponding to 280.441,39 tonnes of carbon. At the average voluntary market price (USD 14,60/tCO₂), the estimated value of sequestered carbon amounts to USD 4,10 million.

The Net Present Value (NPV) of timber exploitation was USD 19,40 million, rising to USD 23,49 million when the carbon value is included. All scenarios tested maintained a positive NPV, although the results were significantly sensitive to wood prices and the discount rate. These findings highlight the economic and ecological potential of the forest, justifying the implementation of species-specific quotas, silvicultural enrichment programmes, and Payment for Ecosystem Services mechanisms as strategies to ensure sustainable and financially viable community forest management.

Keywords: Community Forest; Financial Valuation; Net Present Value; Carbon Sequestration; Annual Allowable Cut; Biodiversity; Mudzo.

ÍNDICE

DECLARAÇÃO	II
DEDICATÓRIA	III
AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE ANEXOS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS	XII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Problematização.....	2
1.3. Justificativa	3
1.4. Objectivos do Estudo	3
1.4.1. Objectivo Geral.....	3
1.4.2. Objectivos Especificos.....	3
1.5. Questões de Estudo	4
1.6. Importância do Estudo	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Recursos Florestais em Moçambique	5
2.1.1. Cobertura Florestal em Moçambique.....	6
2.1.2. Distribuição Regional da Cobertura Florestal em Moçambique.....	6
2.1.3. Caracterização da Floresta	8
2.1.3.1. Estrutura Horizontal.....	9
2.1.3.2. Composição Florística	9
2.1.4. As florestas e o Sequestro de Carbono	10
2.1.4.1. Quantificação da Biomassa e do Estoque de Carbono.....	11
2.1.4.1.1. Equações Alométricas.....	12
2.2. Valorização Financeira dos Recursos Florestais.....	13
2.2.1. Conceito e Importância da Valoração Florestal.....	13

2.2.2. Componentes da Valoração Florestal	13
2.2.2.1. Valor de Uso Directo	14
2.2.2.2. Valor de Uso Indirecto.....	15
2.2.2.3. Valor de Opção	15
2.2.2.4. Valor de Existência	16
2.2.3. Métodos de Valoração	16
2.2.3.1. Método de Avaliação por Componente (MAC).....	16
2.2.3.2. Método de Avaliação pelo Valor Actual Liquido (VAL).....	17
2.2.3.3. Teoria das Opções Reais (TOR)	17
2.2.4. Estudos Similares sobre Valoração Financeira de Recursos Florestais.....	18
3. METODOLOGIA	21
3.1. Descrição da Área de Estudo	21
3.1.1. Localização e Limites	21
3.1.2. Condições Edafoclimáticas e Recursos Hídricos.....	22
3.1.3. Flora	23
3.2. Trabalho de Campo.....	23
3.2.1. Número e Forma das Amostras.....	24
3.2.2. Dados Colectados.....	24
3.3. Tratamento e Análise dos Dados	24
3.3.1. Parâmetros Fitossociológicos.....	24
3.3.1.1. Densidade/Abundância	24
3.3.1.2. Dominância	25
3.3.1.3. Frequência.....	26
3.3.1.4. Índice de Valor de Importância (IVI)	26
3.3.1.5. Diversidade de Espécies e Equitabilidade	27
3.3.2. Classificação das Espécies Comerciais.....	28
3.3.3. Determinação do Ciclo de Corte.....	29
3.3.4. Cálculo do Corte Anual Admissível	29
3.3.5. Determinação do Volume, Biomassa e Estoque de Carbono	30
<u>3.3.6. Valoração Financeira</u>	<u>33</u>
3.3.6.4. Determinação dos Custos.....	35

3.3.6.5. Determinação das Receitas	35
3.3.7. Determinação do Valor Financeiro das Espécies Comerciais	36
3.3.8. Carbono.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Caracterização da Cobertura Florestal	37
4.1.1. Composição Florística das diferentes Formações Florestais da área em Estudo.....	37
4.1.2. Estrutura Horizontal da Floresta	39
4.2. Espécies de Valor Comercial	40
4.3. Carbono sequestrado na floresta Comunitária de Mudzo na Província de Zambézia	43
4.3.1. Estimativas da biomassa e dos estoques de carbono	43
4.4. Valor Financeiro	44
4.4.1. Espécies de Valor Comercial	45
4.4.1.1. Receita Anual.....	45
4.4.1.2. Custos de Produção.....	46
4.4.1.2.1. Investimentos na Exploração e Transporte.....	47
4.4.1.2.2. Força de Trabalho	47
4.4.1.2.3. Processamento (serração e carpintaria).....	47
4.4.1.2.4. Serviços Auxiliares	47
4.4.1.2.5. Outros Custos Operacionais.....	48
4.4.1.3. Valor Actual Líquido (VAL)	48
4.4.1.4. Análise de Cenários	48
4.4.1.5. Valor Financeiro das Espécies Arbóreas Comerciais e Sequestro de Carbono na Floresta Comunitária de Mudzo	50
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	52
5.1. Conclusões	52
5.2. Recomendações.....	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
7. ANEXOS.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Equações de biomassa recomendadas para florestas abertas em Mocambique	13
Tabela 2. Uso e Cobertura da floresta comunitária de Mudzo nos distritos de Maganja da Costa e Mocubela.....	37
Tabela 3. Índices de diversidade florística da floresta Comunitaria de Mudzo.....	38
Tabela 4. Abudância e Dominância Absoluta por tipo de formação florestal	40
Tabela 5. Espécies de valor comercial identificadas na floresta comunitária de Mudzo por classe comercial.....	41
Tabela 6. Corte Anual Admissível (CAA) das principais espécies comercial da floresta comunitária de Mudzo	42
Tabela 7. Biomassa, Carbono estocado e valor do carbono na floresta de Mudzo.....	43
Tabela 8. Receita anual estimada por espécie comercial.....	46
Tabela 9. Análise de Cenários do VAL (USD).....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição espacial das principais formações florestais em Mocambique	8
Figura 2. Mapa florestal e localização geográfica da concessão da ACODEMUZO	22

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Densidade de madeira mais comuns da floresta comunitaria de Mudzo .	65
Anexo 2. Listas de espécies arbóreas encontradas na área amostrada da floresta comunitária de Mudzo	66
.....	
Anexo 3. Classificação das espécies comerciais mais importante para a comunidade, de acordo com Regulamento florestal de Moçambique	67
.....	
Anexo 4. Parâmetros dendrométricos da floresta comunitária	67
.....	
Anexo 5. Bases para todos os Cálculos Realizados	68
.....	
Anexo 6. Fluxo de caixa da exploração de espécies arbóreas com valor comercial na floresta de Mudzo	69
.....	
Anexo 7. Cálculos do Valor Actual Liquido para Preços Médios	69
.....	
Anexo 8. Cálculos do Valor Actual Liquido para Preços Baixos	72
.....	
Anexo 9. Cálculos do Valor Actual Liquido para Preços Superiores	71
.....	

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

Abreviatura/ Acrónimo	Designação Completa
ACODEMUZO	Associação Comunitária de Desenvolvimento da Floresta Comunitária de Mudzo
BA	Biomassa Aérea
BEF	Factor de Expansão de Biomassa (Biomass Expansion Factor)
BF	Factor de Biomassa (Biomass Factor)
BFE	Factor de Expansão de Biomassa (variante da sigla BEF)
CAA	Corte Anual Admissível
CF	Factor de Conversão de Biomassa para Carbono (Conversion Factor)
CO ₂	Dióxido de Carbono
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
DINAF	Direcção Nacional de Florestas e Fauna
FAO	Food and Agriculture Organization
FAD	Floresta Aberta Decídua
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
FDD	Floresta Densa Decídua
Freqabs	Frequência Absoluta
Freqrel	Frequência Relativa
H'	Índice de Shannon-Wiener
Hmax	Valor Máximo do Índice de Shannon-Wiener (ln s)
IVI	Índice de Valor de Importância
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LF2, LF3, WG, T	Tipos de cobertura florestal (classificações usadas nos inventários)
MAC	Método de Avaliação por Componente
MASA	Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar
MICOA	Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental
MITA	Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
PSA	Pagamentos por Serviços Ambientais
PROFOR	Program on Forests
SDAE	Serviço Distrital de Actividades Económicas
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
TOR	Teoria das Opções Reais
UN-REDD	United Nations Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation

USD	United States Dollar
VAL	Valor Actual Líquido
VPL	Valor Presente Líquido
Vha	Volume Médio por Hectare
Vti	Volume Total por espécie <i>i</i>
VT	Volume Total da floresta
m ³	Metro cúbico

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

As florestas em Moçambique assumem um papel multifuncional na estrutura socioeconómica e ecológica do país, constituindo-se como um activo estratégico de elevado valor natural, económico e cultural. Cobrindo cerca de 51,4% da superfície terrestre do país, os ecossistemas florestais fornecem não apenas matéria-prima para actividades produtivas — como a indústria madeireira e extractiva —, mas também sustentam uma complexa rede de serviços ecossistémicos, entre os quais se destacam a regulação hidrológica, a preservação da biodiversidade e o sequestro de carbono atmosférico (FAO, 2022; IPCC, 2021).

Apesar do seu valor intrínseco e instrumental, o sector florestal moçambicano tem sido historicamente subvalorizado, carecendo de sistemas eficazes de mensuração económica e integração nos instrumentos de planeamento territorial e financeiro. A ausência de uma valoração sistemática e multidimensional dos recursos florestais compromete tanto a sustentabilidade ecológica quanto a viabilidade económica de iniciativas de conservação, resultando numa exploração predatória, informal e frequentemente desarticulada dos marcos normativos e técnicos estabelecidos.

Neste cenário, impõe-se a necessidade de redefinir as abordagens convencionais de gestão florestal, incorporando metodologias rigorosas de quantificação e valoração económica que permitam captar, com precisão, o contributo real das florestas para o desenvolvimento nacional e comunitário. Em particular, a valoração integrada dos recursos madeireiros e dos serviços ambientais associados — como o sequestro de carbono — configura-se como uma via promissora para a promoção de modelos sustentáveis de uso da terra e para a mobilização de mecanismos inovadores de financiamento, como os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) e os mercados voluntários de carbono (Pagiola, 2008; Dasgupta, 2021).

A Floresta Comunitária de Mudzo, situada nos distritos de Maganja da Costa e Mocubela, província da Zambézia, emerge como um caso emblemático, onde o potencial económico, ecológico e social da floresta permanece largamente inexplorado. A inexistência de dados robustos sobre o valor financeiro das espécies arbóreas comerciais e sobre o valor do volume de carbono armazenado impossibilita a implementação de estratégias de uso racional, travando o acesso a incentivos financeiros para

conservação e limitando a capacidade das comunidades locais de gerir os seus recursos de forma sustentável.

Neste contexto, torna-se relevante aprofundar o conhecimento acerca das dinâmicas de exploração florestal em Moçambique, bem como das metodologias de valoração capazes de capturar a multiplicidade de benefícios propiciados pelos ecossistemas (Siteo & Guedes, 2019). Ao quantificar, de forma rigorosa, as vantagens financeiras e ecológicas do uso racional dos recursos florestais, possibilita-se uma tomada de decisão mais consciente e informada, apoiada em critérios científicos e associada a práticas de boa governação. Assim, contribui-se não só para a preservação do património natural das gerações vindouras, mas também para o fortalecimento da resiliência das comunidades face às incertezas económicas e ambientais que caracterizam o país.

1.2. Problematização

A atribuição de valor económico às florestas tem sido amplamente reconhecida como elemento central na formulação de políticas e estratégias de desenvolvimento sustentável (Panayotou, 1993; Heal, 2000). Nos países em desenvolvimento, em particular, a carência de informações fiáveis sobre o valor financeiro dos recursos naturais conduz frequentemente a decisões de uso do solo que desconsideram os benefícios de longo prazo. Esta lacuna resulta, muitas vezes, em práticas de exploração insustentável e na conversão de áreas florestais em terrenos agrícolas ou urbanos (Nunes & van den Bergh, 2001). A ausência de dados consistentes compromete igualmente a eficácia de instrumentos económicos, como os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), e dificulta a internalização das externalidades ambientais.

No caso de Moçambique, ainda que o sector florestal desempenhe um papel fundamental para a economia nacional e para a subsistência das comunidades rurais, observa-se uma persistente subvalorização dos bens e serviços prestados pelas florestas (White & Martin, 2002; Stern, 2007). A exploração predatória, associada à fraca capacidade de fiscalização e à limitada disponibilidade de informação económica, tem atrasado a implementação de políticas eficazes e reduzido os incentivos à adopção de práticas de manejo sustentável (Pagiola, 2008).

Neste enquadramento, a Floresta Comunitária de Mudzo, localizada nos distritos de Maganja da Costa e Mocubela, na província da Zambézia, constitui um exemplo relevante da necessidade de quantificar de

forma rigorosa tanto o valor das espécies comerciais como o potencial de sequestro de carbono. Esta quantificação permite demonstrar o contributo efectivo da floresta para a economia local e nacional, reforçando a sua importância estratégica.

A ausência de uma valorização clara dos recursos madeireiros e dos serviços ambientais desta floresta representa, assim, uma limitação para a definição de estratégias de gestão sustentável. Sem dados económicos sólidos que traduzam o peso real destes serviços, torna-se difícil conceber políticas públicas que incentivem a conservação, conciliando a geração de rendimentos com a protecção do património natural.

1.3. Justificativa

Neste cenário, justifica-se a realização deste estudo pois irá fornecer bases científicas sólidas para a valoração financeira das espécies arbóreas comerciais e do sequestro de carbono na floresta comunitária de Mudzo, suprimindo a lacuna de informação até agora existente. A recolha e análise de dados sobre os fluxos económicos e serviços ecossistémicos associados ao ecossistema florestal permitirão evidenciar o seu contributo para a economia local e nacional, dando suporte à definição de políticas públicas mais ajustadas e a programas de incentivo focados na sustentabilidade. Para além de valorizar a floresta como um activo natural estratégico, a disponibilização de informação fiável e actualizada pode atrair investimentos em projectos de manejo comunitário, facilitar a implementação de Pagamentos por Serviços Ambientais e, em última instância, garantir maior protecção dos recursos naturais, aliada à melhoria das condições de vida das comunidades envolventes.

1.4. Objectivos do Estudo

1.4.1. Objectivo Geral:

- Determinar o valor financeiro das espécies arbóreas comerciais e do carbono armazenado na floresta comunitária de Mudzo, localizada nos distritos de Maganja da Costa e Mocubela, província da Zambézia.

1.4.2. Objectivos Especificos

- Caracterizar a cobertura vegetal da floresta comunitária de Mudzo;

- Quantificar o valor das espécies comerciais existentes na floresta;
- Estimar a quantidade de carbono armazenado na biomassa aérea;
- Calcular o valor financeiro total das espécies comerciais e do carbono armazenado.

1.5. Questões de Estudo

- Quais são os recursos florestais disponíveis na Floresta Comunitária de Mudzo e em que quantidades (espécies, volume, biomassa)?
- Que valor financeiro poderá ser atribuído à exploração das espécies de valor comercial e sequestro de carbono?
- Em que medida este valor financeiro pode influenciar a gestão sustentável e a implementação de políticas de conservação?

1.6. Importância do Estudo

A valoração financeira das espécies arbóreas comerciais e do sequestro de carbono na floresta comunitária de Mudzo apresenta uma relevância significativa para a elaboração de políticas e a implementação de práticas de gestão sustentáveis. Conforme destacado pela FAO (2022), a valorização rigorosa dos bens e serviços florestais contribui para uma alocação mais eficiente dos recursos e estimula a adoção de estratégias de uso responsável do solo. Além disso, estudos como o de Costanza *et al.*, (1997) evidenciam que o reconhecimento monetário dos serviços ecossistémicos pode influenciar positivamente a tomada de decisões em diferentes sectores económicos, promovendo uma visão de longo prazo que equilibra a exploração com a conservação.

Paralelamente, o Millennium Ecosystem Assessment (2005) sublinha a importância de se incorporar o valor dos ecossistemas nas contas nacionais, a fim de reduzir a degradação ambiental e mitigar os seus impactos sociais e económicos. Iniciativas como as propostas pelo TEEB (2010) demonstram que a determinação de valores concretos para os recursos naturais favorece mecanismos de Pagamentos por Serviços Ambientais e incentiva a participação activa das comunidades locais na preservação das florestas. Por fim, Wunder (2005) reforça que a quantificação financeira de serviços ambientais fomenta arranjos institucionais mais robustos, estimulando a protecção dos ecossistemas e beneficiando tanto as populações dependentes destes recursos como a economia em geral.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Recursos Florestais em Moçambique

Moçambique caracteriza-se por uma notável riqueza biogeográfica, em que os recursos florestais assumem um papel central na preservação do equilíbrio ecológico e no fornecimento de bens e serviços indispensáveis às populações (FAO, 2022; IPCC, 2021). Estima-se que as formações florestais cubram uma parcela significativa do território nacional, disponibilizando produtos madeireiros — como madeira serrada, lenha e carvão vegetal — e não-madeireiros, entre os quais se incluem óleos, frutos, fibras e plantas medicinais, fundamentais para a subsistência de inúmeras comunidades rurais (Deweese *et al.*, 2011; Scoones, 2015).

A importância económica destas florestas é evidente na sua contribuição para a geração de emprego, no fornecimento de matérias-primas para as indústrias locais e no acréscimo de receitas provenientes da exportação (World Bank, 2020). Simultaneamente, desempenham funções ambientais essenciais, como a captura de carbono, a protecção dos solos contra a erosão, a regulação dos regimes hídricos e a manutenção dos habitats naturais (CIFOR, 2019). Estas funções tornam as florestas particularmente estratégicas face ao actual desafio das alterações climáticas, onde a resiliência ecológica se configura como um activo vital para assegurar o bem-estar das gerações presentes e vindouras (IPCC, 2021).

Contudo, os benefícios socioeconómicos e ecológicos proporcionados pelas florestas moçambicanas estão sob crescente ameaça. Entre os principais factores encontram-se a expansão da agricultura itinerante, a produção insustentável de carvão vegetal, a extracção ilegal de madeira e as limitações na capacidade de fiscalização das autoridades competentes (FAO, 2020; WWF, 2021). Este quadro é agravado por elevados níveis de pobreza rural e pela escassez de alternativas económicas viáveis para as comunidades, factores que intensificam a pressão sobre os recursos florestais (UNEP, 2022; World Bank, 2023). Além disso, a governação do sector apresenta ainda fragilidades institucionais, reflectidas em dificuldades de implementação eficaz das políticas e regulamentos destinados à gestão sustentável (Chirwa *et al.*, 2021; CIFOR, 2020).

Com o objectivo de enfrentar estas debilidades, o Governo de Moçambique tem promovido instrumentos de enquadramento legal e institucional, como o Plano Director Florestal 2016–2025, que visa regular a

exploração, reforçar a fiscalização e incentivar a participação comunitária (MASA, 2016). Mais recentemente, foram introduzidos três marcos regulatórios fundamentais: a nova Política Florestal Nacional, a Lei de Florestas (Lei n.º 17/2023) e o respectivo Regulamento Florestal. Estas reformas procuram consolidar a gestão sustentável, aumentar a responsabilização no sector, reforçar os mecanismos de licenciamento e fiscalização e ampliar o envolvimento das comunidades locais nos processos de decisão. Em paralelo, diversas organizações não-governamentais e iniciativas internacionais têm apoiado o país na redução das emissões resultantes da desflorestação e na promoção de práticas de uso sustentável do solo (UN-REDD, 2019; CIFOR, 2019). Nesse sentido, os modelos de gestão comunitária, que integram directamente as populações na protecção dos recursos e na repartição dos benefícios, surgem como uma via promissora para conciliar a conservação da cobertura florestal com as necessidades de desenvolvimento (Bento & Nhantumbo, 2016).

2.1.1. Cobertura Florestal em Moçambique

Segundo Magalhães (2018), cerca de 51,4 % do território nacional encontrava-se, à época, coberto por formações florestais. No entanto, dados da FAO (2020) evidenciam uma tendência de decréscimo contínuo dessa área, estimando-se uma taxa anual de desflorestação em torno de 0,79 %. Entre as causas mais relevantes deste fenómeno destacam-se a expansão da agricultura — sobretudo a praticada em regime de subsistência —, a elevada procura por lenha e carvão vegetal e o corte selectivo de espécies madeireiras de elevado valor comercial (Bond *et al.*, 2019).

A redução da cobertura florestal acarreta múltiplas consequências de ordem ecológica, económica e social (Zarin *et al.*, 2016). Do ponto de vista ambiental, compromete-se a capacidade de sequestro de carbono, contribuindo para intensificar os efeitos das alterações climáticas. No plano social, a escassez de recursos lenhosos e a diminuição da diversidade de produtos disponíveis aumentam a vulnerabilidade das comunidades rurais (Tadesse *et al.*, 2019). Acresce que a fragmentação dos habitats florestais representa uma séria ameaça à biodiversidade e pode comprometer serviços ecossistémicos essenciais, como a fertilidade dos solos e a regulação natural dos ciclos hidrológicos (Laurance *et al.*, 2018).

2.1.2. Distribuição Regional da Cobertura Florestal em Moçambique

A cobertura florestal em Moçambique apresenta fortes assimetrias regionais, resultado tanto das condições biogeográficas como das dinâmicas sociais e económicas específicas de cada província (Matsinhe & Kanime, 2019; Bollig *et al.*, 2022). Dados compilados por Magalhães (2018) indicam que quatro províncias — Niassa, Zambézia, Cabo Delgado e Tete — concentram, em conjunto, mais de 65 % da área florestal nacional. Nestes territórios predominam extensas formações nativas, de carácter denso e aberto, que fornecem produtos madeireiros, como toros, lenha e carvão vegetal, e não-madeireiros, entre os quais se incluem frutos silvestres, plantas medicinais e fibras naturais, além de abrigarem numerosas espécies endémicas (Ribeiro-Neto *et al.*, 2018; Lata *et al.*, 2021).

No panorama nacional, a província de Niassa destaca-se como a mais florestada, com aproximadamente 9,4 milhões de hectares cobertos por formações florestais (Gonçalves *et al.*, 2020). Em seguida surgem a Zambézia, com 5,1 milhões de hectares, e Cabo Delgado, com 4,8 milhões de hectares (Adams & Palmer, 2019; Sá & Loureiro, 2021). Em contrapartida, províncias como Maputo e Inhambane apresentam níveis reduzidos de cobertura florestal, devido sobretudo à elevada densidade populacional, à expansão agrícola e urbana e aos impactos de actividades industriais (Chirinda *et al.*, 2019; Banze & Armenteras, 2020).

Em termos agregados, estimava-se, em 2018, que a área florestal total (AF) de Moçambique ascendesse a cerca de 31,7 milhões de hectares, dos quais aproximadamente 17,2 milhões de hectares correspondiam a área florestal produtiva (AFP), isto é, zonas com potencial para exploração económica sustentável (Magalhães, 2018). A Figura 1 ilustra a distribuição espacial destas formações, evidenciando a predominância de cobertura florestal nas regiões centro e norte do país.

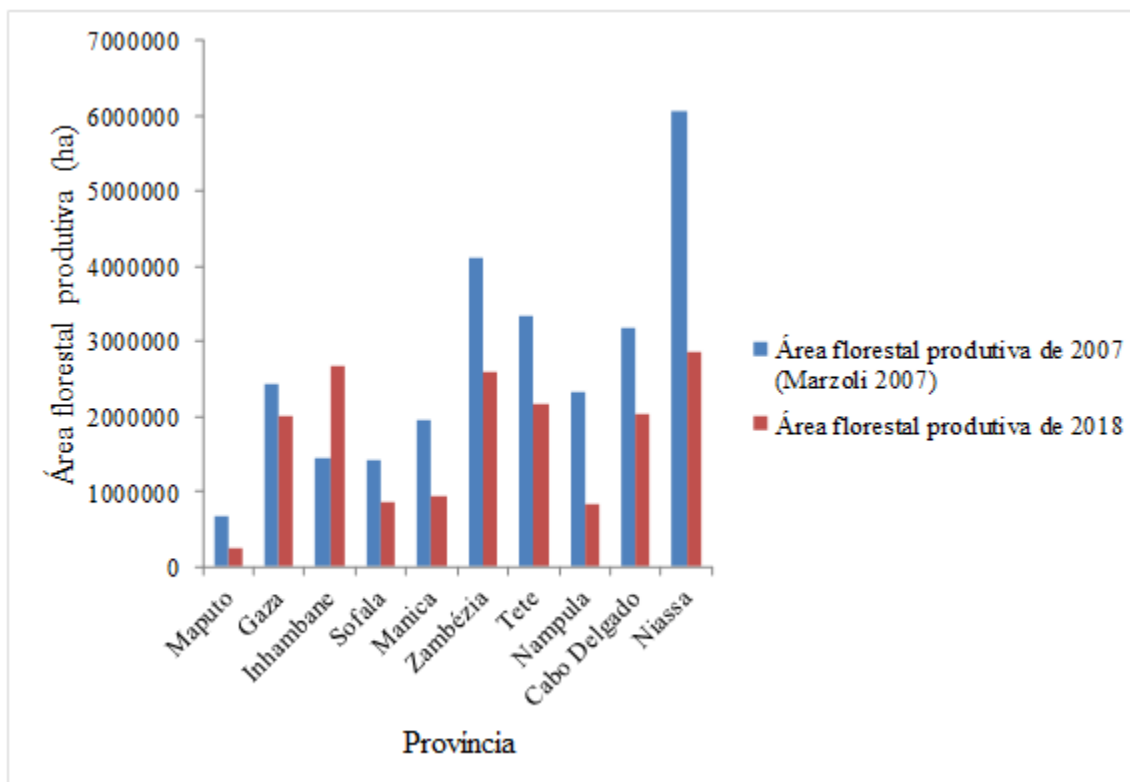


Figura 1. Distribuição espacial das principais formações florestais em Moçambique

Fonte: Adaptado de Magalhães (2018).

2.1.3. Caracterização da Floresta

O estudo da estrutura e composição das florestas moçambicanas constitui uma base essencial para compreender as dinâmicas ecológicas e avaliar o seu potencial de regeneração, elemento indispensável para fundamentar políticas de gestão sustentável (Raharinjanahary et al., 2020; Kansiime et al., 2022). Esta análise envolve tanto a caracterização da estrutura vertical, que distingue o estrato arbóreo, o arbustivo e os diferentes níveis de regeneração natural, como da estrutura horizontal, que descreve a distribuição espacial das espécies numa determinada área (Sitoé, 1996; Hosokawa, 1986). Uma caracterização robusta destes parâmetros possibilita a determinação de índices como a abundância, a dominância e a frequência, cuja integração resulta no Índice de Valor de Importância (IVI). Este indicador é amplamente utilizado para orientar prioridades de conservação e para compreender o papel funcional que cada espécie desempenha no ecossistema (Lamprecht, 1990; Van Kuijk *et al.*, 2021).

2.1.3.1. Estrutura Horizontal

Na estrutura horizontal, o foco recai sobre a distribuição dos indivíduos em cada classe de tamanho ou idade, factor que determina a capacidade de regeneração e a estabilidade do povoamento ao longo do tempo (Longhi *et al.*, 2000; Lemenih *et al.*, 2014). Em povoamentos coetâneos, como em plantações florestais homogéneas, a maioria dos indivíduos pertence à mesma classe diamétrica, enquanto em povoamentos disetâneos — característicos de florestas naturais tropicais — observa-se uma maior heterogeneidade diamétrica, muitas vezes representada por uma curva em “J invertido” (Louman *et al.*, 2001; Sitoé, 1995). Esta configuração reflecte a predominância de indivíduos jovens, acompanhada de menor frequência de árvores adultas, sugerindo processos contínuos de recrutamento e sucessão (Rosli *et al.*, 2018; De Beenhouwer *et al.*, 2016).

A compreensão dessa estrutura horizontal baseia-se em indicadores como a densidade (número de indivíduos por hectare), a dominância (área basal por unidade de área) e a frequência (número de parcelas em que a espécie ocorre), permitindo retratar com maior fidelidade a importância ecológica de cada espécie (Várzea *et al.*, 2020; Agyeman *et al.*, 2022). Ao agregar os valores relativos de densidade, dominância e frequência, obtém-se o Índice de Valor de Importância (IVI), ferramenta útil para definir prioridades de protecção, detectar espécies potencialmente sobre-exploradas ou sub-representadas (Neelo *et al.*, 2015; Zegeye *et al.*, 2011).

2.1.3.2. Composição Florística

A composição florística aborda o conjunto de espécies presentes em um ecossistema, dimensionando a biodiversidade e a funcionalidade ecológica do povoamento (Chazdon, 2014; Magurran, 2004). Entre os elementos avaliados na composição florística, destacam-se a riqueza de espécies, que traduz o número total de espécies numa dada comunidade, e a uniformidade, parâmetro que mede a distribuição equitativa dos indivíduos entre as diferentes espécies (Pielou, 1966; Gibson *et al.*, 2020). Diversos índices de diversidade, como Shannon-Wiener (H'), Pielou (J') e Simpson (D), são aplicados para quantificar e comparar níveis de diversidade florística em diferentes áreas e sob diferentes níveis de perturbação (Gove *et al.*, 2021; Sakai & Nishikawa, 2021).

A elevada diversidade de espécies num ecossistema florestal aponta para maior resiliência contra

perturbações bióticas ou abióticas, além de reforçar a capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos, como produção de alimento, ciclagem de nutrientes e regulação microclimática (Kulmala *et al.*, 2019; Duffy *et al.*, 2021). Dessa forma, a avaliação da composição florística revela-se não apenas uma ferramenta de diagnóstico, mas também um guia para orientar planos de manejo que equilibrem a exploração económica das florestas e a conservação da biodiversidade (Magurran, 2004; Zelazowski *et al.*, 2020).

2.2. As florestas e o Sequestro de Carbono

As florestas ocupam um lugar de destaque no debate sobre a mitigação das alterações climáticas, pois funcionam como importantes sumidouros naturais de dióxido de carbono (CO₂). Durante a fotossíntese, as plantas capturam CO₂ da atmosfera e convertem-no em biomassa vegetal, armazenando o carbono em troncos, ramos, folhas, raízes e no solo (Pan *et al.*, 2011). Este processo não só ajuda a reduzir a concentração de gases com efeito de estufa, como também sustenta a produtividade dos ecossistemas, promovendo a formação de habitats ricos em biodiversidade (Griscom *et al.*, 2017; Lewis *et al.*, 2015).

Porém, a capacidade de as florestas reterem carbono é influenciada por diversos factores naturais e antrópicos. A composição de espécies, a disponibilidade de nutrientes, o regime de precipitação e a temperatura local podem potenciar ou limitar o armazenamento de carbono a médio e longo prazos (Xu *et al.*, 2020; Sullivan *et al.*, 2020). Além disso, perturbações como incêndios, pragas, doenças e o abate intensivo de árvores podem inverter o papel das florestas, transformando-as em fontes líquidas de CO₂ (Kalamandeen *et al.*, 2020; Pugh *et al.*, 2019). Assim, o sucesso na manutenção ou expansão das reservas de carbono em áreas florestais depende do planeamento adequado do uso do solo, de técnicas de manejo florestal sustentáveis e de medidas de protecção contra a desflorestação (Żyło & Hildebrandt, 2021; Bastin *et al.*, 2019).

À escala global, estratégias que conciliem a conservação da cobertura vegetal com o desenvolvimento socioeconómico são vistas como cruciais para reforçar o sequestro de carbono. Investimentos em restauro ecológico, certificação florestal, Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) e tecnologias de monitorização avançada podem ajudar a travar a perda de cobertura vegetal e a valorizar economicamente a função das florestas como sumidouros naturais (He *et al.*, 2015; Erb *et al.*, 2018). A cooperação

internacional e a inclusão activa das comunidades locais na definição de políticas florestais surgem como pilares para assegurar a sustentabilidade a longo prazo, garantindo que a exploração de recursos lenhosos seja compatível com a protecção dos recursos naturais e a mitigação das alterações climáticas (Mo *et al.*, 2019; Baccini & Friedl, 2017).

2.2.1. Quantificação da Biomassa e do Estoque de Carbono

A quantificação da biomassa florestal e do respectivo estoque de carbono é um dos pilares mais importantes para compreender a participação das florestas na mitigação das alterações climáticas. Em termos gerais, entende-se por biomassa florestal a massa total de matéria vegetal que se encontra numa dada unidade de área, convencionalmente dividida em biomassa acima do solo (árvores, arbustos, troncos caídos e serapilheira) e biomassa abaixo do solo (raízes). A soma destes compartimentos constitui a biomassa total, métrica essencial para avaliar o potencial de remoção ou de emissão de CO₂, conforme as dinâmicas de conservação, exploração ou degradação (Watzlawick *et al.*, 2009; FAO, 2020).

Do ponto de vista metodológico, distinguem-se dois grandes grupos de abordagens para a quantificação de biomassa:

Métodos directos (destrutivos): Implicam o derrube de árvores seleccionadas, de modo a separar e pesar os diferentes componentes (fuste, ramos, folhas). Com esses dados, é possível construir ou ajustar equações alométricas e factores de expansão, extrapolando as estimativas para povoamentos mais amplos (Siteo & Tchaúque, 2007). Embora ofereça alta precisão, este procedimento é moroso, dispendioso e pode gerar impactos locais relevantes.

Métodos indirectos (não destrutivos): Baseiam-se em dados de inventários florestais e em equações ou factores de conversão anteriormente desenvolvidos (Somogyi *et al.*, 2006). Destacam-se:

- Factores de biomassa (BF), que convertem parâmetros como volume (m³) em toneladas de biomassa ($B = P \times BF$) (1)
- Equações de regressão, nas quais se relacionam variáveis dendrométricas (p. ex., diâmetro e altura) ao peso seco medido numa amostragem piloto.

Finalizada a estimativa da biomassa (B), o estoque de carbono (C) é obtido multiplicando-se a biomassa por um factor (CF) que reflecta o teor médio de carbono na matéria seca:

$$C = B \times CF \quad (2)$$

Em florestas tropicais, o valor de CF normalmente se situa entre 0,45 e 0,55 (Higuchi *et al.*, 2004; Qureshi *et al.*, 2012). O compartimento acima do solo, sobretudo o fuste, tende a concentrar grande parte desse carbono, pois a madeira em si pode apresentar cerca de 50% de C, complementada por oxigénio, hidrogénio e outros elementos (Klock *et al.*, 2005). Já cerca de 20% do carbono pode encontrar-se armazenado no solo, e entre 6% a 8% na serapilheira, variando segundo as condições edafoclimáticas e o estágio de desenvolvimento das espécies (Larcher, 2001; Bastin *et al.*, 2019).

2.2.1.1. Equações Alométricas

No contexto da quantificação da biomassa, as equações alométricas — também referidas como funções alométricas — figuram como recursos imprescindíveis, ao correlacionarem variáveis de fácil medição em campo (p. ex., diâmetro à altura do peito – DAP, altura total ou volume do fuste) com a biomassa ou o carbono efectivamente acumulado (Siteo & Tchaúque, 2007). A lógica subjacente baseia-se no facto de que as dimensões morfológicas das plantas guardam uma relação consistente com o seu peso seco, permitindo estimar a biomassa sem a necessidade de abater novas árvores (Mukkonen, 2006; Wu *et al.*, 2021).

Em muitos casos, essas equações apresentam-se em formato logarítmico, do tipo:

$$\ln(B) = a + b \ln(DAP) \rightarrow B = e^{(a + b \ln(DAP))} \quad (3)$$

em que B corresponde à biomassa (kg ou t), enquanto a e b são coeficientes estimados por regressão, adequados ao tipo florestal e condições climáticas (Brown, 1997; Chen *et al.*, 2022). Quanto maior o número de árvores amostradas e maior a diversidade de diâmetros abrangidos, mais fidedigna tende a ser a estimativa para um determinado ecossistema.

Contudo, em Moçambique, os estudos ainda são incipientes no que respeita à produção de equações alométricas especificamente concebidas para florestas nativas, sejam elas secas ou húmidas (Siteo &

Tcháuque, 2007). Em decorrência disso, por vezes aplicam-se modelos importados ou adaptados de outras regiões tropicais, correndo-se o risco de sub ou superestimar a biomassa se as condições ecológicas e climáticas não forem suficientemente semelhantes (Nogueira *et al.*, 2008). Para ilustrar, investigações pioneiras de Tcháuque (2004) e Siteo (1997) desenvolveram equações destinadas a florestas abertas, sublinhando a relevância de se considerar a “zona climática” — seca ou húmida — ao seleccionar a equação. A Tabela 1, por exemplo, agrupa algumas das equações recomendadas no país, demonstrando a variação de coeficientes consoante o regime de precipitação e o historial de uso da terra.

Tabela 1. Equações de biomassa recomendadas para florestas abertas em Mocambique

Equação	N	Zona Climática	Fonte
$Y = -41.077 + 2.816554D + 0.35657D^2$	290	Seca	Tcháuque (2004)
$Y = e^{-1.996 + 2.32\ln(D)}$	28	Seca	Brown (1997)
$\text{Log}_{10}(Y) = -0.535 + \text{log}_{10}(BA)$	191	Seca	Brown (1997)
$Y = -31.5 - 2.0D + 0.91D^2$	12	Húmida	Siteo (1997)
$Y = 42.69 - 12.8D + 1.242D^2$	170	Húmida	Brown (1997)

Observação:

- D: Diâmetro à altura do peito (DAP).
- BA: Área basal por árvore ou por unidade de área

2.3. Valorização Financeira dos Recursos Florestais

2.3.1. Conceito e Importância da Valoração Florestal

A valoração financeira dos recursos florestais pode ser entendida como o processo de atribuir um valor monetário tanto aos bens tangíveis — como madeira, resinas e frutos —, como aos serviços intangíveis, entre os quais se destacam o sequestro de carbono, a protecção de bacias hidrográficas e a regulação climática (Pearce, 2001; Barbier, 2011). Esta perspectiva torna visível a contribuição efectiva das florestas para o bem-estar humano, corrigindo a tendência de subvalorização que ocorre quando os serviços ambientais são assumidos como bens gratuitos (Pagiola, 2008). Ao quantificar economicamente tais benefícios, a formulação de políticas públicas e decisões privadas passa a integrar comparações mais equilibradas entre custos e retornos, evitando análises limitadas à rentabilidade de curto prazo (Bateman *et al.*, 2011).

Adicionalmente, a valoração económica constitui um fundamento importante para a implementação de instrumentos de incentivo e compensação, como os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), as iniciativas de redução de emissões por desmatamento evitado ou ainda os mecanismos de certificação sustentável (TEEB, 2010). Neste contexto, promove-se a internalização das externalidades ambientais positivas e a mitigação dos efeitos negativos, permitindo que a conservação das florestas se configure como uma actividade economicamente competitiva e socialmente relevante (Kremen, 2005).

2.3.2. Componentes da Valoração Florestal

A valoração económica dos recursos florestais desempenha um papel fundamental na compreensão da importância real das florestas, ao traduzir em termos monetários os bens e serviços que estes ecossistemas fornecem. Trata-se de um processo que se baseia na análise de diferentes atributos, directos e indirectos, que podem ou não estar sujeitos a transacções de mercado (Conrad, 2010; Condon & White, 1994). Vários autores (Motta, 1997; Sant’Anna & Nogueira, 2010) sugerem que o valor económico das florestas pode ser desagregado em três componentes principais: valor de uso directo, valor de opção e valor de existência. A estes, acrescenta-se frequentemente o valor de uso indirecto, associado aos serviços ecossistémicos. Em conjunto, esses elementos compõem o “Valor Económico Total” de um recurso florestal (Torras, 2000; Barde & Pearce, 2020).

2.3.2.1. Valor de Uso Directo

O valor de uso directo reporta-se aos benefícios oriundos da exploração dos bens florestais comercializáveis, como madeira, carvão, fibras vegetais, frutos, plantas medicinais e outros produtos com mercado estabelecido (Pearce & Myers, 1990; Townson, 1995). A mensuração desse valor é relativamente directa, pois tais bens possuem preços definidos em mercados formais ou informais (Campos *et al.*, 2020). Em muitos países, a madeira e seus derivados continuam a constituir a principal fonte de receitas do sector florestal, sendo utilizados na indústria da construção civil, produção de papel, mobiliário e outros segmentos produtivos (Chamberlin & Jayne, 2021).

Devido à existência de mercados mais estruturados para esses produtos, o valor de uso directo é, por vezes, o único capturado pelos instrumentos contabilísticos nacionais. Assim, outras dimensões do valor florestal permanecem subvalorizadas ou até mesmo ignoradas pelas autoridades e pelos agentes

económicos (Freeman *et al.*, 2014; Martín-López *et al.*, 2022).

2.3.2.2. Valor de Uso Indirecto

O valor de uso indirecto diz respeito aos serviços ecossistémicos providenciados pelas florestas, que não são transaccionados nos mercados convencionais, mas que exercem influência decisiva na sustentabilidade ambiental e na qualidade de vida das populações (Pearce & Turner, 1990; Braat & de Groot, 2012). Entre os serviços frequentemente mencionados encontram-se:

- Regulação climática e sequestro de carbono: As florestas funcionam como importantes sumidouros de carbono, contribuindo para a mitigação das alterações climáticas (Rahman *et al.*, 2019).
- Protecção de bacias hidrográficas: A vegetação florestal reduz a erosão dos solos, favorece a infiltração de água e assegura a disponibilidade de recursos hídricos de melhor qualidade (Benítez *et al.*, 2021).
- Conservação da biodiversidade: As florestas albergam grande parte das espécies de fauna e flora do planeta, desempenhando um papel essencial no equilíbrio ecológico (Sodhi *et al.*, 2010).
- Manutenção da fertilidade do solo: Os detritos florestais e a matéria orgânica ajudam a preservar a qualidade do solo, fundamental para a agricultura e para a produtividade de ecossistemas adjacentes (Montagnini & Nair, 2018).

Por não disporem de um preço estabelecido no mercado, esses serviços costumam ser excluídos das análises económicas tradicionais, o que resulta numa alocação ineficiente dos recursos e na possível sobre exploração das florestas (Fisher *et al.*, 2015; Costanza *et al.*, 2017).

2.3.2.3. Valor de Opção

O valor de opção reflete a importância atribuída à manutenção das florestas no presente, tendo em vista a possibilidade de usos futuros ainda desconhecidos ou não totalmente desenvolvidos (Motta, 1997; Pearce & Myers, 1990). Este componente de valoração prende-se com o conceito de incerteza: há sempre a probabilidade de descobertas científicas, tecnológicas ou farmacológicas, bem como oportunidades económicas que se possam revelar cruciais no futuro (Spash & Aslaksen, 2015). Um exemplo

recorrentemente citado é o potencial inexplorado de determinadas espécies vegetais em aplicações medicinais, ou de compostos bioquímicos úteis para a indústria (Simula, 2009; Mandle *et al.*, 2020).

Numa perspectiva de gestão sustentável, o valor de opção justifica a precaução e a prudência na utilização dos recursos florestais, visto que o custo de perder definitivamente certas espécies ou serviços pode ser incomensuravelmente superior à preservação destes (Likens, 2010; Pascual *et al.*, 2021).

2.3.2.4. Valor de Existência

O valor de existência relaciona-se à satisfação ou bem-estar que as pessoas obtêm ao saber que a floresta permanece intacta, independentemente de haver ou não uso directo ou perspectiva de uso futuro (Pearce & Myers, 1990; Kalantari *et al.*, 2021). Este componente é fortemente associado a aspectos culturais, espirituais, éticos e filosóficos, reflectindo a importância simbólica e identitária que certos ecossistemas podem ter para comunidades inteiras (Trainor, 2006; Metzger *et al.*, 2017).

Quando considerado em conjunto, o valor de existência realça a relevância de garantir a integridade dos ecossistemas florestais para as próximas gerações, assegurando a transmissão de patrimónios naturais e culturais (Schwartzman & Zimmerman, 2005; Chan *et al.*, 2016).

2.4. Métodos de Valoração

Além de compreender as diferentes componentes de valor (uso directo, uso indirecto, opção e existência), a literatura destaca métodos diversos para quantificar, em termos monetários, os benefícios auferidos pelas florestas (Nogueira & Rodrigues, 2007; Figuredo & Lima, 2019). Tais métodos variam consoante o tipo de recurso ou serviço ecossistémico analisado, podendo ser agrupados em abordagens directas e indirectas.

2.4.1. Método de Avaliação por Componente (MAC)

O Método de Avaliação por Componente (MAC) centra-se na quantificação do valor da floresta com base no seu stock actual de produtos madeireiros, atribuindo a cada unidade de volume um preço de mercado (Nogueira & Rodrigues, 2007; Mansur & Segura, 2019). Embora seja prático e de fácil aplicação, este método negligencia outros usos não madeireiros e não incorpora a dinâmica de crescimento das árvores.

Consequentemente, é considerado limitado para projectar ganhos futuros ou avaliar serviços ecossistémicos mais amplos (Condon & White, 1994; Clark & Kozár, 2011).

2.4.2. Método de Avaliação pelo Valor Actual Líquido (VAL)

Também conhecido como Valor Presente Líquido (VPL), o VAL procura mensurar os fluxos de caixa gerados por uma floresta ao longo de um determinado horizonte temporal, descontando-os a uma taxa representativa do custo de oportunidade do capital (Campos *et al.*, 2019; Larese & Ranieri, 2020). Esta abordagem permite incorporar receitas de venda de madeira, carvão vegetal, frutos e quaisquer outras fontes de rendimento associadas à floresta. Além disso, possibilita a inclusão de custos de plantio, manutenção e colheita (Pearce & Turner, 1990; Carvalho *et al.*, 2021).

Não obstante, o VAL apresenta limitações no que respeita à incerteza, às flutuações de mercado e à irreversibilidade de certas decisões (Gasparri *et al.*, 2022). Para lidar com essas lacunas, análises complementares — como a sensibilidade e o ponto de equilíbrio — podem ser utilizadas para avaliar a robustez dos resultados perante mudanças em variáveis-chave, como preços, custos, taxas de desconto ou produtividades (Pascual & Muradian, 2010; Panagopoulos & Barredo, 2020).

2.4.3. Teoria das Opções Reais (TOR)

A Teoria das Opções Reais constitui uma evolução metodológica ao incorporar flexibilidade gerencial e diferentes cenários de incerteza ao longo do tempo (Trigeorgis, 1996; Dixit & Pindyck, 1994). Em vez de assumir que todas as decisões são fixadas no presente, a TOR permite reavaliar e ajustar estratégias conforme novas informações surgem ou conforme os mercados se alteram (Dias & Teixeira, 2017). Essa abordagem revela-se especialmente relevante para o sector florestal, caracterizado por horizontes temporais longos, irreversibilidade parcial do investimento e riscos associados a políticas ambientais e variações climáticas (Borodin *et al.*, 2017; Forsyth, 2020).

Diferentes estudos indicam que, ao contemplar a possibilidade de adiar, expandir ou abandonar projectos florestais, a TOR tende a apontar valores mais elevados do que o VAL tradicional, evidenciando o “prémio da flexibilidade” inerente a projectos de longa maturação (Zhang & Droz, 2019; Collan & Liu, 2021). Em muitos casos, essa flexibilidade pode justificar a manutenção de áreas florestais intactas até

que surjam condições de mercado ou tecnológicas mais propícias para a sua exploração (Manns *et al.*, 2022; Díaz-Balteiro *et al.*, 2020).

2.5. Valoração de Recursos Florestais

Simão Jaime (2021) realizou um estudo com o objectivo de caracterizar a biodiversidade florestal arbórea e avaliar o valor económico dos recursos florestais madeireiros na floresta comunitária de Chithunco e Mangaze, situada no distrito de Marromeu. A investigação centrou-se em analisar a diversidade da cobertura vegetal, calcular o valor financeiro das espécies madeireiras de interesse comercial e examinar o impacto das flutuações nos preços da madeira e na taxa de desconto sobre o valor estimado.

A metodologia adoptada envolveu uma amostragem aleatória de aglomerados, proporcional aos diferentes tipos de cobertura florestal (LF2, LF3, WG e T). Foram medidas 56 parcelas retangulares de 100x20 metros, avaliando-se todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a 20 cm. Para a regeneração arbórea, subparcelas de 20x20 metros foram utilizadas para medir árvores com DAP entre 10 e 19 cm, enquanto espécies com DAP inferior a 10 cm foram apenas contadas. A análise incluiu a avaliação da estrutura horizontal da floresta, composição florística e índices de diversidade, como os índices de Shannon-Wiener e Simpson, bem como o índice de equitabilidade de Pielou. O cálculo do valor financeiro foi realizado através do método do Valor Actual Líquido (VAL), utilizando uma taxa de desconto de 17%.

Os resultados evidenciaram que as espécies *Combretum zeyheri*, *Sclerocarya birrea*, *Millettia stuhlmannii* e uma espécie não identificada apresentaram os maiores índices de valor de importância (IVI), com valores de 15,28%, 16,46%, 22,88% e 24,46%, respectivamente. A diversidade média das formações vegetais resultou num índice de Shannon-Wiener de aproximadamente 3, indicando uma composição ecológica relativamente equilibrada. O valor financeiro total estimado da floresta foi de 50.585.605,83 USD. A análise demonstrou uma maior sensibilidade do valor económico da floresta às variações nos preços da madeira em pé do que às alterações na taxa de desconto.

Matavela (2017) realizou um estudo com o objectivo principal de valorar financeiramente a floresta nativa da província de Inhambane, contemplando tanto a madeira de valor comercial quanto os estoques de

carbono. O estudo procurou ainda quantificar os recursos florestais arbóreos e avaliar o impacto de variações nos preços da madeira e na taxa de desconto sobre o valor económico dos recursos.

A metodologia utilizada baseou-se na aplicação do modelo de Fluxo de Caixa Descontado (FCD) para determinar o valor financeiro da floresta, com cálculo do Valor Actual Líquido (VAL). A recolha de dados foi realizada por meio de amostragem sistemática, abrangendo 0,0003% da área total da província, garantindo a representatividade dos estratos florestais mais relevantes. As parcelas retangulares de 100x20 metros foram utilizadas para medir árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a 10 cm. Dados complementares, como altura total e classe de qualidade do tronco, também foram colectados. As estimativas de biomassa e carbono foram realizadas utilizando equações alométricas, adequadas ao tipo de floresta avaliada.

Os resultados revelaram que o valor financeiro total da floresta nativa foi de 442.434.956,12 USD. Desse montante, 97% foi atribuído à madeira com valor comercial, enquanto os estoques de carbono representaram os 3% restantes. A análise de sensibilidade destacou que o preço da madeira em pé exerce maior influência sobre o valor financeiro da floresta do que a taxa de desconto. Além disso, a diversidade florestal foi considerada moderada, sendo corroborada pelos índices de Shannon-Wiener e Simpson, que evidenciaram uma significativa heterogeneidade de espécies.

Felita Júlio (2016) conduziu um estudo com o objectivo de determinar o valor financeiro da floresta de Mossurize, abrangendo benefícios de uso directo, como o valor das espécies comerciais, e benefícios de uso indirecto, como o sequestro de carbono. O trabalho também visou caracterizar a estrutura horizontal da floresta e quantificar o carbono armazenado na biomassa aérea.

A metodologia adoptada incluiu a realização de um inventário florestal, onde foram analisados parâmetros como dominância, abundância, frequência e índices de diversidade, nomeadamente os índices de Shannon e Simpson. A quantificação do carbono foi baseada na equação proposta pelo IPCC (2003), enquanto o cálculo do valor financeiro utilizou o método do fluxo de caixa descontado (VAL) com uma taxa de desconto de 10%. Para determinar o valor das espécies comerciais, recorreu-se ao método de preço de mercado, considerando volumes comerciais e custos de exploração.

Os resultados demonstraram que as espécies mais dominantes na floresta de Mossurize foram *Brachystegia spiciformis*, *Julbernardia globiflora*, *Diplorhynchus condylocarpon*, *Brachystegia glaucescens* e *Millettia stuhlmannii*. O valor económico das espécies comerciais foi estimado em 23.858.973,89 USD, enquanto o valor financeiro do carbono armazenado foi calculado em 19.653.270,34 USD, resultando num valor total de 43.512.244,23 USD para a floresta. Além disso, foi determinado que a floresta acumula, em média, 17,8 toneladas de carbono por hectare.

Em 2008, foi realizado um estudo por Gege sobre a floresta sagrada de Chirindzene com o objectivo principal de estimar o valor económico total da área, considerando os benefícios de uso directo, como a exploração madeireira, os benefícios de uso indirecto, como os serviços ecossistémicos, e o valor de existência, ligado à sua importância cultural. Este estudo procurou destacar o papel económico e cultural da floresta, promovendo a sua conservação e gestão sustentável.

A metodologia envolveu um inventário florestal realizado numa área de 60 hectares, onde foram medidos parâmetros dendrométricos, incluindo o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura das árvores. Para estimar o valor dos recursos madeireiros, foi utilizado o método da função de produção, enquanto o método contingente foi aplicado para avaliar a disposição das comunidades locais em contribuir financeiramente para a conservação da floresta. A amostragem seguiu o modelo de Case (1990), sendo realizadas entrevistas a 44 famílias da aldeia de Chirindzene - sede. Os dados socioeconómicos foram analisados com técnicas de estatística descritiva, e os cálculos económicos foram baseados em fórmulas específicas para cada componente de valor.

Os resultados indicaram que o valor económico total actual da floresta foi estimado em 5.858,65 USD por hectare, com uma projeção de 76.077,38 USD por hectare para um horizonte temporal de 44 anos. Foram identificadas 58 espécies madeireiras, com destaque para a *Melanodiscus oblongus*, a mais abundante na área. O valor de existência da floresta foi calculado em 626,15 USD por hectare por ano, refletindo a elevada importância cultural e ambiental atribuída pelas comunidades locais.

3. METODOLOGIA

Esta secção detalha os procedimentos adoptados para a Valoração Financeira de Espécies Arbóreas Comerciais e Sequestro de Carbono na Floresta Comunitária de Mudzo, Província da Zambézia. O estudo abrangeu a determinação do volume das árvores (comercial e total), a estimativa da biomassa lenhosa, o cálculo do estoque de carbono e a sua valoração com base no preço do carbono no mercado voluntário, bem como a aplicação do Método do Valor Actual Líquido (VAL) para a valoração financeira das espécies arbóreas com valor comercial.

3.1. Descrição da Área de Estudo

3.1.1. Localização e Limites

A área de estudo corresponde à concessão florestal da ACODEMUZO, situada em Mudzo, abrangendo os distritos de Mocubela e Maganja da Costa, na província da Zambézia. Esta concessão está delimitada a Este pelo rio Raraga e a Oeste pelos rios Nipiode e Liodo. A Figura 2 apresenta a representação cartográfica detalhada da localização geográfica da área de concessão, bem como a sua cobertura florestal predominante.

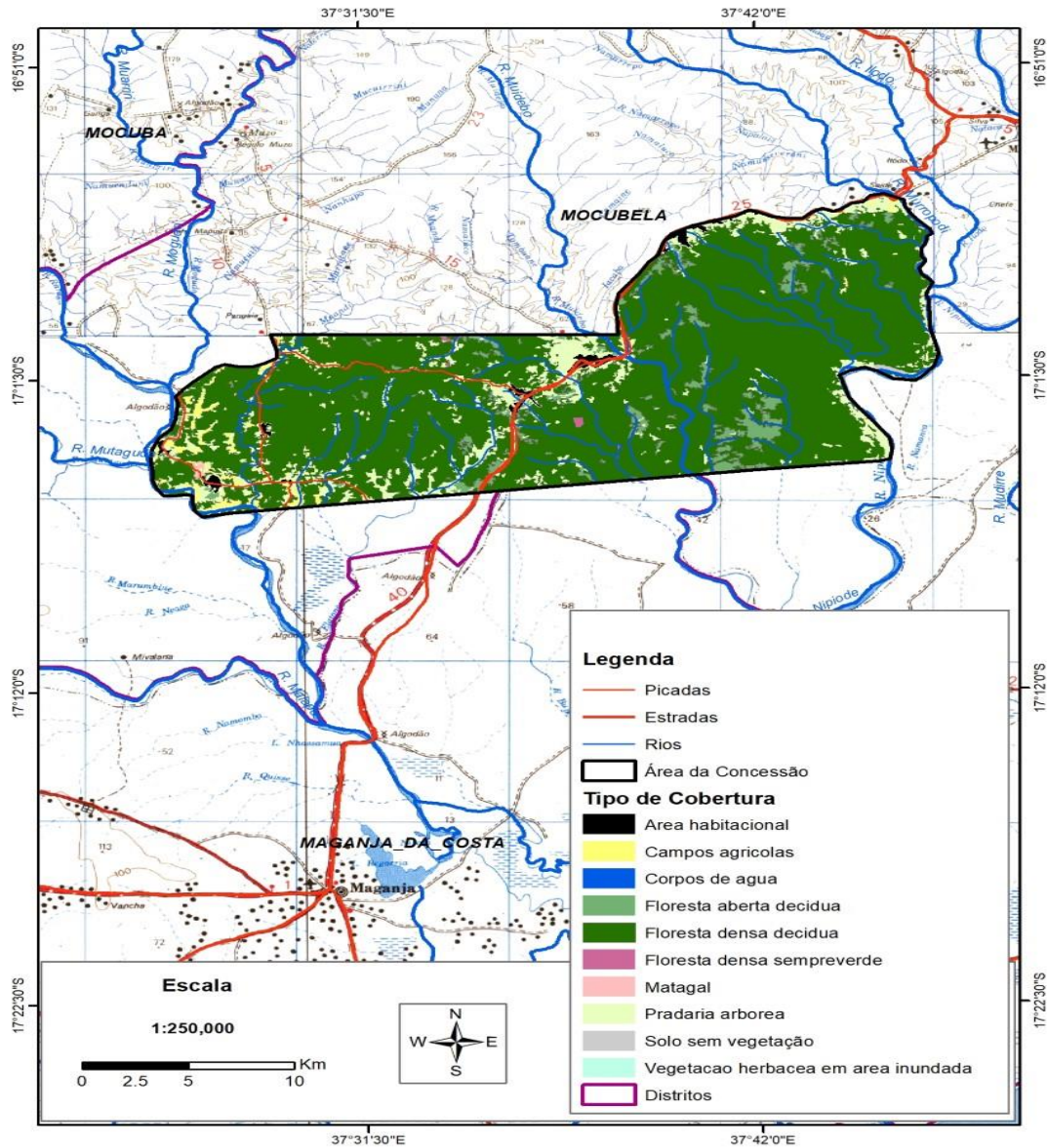


Figura 2. Mapa florestal e localização geográfica da concessão da ACODEMUZO

Fonte: Miombos Consultores (2024).

3.1.2. Condições Edafoclimáticas e Recursos Hídricos

O clima nos distritos de Mocubela e Maganja da Costa é classificado como tropical húmido, caracterizando-se pela presença de duas estações distintas: um verão chuvoso e um inverno seco. A precipitação média anual situa-se em torno dos 910 mm, concentrando-se maioritariamente entre os meses

de Novembro e Março. A evapotranspiração média anual é elevada, reflectindo uma acentuada perda de água por evaporação e transpiração das plantas. As temperaturas médias anuais rondam os 26°C, com máximas médias de 32,1°C e mínimas de 16°C (MITA, 2023).

O relevo da área de estudo é predominantemente plano, com solos franco-argilosos originados de rochas ácidas Pré-Câmbricas, considerados adequados para actividades agrícolas e de pastagem. A drenagem local é caracterizada pela presença de interflúvios e vales estreitos, os quais favorecem um escoamento natural eficiente das águas pluviais (SDAE, 2023).

3.1.3. Flora

A vegetação predominante na área de estudo é a floresta de Miombo, típica das regiões tropicais secas do sul de África e caracterizada por uma elevada diversidade florística e estrutura ecossistémica bem definida. Foram identificados os seguintes principais tipos de cobertura vegetal:

- Floresta densa decídua (Miombo);
- Pradaria arbórea e arbustiva;
- Floresta aberta decídua;
- Floresta densa sempre-verde;
- Matagal;
- Vegetação herbácea em zonas sujeitas a inundações periódicas.

Estes diferentes tipos de cobertura vegetal contribuem para a complexidade estrutural e funcionalidade ecológica da Floresta Comunitária de Mudzo, constituindo habitats diversificados e sustentando importantes serviços ecossistémicos.

3.2. Trabalho de Campo

Utilizaram-se dados secundários provenientes de levantamentos realizados pela empresa Miombo Consultores, Lda. A metodologia baseou-se numa amostragem estratificada aleatória por aglomerados proporcionais aos tipos florestais existentes, garantindo representatividade estatística.

3.2.1. Número e Forma das Amostras

O número mínimo de aglomerados foi calculado com base em inventários realizados em áreas adjacentes, como a Reserva Florestal de Derre, com o objectivo de assegurar um erro amostral inferior a 20 %. O delineamento foi composto por 38 aglomerados, totalizando 152 parcelas rectangulares de 100 m × 20 m, o que corresponde a uma intensidade amostral de 0,1 % (ou seja, 37,90 hectares amostrados).

3.2.2. Dados Colectados

Nas parcelas principais foram mensuradas todas as árvores com DAP ≥ 20 cm. A regeneração natural (DAP entre 10 e 19,9 cm e DAP <10 cm) foi avaliada em subparcelas de 20 m × 20 m. Para cada indivíduo registaram-se DAP, altura comercial, altura total e qualidade do fuste.

3.3. Tratamento e Análise dos Dados

3.3.1. Caracterizar a cobertura vegetal da floresta comunitária de Mudzo

Com base nos dados obtidos no trabalho de campo, foram determinados diversos parâmetros fitossociológicos com o objectivo de caracterizar a estrutura e composição florística da floresta inventariada. Os parâmetros analisados incluem densidade/abundância, dominância, frequência, índice de valor de importância (IVI), bem como índices de diversidade e equitabilidade.

3.3.1.1. Densidade/Abundância

Segundo Silva *et al.*, (2022), a abundância permite avaliar a representação de cada espécie dentro de uma comunidade vegetal numa dada área geográfica, podendo ser expressa em termos absolutos ou relativos. A abundância absoluta corresponde ao número médio de indivíduos de determinada espécie por unidade de área (hectare), sendo calculada de acordo com a Equação 4. Já a abundância relativa expressa a proporção que cada espécie representa em relação ao total de indivíduos amostrados, e é apresentada em percentagem, assumindo que o total de árvores equivale a 100%.

Abundância Absoluta:
$$Abi_{abs} = \frac{n}{ha} \quad (4)$$

Abundância Relativa:
$$Abi_{rel} = \frac{n/ha}{N/ha} \times 100\% \quad (5)$$

Onde:

- Abi_{abs} – Abundância absoluta
- Abi_{rel} – Abundância relativa
- ni/ha – número de indivíduos da espécie i por unidade de área
- N/ha – número total de indivíduos de todas espécies por unidade de área

3.3.1.2. Dominância

De acordo com Rodrigues *et al.*, (2022), a dominância representa a proporção de ocupação do espaço físico por indivíduos de uma determinada espécie numa comunidade vegetal. Em ecossistemas florestais, esse parâmetro é geralmente avaliado com base na área basal, a qual expressa, em metros quadrados por hectare, a área ocupada pelos troncos das árvores ao nível do diâmetro à altura do peito (DAP).

A área basal individual (g_i) pode ser estimada a partir do diâmetro ou do perímetro da árvore. A dominância pode ser expressa em termos absolutos (soma da área basal da espécie por hectare) ou em termos relativos (proporção da área basal de uma espécie em relação ao total amostrado).

Segundo os mesmos autores, a dominância absoluta resulta da soma da área basal dos indivíduos pertencentes a uma determinada espécie (Equação 6), enquanto a dominância relativa corresponde à razão entre a área basal total de uma espécie e a área basal total de todas as espécies registadas (Equação 7).

$$\text{Dominância Absoluta: } Domi_{abs} = \frac{g_i}{ha} \quad (6)$$

$$\text{Dominância Relativa: } Domi_{rel} = \frac{\frac{g_i}{ha}}{\frac{G}{ha}} \times 100\% \quad (7)$$

Onde:

- Dom_{abs} - Dominância Absoluta
- Dom_{rel} - Dominância Relativa
- g_i - área basal da espécie i $\left[g_i = \frac{\pi \times DAP^2}{4} \right]$ e $\pi = 3.14159$;

- g/ha – área basal da espécie i por unidade de área;
- DAP - diâmetro a altura do peito (1,30 m);
- G/ha - área basal de todas espécies por unidade de área.

3.3.1.3. Frequência

A frequência representa a ocorrência ou ausência de uma determinada espécie nas unidades de amostragem, constituindo um indicador importante da sua distribuição espacial na área de estudo. Este parâmetro pode ser expresso em termos absolutos ou relativos.

Segundo Martins e Silva (2023), a frequência absoluta é definida como a razão entre o número de parcelas em que uma espécie está presente e o número total de parcelas amostradas, sendo calculada pela Equação 8.

Por sua vez, a frequência relativa resulta da divisão da frequência absoluta de uma espécie pela soma das frequências absolutas de todas as espécies registradas, expressando-se em percentagem (Equação 9).

Frequência Absoluta:
$$Freq_{abs} = \frac{n_i}{N} \quad (8)$$

Frequência Relativa:
$$Freq_{rel} = \frac{freq.abs.}{\sum freq.abs.} \times 100\% \quad (9)$$

Onde:

- $Freq_{abs}$ - Frequência absoluta da espécie i;
- $Freq_{rel}$ - Frequência relativa da espécie i;
- n_i - número de parcelas com ocorrência da espécie i;
- N - número total de parcelas amostradas.

3.3.1.4. Índice de Valor de Importância (IVI)

Segundo Santos *et al.*, (2023), o Índice de Valor de Importância (IVI) traduz os chamados “pesos ecológicos” das espécies dentro de um determinado tipo florestal, sendo uma métrica amplamente utilizada para avaliar a importância relativa de cada espécie na composição e estrutura da comunidade

vegetal.

Este índice é calculado com base no somatório de três parâmetros fundamentais: a frequência relativa, a abundância (ou densidade) relativa e a dominância relativa de cada espécie, conferindo-lhe assim uma representação abrangente do seu papel ecológico.

A seguinte equação foi utilizada para o cálculo do IVI neste estudo:

$$IVI\% = Abi_{rel} + Domi_{rel} + Freq_{rel} \quad (10)$$

Onde:

- Abi_{rel} - Abundancia relativa;
- $Domi_{rel}$ - Dominância relativa;
- $Freq_{rel}$ - Frequência relativa da espécie i.

3.3.1.5. Diversidade de Espécies e Equitabilidade

A diversidade de espécies constitui um indicador fundamental do grau de complexidade e estabilidade ecológica de uma comunidade vegetal. Essa diversidade pode ser representada e quantificada através de diferentes métricas, sendo as mais utilizadas os índices de diversidade, que integram simultaneamente a riqueza de espécies e a abundância relativa de cada uma.

No presente estudo, para avaliar a diversidade da Floresta Comunitária de Mudzo, foram aplicados os índices de Simpson (Equação 11) e de Shannon-Wiener (Equação 12).

Segundo Mendes *et al.*, (2022), o Índice de Simpson (D) é um índice de dominância, que reflecte a probabilidade de dois indivíduos, seleccionados aleatoriamente numa comunidade, pertencerem à mesma espécie. Valores mais próximos de 1 indicam maior diversidade.

Por sua vez, conforme descrito por Rodrigues *et al.*, (2023), o Índice de Shannon-Wiener (H') expressa o grau de incerteza associado à previsão da identidade de uma espécie, escolhida aleatoriamente num determinado ecossistema. Quanto maior o valor de H', maior a diversidade e complexidade da

comunidade.

Índice de Simpson:
$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^s ni \times (ni-1)}{N \times (N-1)} \quad (11)$$

Índice de Shannon – Wiener:
$$H' = - \sum_{i=1}^s pi \times \ln(pi) \quad (12)$$

Crítérios de interpretação:

Segundo Chaves *et al.*, (2013) e Lamprecht (1990), uma comunidade é considerada diversa se:

- $D > 0,5$ (Simpson);
- $H' > 3$ (Shannon-Wiener).

Além destes, foi calculado o Índice de Equitabilidade de Pielou (J'), que mede o grau de uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies. Este índice é derivado do valor de Shannon-Wiener e varia entre 0 e 1, sendo que valores próximos de 1 indicam distribuição equitativa das espécies na comunidade.

Índice de Equitabilidade:

$$J' = \frac{H}{H_{max}} \quad \text{Sendo } H_{max} = \ln(s) \quad (13)$$

Onde:

- D – Índice de Simpson;
- H' - Índice de Shannon – Wiener;
- Pi - proporção do número total de indivíduos a que pertence a espécie i ($pi = ni/N$)
- N - número de indivíduos da espécie i .

3.3.2. Classificação das Espécies Comerciais

As espécies arbóreas identificadas foram classificadas, segundo o Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia (Decreto No 12/2002), incluindo suas rectificações por Diplomas Ministeriais em quatro categorias de valor económico: Preciosa, 1.^a, 2.^a e 3.^a classe. Essa classificação permitiu estimar o volume

explorável e o valor económico das espécies de interesse comercial.

3.3.3. Determinação do Ciclo de Corte

O ciclo de corte corresponde ao intervalo de tempo, em anos, entre duas intervenções de exploração na mesma área florestal. Para este estudo foi calculado a partir da relação entre o volume comercial total em pé e o volume admissível anual para corte.

$$\text{Ciclo} = \frac{V_t}{V_a} \quad (14)$$

Onde:

- V_t é o volume comercial total em pé, obtido a partir do inventário florestal (m^3);
- V_a é o volume admissível para corte anual (m^3/ano).

3.3.4. Cálculo do Corte Anual Admissível

O corte anual admissível (CAA) designa o volume anual de madeira ou biomassa que pode ser extraído sem comprometer a capacidade de renovação da floresta. Para este estudo, recorreu-se ao método de cálculo utilizado na Indonésia, descrito pela FAO (1998), devido à ausência de dados sobre o crescimento florestal. Este método é frequentemente aplicado em situações onde se introduz o manejo florestal pela primeira vez.

A fórmula de cálculo do Corte Anual Admissível (CAA) baseia-se na área florestal produtiva correspondente a cada tipo de formação florestal — nomeadamente, floresta densa decídua incluindo Miombo, pradaria arbórea incluindo arbustos, floresta aberta decídua incluindo Miombo e floresta densa sempre-verde. Para cada uma destas categorias, o CAA é determinado com base no volume médio em pé (m^3/ha) e no ciclo de corte estipulado, de acordo com a seguinte expressão matemática:

$$\text{CAA} = \sum \frac{SP_t * V_t * ft}{n} \quad (15)$$

Onde:

- CAA = Corte Anual Admissível (m³/ano);
- SPt = Área florestal produtiva (ha) em cada tipo florestal no total da área;
- Vt = Volume comercial em pé por espécie e por tipo florestal (m³/ha);
- n = Ciclo de corte (em anos);
- ft = Factor de segurança (0,7), que indica a percentagem de árvores que devem permanecer em pé para garantir a regeneração natural.

3.3.5. Determinação do Volume, Biomassa e Estoque de Carbono

Determinação do Volume

Os volumes totais e comerciais das árvores foram estimados com base nas variáveis recolhidas em campo, nomeadamente o Diâmetro à Altura do Peito (DAP), e a altura dos indivíduos arbóreos amostrados. Para o cálculo destes volumes, recorreram-se às Equações (16) e (17), que integram as variáveis dendrométricas fundamentais em conjunto com factores de forma propostos por Marzoli (2007). Tais factores permitem ajustar a geometria do fuste à realidade estrutural das tipologias florestais locais, assegurando maior precisão na conversão do DAP e da altura em volume.

No que respeita ao volume total, foi adoptado um factor de forma de 0,65, em conformidade com as melhores práticas regionais para florestas tropicais secas do centro de Moçambique. Para a estimativa do volume comercial, foi utilizado um factor de 0,8, calibrado em função da estrutura dendrométrica observada e do potencial de aproveitamento da floresta de Miombo predominante na área de estudo, reflectindo de forma mais fidedigna a proporção de madeira tecnicamente aproveitável.

Volume Comercial: $V_{ci} = g_i * h_{ci} * ff$ (16)

Volume Total: $V_{ti} = g_i * h_{ti} * ff$ (17)

Onde:

- h_i – altura da árvore (metros);
- g_i – área basal da espécie i;
- V_{ti} – volume total da espécie i;

- V_{ci} - volume comercial da espécie i ;
- ff - factor de forma;

Com base nos volumes total e comercial das árvores individuais registados na área amostrada, procedeu-se à estimativa dos volumes totais e comerciais expandidos para a totalidade da área de estudo. Esta extrapolação foi realizada através da multiplicação dos valores médios obtidos pela dimensão da área de floresta produtiva.

Estimativa da Biomassa Lenhosa e do Estoque de Carbono da Floresta Comunitária

A estimativa da biomassa aérea e do estoque de carbono na floresta comunitária de Mudzo foi realizada com base em dados obtidos no inventário florestal realizado na área de concessão, considerando-se exclusivamente o volume das espécies não comerciais. O objectivo desta estimativa foi quantificar, de forma conservadora e científica, o potencial de biomassa e de sequestro de carbono das espécies arbóreas que, embora não possuam valor comercial directo, representam parte significativa da estrutura ecológica e da função ambiental da floresta.

Pressupostos metodológicos

Para a execução dos cálculos, foram adotados os seguintes pressupostos:

- A área total produtiva da floresta comunitária é de 37.895,12 hectares;
- A intensidade amostral do inventário florestal foi de 0,1% da área total;
- O volume total e o volume comercial foram extraídos directamente dos cálculos realizados para este estudo;
- O volume para as espécies não comerciais foram estimadas por diferença entre o volume total e o volume comercial;
- Foi adotado um valor médio conservador de densidade da madeira seca ao ar (D_{12}) de 0,71 ton/m³, com base em valores típicos de espécies secundárias e não comerciais das florestas tropicais secas (Miombo);
- O factor de expansão da biomassa (BEF) foi fixado em 1,74, conforme recomendação de Brown (1977) citado por Siteo *et al.*, (2007).

- A conversão de biomassa para carbono considerou o fator de 0,5, assumindo que, em média, 50% da biomassa seca é composta por carbono, conforme Fukuda *et al.*, (2003).

A estimativa da biomassa a nível da floresta foi determinado com base na conversão dos volumes totais das espécies da floresta, subtraindo o volume total comercial (Equação 18), multiplicados pela densidade média das espécies mais comuns da região e pelo factor de expansão de biomassa (Equação 19).

Volume Total da Espécie i (m^3): $V = V_t - V_c$ (18)

Biomassa (ton/ha): $BA_i = V * WDe * BFE$ (19)

Onde:

- V – Volume (m^3);
- BA – Biomassa (ton);
- D_{12} – Densidade da madeira seca ao ar ou a 12% de humidade;
- WDe – Densidade da madeira (ton/m^3);
- BEF – Factor de expansão de biomassa (sem unidades).

A densidade da madeira foi calculada conforme:

$$WDe = 0,0134 + D_{12} * 0,8 \quad (20)$$

Estimativa do Estoque de Carbono

O estoque de carbono armazenado na biomassa das árvores foi estimado através da multiplicação das estimativas de biomassa pelo factor de conversão CF, considerando que a biomassa seca contém aproximadamente uma percentagem definida de carbono (0,5) (Fukuda *et al.*, 2003).

Estoque de Carbono (ton):

$$C = BA \times CF \quad (21)$$

Onde:

- C – Carbono total (toneladas);
- BA – Biomassa acima do solo arbórea (ton/ha);
- CF – Factor de conversão de biomassa para carbono (0,5).

3.3.6. Valoração Financeira

Determinação do Valor Financeiro

O processo de valoração financeira envolveu, inicialmente, a quantificação dos benefícios líquidos referentes às espécies de valor comercial (BL_directo) e ao sequestro de carbono (BL_indirecto). Definiu-se, portanto, que:

- $BL_directo = BL_espécies_comerciais$
- $BL_indirecto = BL_sequestro_de_carbono$
- $V_floresta = BL_espécies_comerciais + BL_sequestro_de_carbono$

Em seguida, elaborou-se a tabela do fluxo de caixa, instrumento essencial para a organização das entradas (receitas) e saídas (custos) associadas à exploração das espécies arbóreas de interesse comercial ao longo do horizonte temporal definido. A partir deste, aplicou-se o método do Valor Actual Líquido (VAL), com o objectivo de estimar o valor monetário actualizado das receitas e dos custos. Conforme salientam Silva e Costa (2022), esta metodologia é particularmente adequada em contextos onde existem preços de mercado claramente estabelecidos, permitindo uma avaliação mais consistente e realista da rentabilidade económica da exploração florestal.

Considerando que o período mínimo de rotação para florestas nativas corresponde a uma dinâmica de longo prazo — estimada em pelo menos 20 anos para este tipo de ecossistema (FAO, 2018; Chidumayo & Gumbo, 2010) —, definiu-se este horizonte temporal para a análise. A taxa de desconto adoptada foi de 12%, em conformidade com o valor de referência utilizado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável (FNDS) no âmbito do Projecto MozFIP (Mozambique Forest Investment Project), reflectindo as condições reais de mercado para investimentos de risco moderado em contextos rurais.

Com base nestes parâmetros, procedeu-se ao cálculo do valor financeiro das espécies arbóreas comerciais, bem como do sequestro de carbono associado à floresta. Este último foi integrado na análise através da

valorização da biomassa convertida em carbono equivalente, permitindo captar de forma mais abrangente os benefícios económicos e ambientais do ecossistema, conforme descrito na Equação (22).

$$VAL_{\text{Floresta}} = VAL_C + VAL_M \quad (22)$$

Onde:

- VAL Floresta: Valor Financeiro de Espécies Arbóreas Comerciais e Sequestro de Carbono na Floresta;
- VAL C: Valor financeiro do carbono;
- VAL M: Valor financeiro das espécies comerciais.

Espécies de Valor Comercial

Para a estimativa do valor económico das espécies comerciais, procedeu-se ao levantamento dos preços de mercado, classificando-se cada espécie segundo a sua categoria de valor (Preciosa, 1.^a, 2.^a ou 3.^a classes), conforme definido no Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia (Decreto n.º 12/2002), incluindo as respectivas rectificações constantes em Diplomas Ministeriais. Posteriormente, foram estimados os custos anuais de exploração, englobando as actividades de abate, desrame, beneficiamento e transporte. Com base no volume potencial de corte e nos preços de venda, projectaram-se as receitas esperadas, permitindo assim aferir o potencial económico da exploração florestal.

Levantamento dos Preços de Comercialização da Madeira

Para a valoração económica das espécies arbóreas de interesse comercial presentes na floresta comunitária em estudo, procedeu-se ao levantamento dos preços de mercado, abrangendo tanto toros de madeira como madeira serrada. Os dados foram recolhidos através de contactos telefónicos com seis empresas madeireiras sediadas na província da Zambézia, uma das regiões com maior actividade no sector.

Durante a recolha, observou-se que os preços de madeira são frequentemente apresentados sob a forma de intervalos (USD/m³), o que reflecte a variabilidade típica do sector, influenciada por factores como qualidade da madeira, acessibilidade, localização de venda e dinâmica de procura e oferta.

Dada esta variabilidade dos preços, optou-se por aplicar uma análise de cenários na avaliação do Valor Actual Líquido (VAL):

- Cenário realista: média aritmética dos preços recolhidos;
- Cenário pessimista: limites inferiores dos intervalos;
- Cenário optimista: limites superiores dos intervalos.

Esta abordagem permitiu incorporar a incerteza de mercado na análise financeira e conferir maior robustez e sensibilidade económica aos resultados. Os preços por espécie e por tipo de produto encontram-se sistematizados no Anexo 5, disponível nos Anexos.

3.3.6.4. Determinação dos Custos

Na análise financeira, foram incluídos os custos referentes às operações de abate, ao beneficiamento e ao transporte até ao estaleiro ou mercado. Os custos unitários foram posteriormente convertidos em custos anuais por meio da Equação (23).

$$C_a = C_u * V \quad (23)$$

Onde:

- C_a : Custo anual (USD/ano);
- C_u : Custo unitário (USD/m³);
- V : Volume da madeira (corte anual admissível).

3.3.6.5. Determinação das Receitas

As receitas anuais derivaram sobretudo da venda de madeira serrada das espécies comerciais. O valor total da venda foi determinado pela Equação (24), tendo em conta o preço por unidade de volume (USD/m³) e o volume de corte anual admissível de cada espécie.

$$R_t = \sum_{s=1}^n P_s * V_s \quad (24)$$

Onde:

- R_t : Receita total (USD/ano);
- P_s : Preço da madeira da espécie (USD/m³);
- V_s : Volume de corte anual da espécie (m³);
- n : Número de espécies.

3.3.7. Determinação do Valor Financeiro das Espécies Comerciais

O valor financeiro das espécies comerciais foi determinado através da seguinte expressão:

$$VAL = - C_{iv} + \sum_{i=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} - \sum_{i=1}^n \frac{A}{(1+i)^t} \quad (25)$$

Em que:

- C_{iv} : Custo de investimentos;
- C_t : Receita no ano t (USD);
- n : Duração total da concessão (20 anos);
- i : Taxa real de desconto (12%);
- A : Custos no ano t (USD).

3.3.8. Carbono

Para a valoração do carbono, empregou-se o método de preços de mercado, multiplicando-se a quantidade total de carbono estimada (C) pelo preço médio vigente (P) no mercado voluntário, conforme a Equação (26):

$$V_C = C \times P \quad (26)$$

Onde:

- C : Quantidade total de carbono estimado na Floresta Comunitária de Mudzo (t);
- P : Preço médio vigente no mercado voluntário (USD/t C).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da Cobertura Florestal

A área total da concessão florestal comunitária de Mudzo é de 41.420,66 hectares, dos quais 37.895,12 hectares correspondem à floresta produtiva. A cobertura vegetal da área foi classificada em diferentes tipos, conforme indicado na Tabela 2. A maior parte da área é composta por floresta densa decídua (incluindo Miombo), que representa 76,77% da área total. Outras coberturas incluem pradarias arbóreas, corpos de água, floresta aberta decídua, matagal e vegetação herbácea em áreas inundadas.

Tabela 2. Uso e Cobertura da floresta comunitária de Mudzo nos distritos de Maganja da Costa e Mocubela.

Tipo de Cobertura	Área (ha)	Porcentagem (%)
Floresta densa decídua (incluindo Miombo)	31.796,75	76,77
Pradaria arbórea (incluindo Arbustos)	4.204,95	10,15
Corpos de água	2.132,75	5,15
Floresta aberta decídua (incluindo Miombo)	1.893,42	4,57
Campos agrícolas	767,69	1,85
Área habitacional	498,94	1,20
Floresta densa sempre verde	48,84	0,12
Solo sem vegetação	37,41	0,09
Matagal	35,89	0,09
Vegetação herbácea em área inundada	4,01	0,01
Grand Total	41.420,66	100

Fonte: Inventário Florestal da Floresta Comunitária de Mudzo, Miombo Consultores (2024).

4.1.1. Composição Florística das diferentes Formações Florestais da área em Estudo

Globalmente foram encontradas cerca de 93 espécies arbóreas, das quais 89 foram identificadas pelo nome científico. As espécies mais frequentes, em ordem decrescente, são: *Brachystegia spiciformis*, *Brachystegia boehmii*, *Julbernadia globiflora*, *Diplorhynchus condylocarpon*, *Millettia stuhlmannii*,

Burkea africana, *Dalbergia melanoxylon*, *Pterocarpus angolensis*, *Sclerocarya birrea* e *Terminalia sericea*. As florestas produtivas apresentaram maior riqueza florística, com o maior número de espécies; as outras formações lenhosas e as áreas de uso não florestal apresentaram diversidade relativamente menor, com espécies dominantes adaptadas às suas condições ecológicas.

Na Tabela 3, estão indicados os índices de diversidade (Índice de Shannon-Wiener, de Simpson e coeficiente de equitabilidade) calculados para a floresta comunitária de Mudzo. Esses valores refletem a riqueza florística da área, onde o Índice de Shannon-Wiener foi de 3,53, evidenciando uma diversidade considerada moderadamente elevada. O Índice de Simpson (0,04) indica baixa dominância de poucas espécies, enquanto o coeficiente de equitabilidade de Pielou (0,77) aponta para uma distribuição relativamente uniforme das espécies em termos de abundância.

Tabela 3. Índices de diversidade florística da floresta Comunitaria de Mudzo

Índice	Floresta Produtiva
Índice de Shannon-Wiener (H')	3,53
Índice de Simpson (D)	0,04
Coeficiente de Equitabilidade (J')	0,77

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados obtidos indicam que a diversidade florística da Floresta Comunitária de Mudzo é ecologicamente significativa, situando-se dentro da média esperada para florestas de miombo em Moçambique. Contudo, o índice de Shannon-Wiener registado é ligeiramente inferior ao observado em outros estudos nacionais. Hofiço & Fleig (2015), ao analisarem a floresta de miombo de Mocuba, na província da Zambézia, encontraram valores entre $H' = 3,03$ e $3,64$, reflectindo uma diversidade elevada. De igual modo, Montfort *et al.*, (2021) reportaram índices próximos de $H' = 3,44$ em áreas de miombo em regeneração no distrito de Nhamatanda, província de Sofala, evidenciando a recuperação da diversidade após práticas de agricultura itinerante.

Ainda assim, a floresta de Mudzo apresenta diversidade superior à registada em ecossistemas altamente degradados, como os miombos explorados em Marromeu (província de Sofala), onde Makwinja (2025)

verificou valores de Shannon-Wiener reduzidos, entre $H' \approx 1,5$ e $2,0$, em locais sujeitos as exploração intensiva. Estes resultados reforçam o potencial da floresta de Mudzo para estratégias de conservação e uso sustentável, destacando a sua relevância no contexto nacional.

4.1.2. Estrutura Horizontal da Floresta

A análise da estrutura horizontal da floresta comunitária de Mudzo foi realizada com base em 38 aglomerados amostrais, cada um composto por quatro parcelas retangulares, totalizando 152 parcelas. No total, foram contabilizadas 2734 árvores com Diâmetro à Altura do Peito (DAP) igual ou superior a 20 cm, o que corresponde a uma densidade média de aproximadamente 123 árvores por hectare, sob uma intensidade de amostragem de 0,1%.

Para esta avaliação, foram determinados os principais parâmetros fitossociológicos: abundância, dominância, frequência e o Índice de Valor de Importância (IVI). Esses indicadores permitem descrever a composição e distribuição das espécies, bem como identificar aquelas com maior influência na estrutura ecológica da floresta.

A Tabela 4, apresenta os valores de abundância (número de árvores por hectare) e dominância (área basal média em m^2/ha) para cada grupo de formação vegetal identificado na área de concessão florestal da ACODEMUZO. Entre os tipos de vegetação avaliados, a pradaria arbórea registra a maior densidade com 265,9 árvores/ha, seguida pela floresta densa decídua (FDD) com 87,4 árvores/ha e, por último, a floresta aberta decídua (FAD) com 15,3 árvores/ha.

Em relação à dominância, os maiores valores de área basal observam-se na pradaria arbórea ($0,0303 m^2/ha$) e na floresta aberta decídua ($0,0286 m^2/ha$), enquanto a floresta densa decídua apresenta o menor valor ($0,0087 m^2/ha$). Estes resultados sugerem que, apesar de algumas formações apresentarem menor densidade arbórea, o porte das árvores é superior, refletindo diferenças estruturais entre os ecossistemas.

A média geral encontrada nas três formações é de aproximadamente 123,2 árvores/ha e $0,0225 m^2/ha$ de área basal, valores que se revelam significativamente inferiores aos reportados por Matavele (2017), que identificou 130,4 árvores/ha e $3,4 m^2/ha$ de área basal, e por Marzoli (2007), cujos dados indicavam, 230 árvores/ha e $6,1 m^2/ha$, respectivamente. Esta discrepância poderá estar associada a factores como a

composição florística local, estado de regeneração da floresta, pressões antrópicas diferenciadas, bem como variações metodológicas entre os inventários analisados.

Tabela 4. Abundância e Dominância Absoluta por tipo de formação florestal

Tipo Florestal	N.º Árvores/ha	Área Basal (m²/ha)
Floresta Densa Decídua (FDD)	87,4	0,0087
Floresta Aberta Decídua (FAD)	15,3	0,0286
Pradaria Arbórea	265,9	0,0303

Fonte: Elaborado pelo Autor

As espécies que apresentaram os maiores valores de frequência, abundância e dominância foram:

- *Brachystegia spiciformis*
- *Julbernardia globiflora*
- *Diplorhynchus condylocarpon*
- *Brachystegia glaucescens*
- *Millettia stuhlmannii*

Estas espécies são características do ecossistema Miombo, comum na região centro-norte de Moçambique e amplamente dominado por leguminosas dos géneros *Brachystegia*, *Julbernardia* e *Isoberlinia*. Este padrão confirma a tipicidade da floresta local e a sua classificação como floresta de Miombo.

Os valores de IVI observados para as espécies dominantes foram: *Brachystegia spiciformis*: 54%; *Julbernardia globiflora*: 33%; *Diplorhynchus condylocarpon*: 23%; *Millettia stuhlmannii*: 17%.

A elevada representatividade de *Brachystegia spiciformis*, *Brachystegia boehmii* e *Julbernardia globiflora* na composição florística da floresta de Mudzo evidencia um padrão de dominância típico, também reportado em outros estudos realizados em Moçambique. Maquia *et al.*, (2013), em florestas de miombo sob plano de manejo na província de Sofala, identificaram estas espécies como dominantes na estrutura arbórea. De igual modo, Siteo *et al.*, (2012), ao estudar florestas comunitárias em Mecuburi

(Nampula) e Muanza (Sofala), verificaram a mesma tendência de dominância de *Brachystegia* e *Julbernardia*.

Em contraste, várias espécies apresentaram valores muito reduzidos de IVI, algumas com ocorrência restrita a um único indivíduo nas parcelas amostradas. Este facto indica baixa representatividade ecológica local, sugerindo vulnerabilidade e reforçando a necessidade de medidas específicas de conservação e manejo sustentável.

Este padrão estrutural — caracterizado por forte dominância de poucas espécies e baixa frequência de outras — é típico das florestas tropicais secas de miombo. Estudos regionais, como os de Frost (1996) e Dewees *et al.*, (2011), também documentaram esta configuração na Tanzânia, Malawi e Zâmbia, reforçando a importância de práticas de manejo que favoreçam a regeneração natural e promovam maior diversidade estrutural ao longo do tempo.

4.2. Espécies de Valor Comercial

Na floresta comunitária de Mudzo foram identificadas 13 espécies de valor comercial, entre elas espécies classificadas como preciosas, de 1ª classe, 2ª classe e 3ª classe, de acordo com o Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia (Decreto No 12/2002). Das espécies encontradas, o maior número correspondeu às de 2ª classe, com 5 espécies, seguidas pelas de 3ª classe, com 3 espécies, pelas de 1ª classe, com 3 espécies, e, por último, pelas espécies consideradas preciosas, com 2 espécies, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Espécies de valor comercial identificadas na floresta comunitária de Mudzo por classe comercial

Nome Científico	Nome Comercial	Classe Comercial
<i>Diospyros mespiliformis</i>	Ébano-africano	Preciosa
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	Pau-preto	Preciosa
<i>Pterocarpus angolensis</i>	Umbila	1ª Classe
<i>Millettia stuhlmannii</i>	Panga-panga	1ª Classe
<i>Azelia quanzensis</i>	Chanfuta	1ª Classe

<i>Burkea Africana</i>	Burkea	2ª Classe
<i>Brachystegia boehmii</i>	Msasa	2ª Classe
<i>Julbernardia globiflora</i>	Mnondo	2ª Classe
<i>Brachystegia spiciformis</i>	Msasa	2ª Classe
<i>Sclerocarya birrea</i>	Marula	2ª Classe
<i>Terminalia sericea</i>	Terminalia-prateada	3ª Classe
<i>Piliostigma thonningii</i>	Camel's Foot	3ª Classe
<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	Mgwiti	3ª Classe

Fonte: Elaborado pelo autor com base Inventário Florestal da Floresta de Mudzo, 2024.

A floresta comunitária de Mudzo apresenta um Corte Anual Admissível (CAA) de 10.691,60 m³/ano, conforme demonstrado na Tabela 6. Este valor representa a quantidade máxima de madeira que pode ser extraída anualmente de forma sustentável, com base num ciclo de corte de 20 anos e critérios técnicos definidos no plano de manejo.

Quando comparado a outras regiões do país, o valor de Mudzo revela-se competitivo. O estudo da Felita Júlio (2016), realizado na floresta de Mossurize, identificou um CAA de 11.045,01 m³/ano, enquanto Nhamirre (2006), em uma área florestal degradada no centro de Moçambique, obteve um valor ainda mais elevado, de 14.912,18 m³/ano. As diferenças observadas podem ser atribuídas à composição florística, à estrutura diamétrica das espécies e ao nível de pressão antrópica nas diferentes áreas analisadas.

Na floresta de Mudzo, o CAA é sustentado principalmente por três espécies de segunda classe comercial: *Brachystegia spiciformis* (5.021,46 m³/ano), *Brachystegia boehmii* (2.793,19 m³/ano) e *Julbernardia globiflora* (1.092,10 m³/ano), que, juntas, representam mais de 85% do volume admissível.

Tabela 6. Corte Anual Admissível (CAA) das principais espécies comerciais da floresta comunitária de Mudzo

Espécie	Volume Medido (m ³)	Volume Unitário (m ³ /ha)	CAA (m ³ /ano)
---------	---------------------------------	--------------------------------------	---------------------------

<i>Dalbergia melanoxylon</i>	3.450,02	0,09	120,75
<i>Pterocarpus angolensis</i>	11.213,07	0,3	392,46
<i>Millettia stuhlmannii</i>	7.504,56	0,2	262,66
<i>Burkea Africana</i>	8.830,13	0,22	291,55
<i>Brachystegia boehmii</i>	79.805,56	2,11	2.793,19
<i>Julbernardia globiflora</i>	31.202,83	0,82	1.092,1
<i>Brachystegia spiciformis</i>	148.613,15	3,92	5.021,46
<i>Sclerocarya birrea</i>	906,08	0,02	31,71
<i>Piliostigma thonningii</i>	385	0,01	13,47
<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	7.446,82	0,2	260,64
Total			10 691,6

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3. Carbono sequestrado na floresta Comunitária de Mudzo na Província de Zambézia

4.3.1. Estimativas da biomassa e dos estoques de carbono

Na área de estudo, a quantidade de carbono armazenado pelas espécies não comerciais foi estimada em 7,40 toneladas para a área inventariada, o que corresponde, para a área total da floresta produtiva (37.895,12 hectares), a uma quantidade total de 280.441,39 toneladas de carbono. Esta estimativa baseia-se no volume residual de árvores sem valor comercial directo, mas que ainda representam uma fracção significativa da vegetação arbórea da floresta.

Do ponto de vista da biomassa, a floresta apresentou uma média de 14,80 toneladas de biomassa aérea para área inventariada, resultando num total de 560.882,78 toneladas de biomassa nas espécies não comerciais. Estes resultados confirmam o potencial ecológico da vegetação secundária na fixação de carbono e na manutenção da estrutura florestal, mesmo não sendo explorada comercialmente. (Vide Tabela 7).

Tabela 7. Biomassa, Carbono estocado e valor do carbono na floresta de Mudzo

Indicador	Valor para área inventariada (37,90 ha)	Valor total (37.895,12 ha)
Biomassa aérea (BA)	14,80 toneladas	560.882,78 toneladas
Estoque de carbono (C)	7,40 toneladas C	280.441,39 toneladas de carbon
Valor potencial dos créditos de carbono em termos monetários		
Mercado Voluntário (US\$ 14,60/tCO ₂):		US\$ 4.095.000,00
Mercado Regulamentado (US\$ 80,00/tCO ₂)		US\$ 22.435.311,20

Fonte: Elaborado pelo autor

A estimativa de 7,40 toneladas de carbono para a área inventariada (equivalente a 0,20 tC/ha), resultante da biomassa aérea das espécies não comerciais, revela-se relativamente baixa quando comparada com resultados de outros estudos conduzidos em florestas de miombo em Moçambique. Em Nhambita, na zona tampão do Parque Nacional da Gorongosa (província de Sofala), Williams *et al.*, (2007) reportaram valores próximos de 19 tC/ha, enquanto Sambane (2005) obteve uma média de 19,6 tC/ha, destacando-se a forte contribuição de espécies do género *Brachystegia*. De forma semelhante, Ribeiro *et al.*, (2010) observaram uma média de 19,5 tC/ha, reforçando a evidência de que a área de Mudzo apresenta menores níveis de carbono acumulado por hectare.

Estudos mais abrangentes apontam para valores ainda superiores. Guedes & Seehusen (2011) estimaram que um hectare de floresta tropical pode conter até 224,2 toneladas de biomassa, correspondendo a cerca de 110,3 tC/ha. A discrepância em relação ao presente estudo explica-se pelas diferenças metodológicas, uma vez que esses autores incluíram não apenas a biomassa acima do solo, mas também o carbono armazenado nas raízes e no solo, dimensões não consideradas nesta análise.

De modo análogo, Matusse & Calisto (2011) identificaram, para a floresta de Mossurize (província de Manica), um valor médio de 18,02 tC/ha, incluindo parcialmente o contributo do solo como reservatório

de carbono. Mesmo em termos absolutos, a biomassa total estimada para as espécies não comerciais da floresta de Mudzo (560.882,78 toneladas, correspondentes a 280.441,39 toneladas de carbono) permanece abaixo das referências médias reportadas para florestas de miombo em Moçambique, cujo valor ronda os 23 tC/ha.

Esta diferença pode ser atribuída à menor densidade estrutural da floresta de Mudzo, ao histórico de exploração seletiva, à exclusão das espécies comerciais nos cálculos, que contribuem substancialmente para o acúmulo de biomassa, e à elevada presença de espécies secundárias e de baixo porte, características comuns em florestas comunitárias sujeitas a uso múltiplo.

4.4. Valor Financeiro

4.4.1. Espécies de Valor Comercial

Nesta subsecção são apresentados os resultados referentes ao valor financeiro das principais espécies de madeira identificadas como tendo valor comercial na área de estudo. A avaliação foi realizada com base nos volumes medidos, o corte anual admissível (CAA), os preços médios de mercado para madeira serrada, e os respectivos valores totais por espécie.

4.4.1.1. Receita Anual

A receita anual estimada para a exploração da madeira com valor comercial na floresta comunitária de Mudzo foi de aproximadamente 2.677.068,30 USD. Esta estimativa tem por base o Corte Anual Admissível (CAA) e os preços médios de mercado para madeira serrada.

No grupo das espécies preciosas, o maior contributo para a receita anual provém da *Dalbergia melanoxylon*, com um valor de 132.825,00 USD/ano. No grupo da 1ª classe, destaca-se a *Pterocarpus angolensis* com 244.306,35 USD/ano, seguida da *Millettia stuhlmannii* com 163.505,85 USD/ano.

Na classe 2ª, os maiores valores são provenientes da *Brachystegia spiciformis*, com uma receita de 1.129.828,50 USD/ano, e da *Brachystegia boehmii*, com 628.467,75 USD/ano. Já na 3ª classe, destaca-se a *Xeroderris stuhlmannii*, com uma receita de 39.081,00 USD/ano. A Tabela seguinte apresenta o detalhe da receita por espécie:

Tabela 8. Receita anual estimada por espécie comercial

Espécie	Nome Comum	Classe	Preços Médios Madeira Serrada (USD/m³)	CAA (metros cúbicos/ano)	Receita anual (USD)
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	Pau-preto	Preciosa	1100	120,75	132.825
<i>Pterocarpus angolensis</i>	Umbila	1 ^a	622,5	392,46	244.306,35
<i>Millettia stuhlmannii</i>	Jambirre	1 ^a	622,5	262,66	163.505,85
<i>Burkea Africana</i>	Mucimbi	2 ^a	300	291,55	8.746
<i>Brachystegia boehmii</i>	Mafuti	2 ^a	225	2793,19	628.467,75
<i>Julbernardia globiflora</i>	Mtondo	2 ^a	225	1092,1	245.722,5
<i>Brachystegia spiciformis</i>	Messassa	2 ^a	225	5021,46	1.129.828,5
<i>Sclerocarya birrea</i>	Marula	2 ^a	185	31,71	5.866,35
<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	—	3 ^a	150	260,54	39.081
TOTAL					2.677.068,3

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.4.1.2. Custos de Produção

Nesta secção descrevem-se de forma detalhada e integrada todos os custos associados ao processo

produtivo de exploração e beneficiamento de espécies arbóreas (listadas na tabela acima) com valor comercial da Floresta Comunitária de Mudzo, considerados ao longo de um horizonte temporal de vinte anos.

4.4.1.2.1. Investimentos na Exploração e Transporte

Para assegurar a continuidade das operações de exploração e transporte, foram programados investimentos em bens de capital nos anos 1, 6, 11 e 16 do projecto. Em cada um desses períodos, procedeu-se à aquisição de um tractor com atrelado, com custo unitário de USD 50 000, indispensável para o arranque e manutenção das actividades florestais. Paralelamente, no Ano 1 realizou-se o desembolso de USD 5 300 em materiais de trabalho — correntes, cunhas, limas e machados.

4.4.1.2.2. Força de Trabalho

O quadro de mão-de-obra destinado à exploração, transporte e serviços auxiliares foi dimensionado para garantir a produtividade sustentável das operações. No Ano 1 o custo anual de pessoal atingiu USD 27 625, valor que evolui segundo um ajuste salarial médio de 3% ao ano, reflectindo políticas de revisão baseadas na inflação e em acordos sindicais. Assim, ao longo dos vinte anos, esse custo ascende gradualmente até aproximadamente USD 48 767 no Ano 20, conforme detalhado no Anexo 6.

4.4.1.2.3. Processamento (serração e carpintaria)

As actividades de beneficiamento da madeira serrada requerem instalações e equipamentos específicos. Nos mesmos anos de reinvestimento em transporte (1, 6, 11 e 16) foram efetuadas despesas com a aquisição de equipamento de serração e reabilitação de alpendre, no montante de USD 12 653,78, e com a aquisição de equipamentos de carpintaria, orçado em USD 43 242,88. Estes investimentos garantem condições adequadas de operação e manutenção da qualidade do produto final.

4.4.1.2.4. Serviços Auxiliares

A componente administrativa abrange esforços de supervisão, gestão de escritório, contabilidade controlo de qualidade. O custo anual de mão-de-obra para estes serviços foi estimado com base em práticas de mercado e acompanha o mesmo índice de reajuste aplicado à força-de-trabalho florestal (3% a.a.), conforme apresentado no Anexo 6.

4.4.1.2.5. Outros Custos Operacionais

Entre os custos variáveis, destacam-se os de combustíveis e lubrificantes, que partem de USD 4 000 no Ano 1 e projetam-se até USD 7 256 no Ano 20, seguindo um índice de inflação sectorial de 4% ao ano. A manutenção de bens móveis e imóveis inicia em USD 500 e atinge USD 775 ao cabo dos vinte anos, reajustada em 2% a.a. Os custos com viagens mantêm-se em USD 1 000 anuais, com ligeira correção para USD 1 011 no último período. Despesas de comunicações, aquisição e manutenção de computadores e consumíveis também foram ajustadas anualmente entre 2% e 3%, enquanto os encargos sociais correspondentes a 10% do fundo de salários refletem directamente o custo de mão-de-obra. Todos estes valores encontram-se consolidados no Anexo 6.

4.4.1.3. Valor Actual Líquido (VAL)

O Valor Actual Líquido (VAL) estimado neste estudo para a exploração sustentável de espécies arbóreas com valor comercial na floresta comunitária de Mudzo foi de 19.396.384,31 USD, considerando um horizonte temporal de 20 anos e uma taxa de desconto de 12%. Este resultado reflecte uma rentabilidade financeira positiva, embora relativamente conservadora quando comparado com outros estudos nacionais e internacionais.

No contexto moçambicano, Felita (2016) estimou um VAL de 23.858.973,89 USD (equivalente a 577,27 USD/ha) para a floresta de Mossurize, tendo considerado um horizonte temporal de 50 anos e uma taxa de desconto de 10%. A utilização de uma taxa mais baixa e de um período mais longo contribuiu para um VAL mais elevado, o que ajuda a explicar a diferença em relação ao presente estudo.

De forma semelhante, Matavele (2017) reportou um VAL de 438.678.164,04 USD para espécies de valor comercial em florestas moçambicanas, com base num horizonte de 40 anos e uma taxa de desconto de 17%. Embora se trate de literatura académica local e metodologicamente distinta, os resultados evidenciam a influência determinante que as escolhas de parâmetros como o horizonte temporal e a taxa de desconto exercem sobre a magnitude do VAL.

Em escala internacional, Wu *et al.*, (2010), ao avaliarem os bens e serviços de ecossistemas florestais em Pequim (China), estimaram um VAL de aproximadamente 6,77 mil milhões USD, valor

significativamente superior ao encontrado em Moçambique. Este contraste reflecte não apenas diferenças metodológicas, mas sobretudo a maior valorização dos mercados, o nível de investimento institucional e a existência de cadeias de valor florestal mais estruturadas em contextos internacionais.

Assim, embora o VAL obtido para Mudzo seja inferior a alguns estudos comparativos, mantém coerência com os parâmetros conservadores adoptados neste trabalho, os quais procuram reflectir com maior realismo o custo de capital e os riscos associados ao contexto local.

4.4.1.4. Análise de Cenários

Para melhor compreender a sensibilidade do Valor Actual Líquido (VAL) face às variações nos preços dos produtos madeireiros e à taxa de desconto, foi realizada uma análise de cenários. Esta abordagem consistiu na simulação de três cenários distintos: otimista, realista e pessimista, aplicando-se duas taxas de desconto: 12% (adoptada como base do estudo) e 10% (para testar a robustez dos resultados face a um custo de capital mais baixo).

O cenário realista corresponde aos valores médios de preços de mercado utilizados no estudo base. O cenário pessimista considerou preços reduzidos, representando situações de mercado desfavoráveis e o cenário otimista assumiu preços mais elevados, representando um mercado valorizado e favorável ao produtor. A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos:

Tabela 9. Análise de Cenários do VAL (USD)

Cenário	VAL (i = 12 %)	VAL (i = 10 %)
Otimista	26.254.792,6 USD	29.938.325,8 USD
Realista	19.396.385,31 USD	22.121.212,4 USD
Pessimista	12.537.978 USD	14.304.099,1 USD

Fonte: Elaborado pelo Autor

Verifica-se que, mesmo no cenário pessimista, o VAL permanece positivo, indicando rentabilidade financeira em todas as simulações. No entanto, há uma redução significativa do VAL à medida que os preços diminuem e um aumento quando a taxa de desconto diminui, o que demonstra a sensibilidade em

relação ao preço do mercado e ao custo de capital. A comparação entre os dois níveis de taxa de desconto evidencia que uma redução de 2 pontos percentuais (de 12% para 10%) tem um impacto positivo considerável na rentabilidade financeira.

4.4.1.5. Valor Financeiro das Espécies Arbóreas Comerciais e Sequestro de Carbono na Floresta Comunitária de Mudzo

Neste estudo, foi estimado o valor financeiro da exploração sustentável das espécies arbóreas com valor comercial existentes na floresta comunitária de Mudzo, resultando num montante de 19.396.385,31 USD. Adicionalmente, procedeu-se à estimativa do valor associado ao sequestro de carbono, que totalizou 4.095.000,00 USD, considerando um preço conservador de 14,60 USD/tCO₂, conforme praticado no mercado voluntário de carbono. Estes resultados evidenciam o contributo financeiro relevante da floresta, não apenas enquanto fonte de madeira com valor de mercado, mas também como activo ambiental pela sua função de retenção de carbono.

A comparação com estudos anteriores revela valores mais elevados em contextos nacionais e internacionais. No estudo de Felita (2016) estimou um valor financeiro de 43.712.244,23 USD para a floresta de Mossurize, enquanto Matavele (2017) apurou um valor de 442.434.956,12 USD para a floresta nativa da província de Inhambane. Neste último caso, 97% do valor total correspondia à madeira com valor comercial (429.200.608,99 USD) e apenas 3% (13.234.347,12 USD) ao carbono armazenado, evidenciando uma subvalorização relativa dos serviços ecossistémicos.

Estudos internacionais, como o de Wu, Hou e Yuan (2010), estimaram a produção total anual de bens e serviços ecossistémicos nas florestas de Pequim em cerca de USD 6,30 mil milhões, dos quais aproximadamente USD 1,04 mil milhões correspondem aos bens florestais de carácter comercializável e USD 5,26 mil milhões aos serviços ambientais não-comercializáveis, como conservação da biodiversidade, turismo ecológico, regulação hídrica, entre outros. As diferenças expressivas entre estes valores e os obtidos no presente estudo devem-se, em grande medida, à inclusão, por parte desses autores, de uma gama mais ampla de bens e serviços florestais, tais como produtos não-lenhosos, turismo ecológico, conservação da biodiversidade e serviços hidrológicos.

Deste modo, embora os valores aqui apurados sejam inferiores, reflectem uma abordagem metodológica focada exclusivamente na madeira serrada com valor comercial e no sequestro de carbono, o que confere maior precisão à análise dos dois principais serviços ambientais directamente mensuráveis neste contexto. A existência de valor económico associado tanto à exploração madeireira como à função ambiental da floresta em termos de sequestro de carbono reforça a importância da floresta em pé enquanto activo estratégico para o desenvolvimento sustentável. Do ponto de vista económico, estes valores constituem um instrumento essencial na análise custo-benefício da conservação florestal, proporcionando fundamentos técnicos para a formulação de políticas públicas e projectos de gestão sustentável dos recursos naturais.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Em conformidade com os objectivos específicos definidos para o presente estudo, os principais resultados obtidos na Floresta Comunitária de Mudzo permitem formular as seguintes conclusões:

1. Caracterização da cobertura vegetal

A Floresta Comunitária de Mudzo abrange uma área total de 41 420,66 hectares, dos quais aproximadamente 37 895,12 hectares (correspondentes a cerca de 91 %) são constituídos por floresta produtiva. A tipologia dominante é a floresta densa decídua de Miombo (76,8 %), seguida por formações de pradaria arbórea (10,2 %). Os índices de diversidade obtidos ($H' = 3,53$; $J' = 0,77$) indicam uma comunidade florística moderadamente diversa, com uma estrutura típica dos ecossistemas de Miombo, embora marcada pela dominância das espécies dos géneros *Brachystegia* e *Julbernardia*.

2. Quantificação das espécies de valor comercial

No total, foram identificadas 13 espécies madeireiras com valor económico, distribuídas pelas categorias de madeira “preciosa”, 1.ª, 2.ª e 3.ª classes. O Corte Anual Admissível (CAA) foi estimado em 10 691,6 m³/ano, sendo que mais de 85 % desse volume está concentrado em três espécies de 2.ª classe (*Brachystegia spiciformis*, *B. boehmii* e *Julbernardia globiflora*).

3. Estimativa do carbono armazenado

A biomassa aérea das espécies não-comerciais foi estimada em 560 882,78 toneladas, correspondendo a 280 441,39 toneladas de carbono, o que equivale a cerca de 0,20 toneladas de carbono por hectare (t C/ha). Embora este valor seja inferior aos de referência para florestas de Miombo em Moçambique, representa ainda assim um potencial de rendimento na ordem dos 4,10 milhões de USD, caso sejam comercializados créditos de carbono no mercado voluntário, ao valor de 14,60 USD por tonelada de CO₂.

4. Valoração financeira do activo florestal

A exploração sustentável das espécies madeireiras permite gerar uma receita anual estimada de 2,68 milhões de USD. Com base num horizonte temporal de 20 anos e uma taxa de desconto de 12 %, foi

estimado um Valor Actual Líquido (VAL) de 19,40 milhões de USD. Quando se incorpora o valor económico do carbono armazenado, a valoração financeira de Espécies Arbóreas Comerciais e Sequestro de Carbono ascende a 23,49 milhões de USD. A análise de cenários demonstra que os valores se mantêm economicamente viável mesmo em condições pessimistas, embora apresente elevada sensibilidade às variações nos preços da madeira e na taxa de desconto aplicada.

5.2. Recomendações

Com base nos resultados alcançados, e visando garantir a conservação, valorização económica e sustentabilidade ecológica da Floresta Comunitária de Mudzo, propõem-se as seguintes recomendações estratégicas:

1. Monitorização e actualização periódica do Corte Anual Admissível (CAA)

Recomenda-se que os valores do CAA, já calculados por espécie, sejam periodicamente revistos com base em inventários de acompanhamento e em indicadores de regeneração natural. Esta prática permitirá ajustar as quotas de exploração de acordo com a evolução da floresta, evitando sobre-exploração das espécies dominantes (*Brachystegia spiciformis*, *B. boehmii* e *Julbernardia globiflora*) e assegurando a sustentabilidade ecológica no horizonte de 20 anos definido para o ciclo de manejo.

2. Introdução de programas de enriquecimento silvícola

Sugere-se a implementação de plantios dirigidos em clareiras controladas com espécies de alto valor comercial e ecológico, tais como *Diospyros mespiliformis*, *Azelia quanzensis* e *Dalbergia melanoxylon*. Esta prática contribuirá para o aumento da diversidade florística e para o incremento do valor financeiro da floresta a médio e longo prazo.

3. Quantificação abrangente do carbono florestal

Recomenda-se a expansão das estimativas de carbono para incluir a biomassa subterrânea, serapilheira e carbono orgânico do solo. Além disso, a realização de inventários florestais em intervalos quinquenais permitirá uma avaliação mais precisa do potencial de sequestro de carbono, maximizando oportunidades de acesso a mercados de créditos de carbono.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, H., & Palmer, A. (2019). Análise das dinâmicas de exploração florestal na província da Zambézia. *Revista Moçambicana de Estudos Florestais*, 12(2), 33–47. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.

Agyeman, V. K., Opoke, R., Entsua-Mensah, M., & Namirembe, S. (2022). Functional ecology of miombo trees. *Functional Ecology*, 36(2), 365–377. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13991>

Anna, D., & Noguera, I. (2010). Global forest product valuation. *Environmental Finance*, 6(3), 45–57.

Baccini, A., & Friedl, M. A. (2017). Global maps of forest biomass and carbon stock densities: Continental-scale upscaling from remote-sensing data. *Global Change Biology*, 23(9), 4011–4026. <https://doi.org/10.1111/gcb.13745>

Banze, A., & Armenteras, D. (2020). Urban expansion and forest loss in Maputo, Mozambique. *Urban Forestry & Urban Greening*, 54, 126776. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126776>

Barde, J., & Pearce, D. (2020). Componentes do valor económico total de recursos florestais. *Ecological Economics*, 170, 106525. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106525>

Barbier, E. B. (2011). *Pricing nature: Cost–benefit analysis and environmental policy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bateman, I. J., Mace, G. M., & Fezzi, C. (2011a). Economic value of ecosystem services in decision making. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(28), 19500–19505. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100500108>

Bateman, I. J., Mace, G. M., Fezzi, C., Atkinson, G., & Turner, K. (2011b). Economic analysis for ecosystem service assessments. *Environmental and Resource Economics*, 48(2), 177–218. <https://doi.org/10.1007/s10640-010-9418-x>

- Benítez, S., Santos, L., & García, R. (2021). Proteção de bacias hidrográficas: serviços ecossistêmicos oferecidos pelas florestas. *Journal of Environmental Protection*, 12(3), 240–254. <https://doi.org/10.4236/jep.2021.123015>
- Bento, R., & Nhantumbo, I. (2016). *Community forest management in Mozambique: Review and recommendations*. London: IIED.
- Bento, C., & Nhantumbo, I. (2016). Gestão comunitária de florestas em Moçambique: sucessos e desafios. *Tropical Forest Updates*, 32(2), 19–28.
- Bila, A., & Salmi, J. (2003). Impactos da exploração madeireira no desenvolvimento rural moçambicano. In DNFFB (Ed.), *Actas do Simpósio sobre Florestas Tropicais* (pp. 101–112). Maputo: DNFFB.
- Bond, W. J., Midgley, G. F., & Woodward, F. I. (2019). Drivers of forest decline in southern African miombo woodlands. *Journal of Ecology*, 107(1), 40–49. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13034>
- Bond, I., Chambwera, M., & Wertz-Kanounnikoff, S. (2019). Deforestation drivers in Sub-Saharan Africa: The Mozambican context. *Forest Policy and Economics*, 105, 103–116. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.014>
- Braat, L. C., & de Groot, R. S. (2012). The ecosystem services agenda: Bridging natural science, economics and policy. *Ecosystem Services*, 1(1), 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>
- Brown, S. (1977). *Biomass expansion factors for tropical forest*. Relatório interno. Rome: FAO.
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer*. FAO Forestry Paper 134. Rome: FAO.
- Campos, D., Ahmed, K., & Mabunda, P. (2020). Market analysis of timber in Mozambique. *African Journal of Commerce*, 8(3), 45–58.
- Campos, E., Silva, R., & Matos, J. (2019). Forest cash-flow in Mozambique. *Forest Economics Journal*, 10(2), 95–108.

- Case, J. S. (1990). Sampling design in ethnobiological studies. *Journal of Ethnobiology*, 10(2), 123–140.
- Chamberlin, J., & Jayne, T. S. (2021). Timber markets in sub-Saharan Africa. *Journal of Agricultural Economics*, 72(3), 555–578. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12459>
- Chan, K. M. A., Shaw, M. R., & Cameron, D. R. (2016). Conservation of linked ecosystem and cultural services. *Biological Conservation*, 195, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.047>
- Chazdon, R. L. (2014). Second-growth forest regeneration and its implications for conservation. *Science*, 345(6195), 1240–1242. <https://doi.org/10.1126/science.1254423>
- Chirinda, W., Chirwa, P., & Mapemba, L. (2019). Land-use change impacts on ecosystem services in Inhambane, Mozambique. *African Journal of Ecology*, 57(1), 101–116. <https://doi.org/10.1111/aje.12542>
- Chirinda, A., Langa, E., & Salomão, A. (2019). Land-use changes and forest loss in coastal zones: The case of Inhambane. *Journal of Coastal Conservation*, 18(2), 55–64. <https://doi.org/10.1007/s11852-019-00677-0>
- Clark, M., & Kozár, F. (2011). Limits of component valuation approaches. *Ecological Economics*, 70(12), 2300–2308. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.07.009>
- Collan, M., & Liu, J. (2021). Real-option estimates in tropical timber. *International Journal of Forestry Research*, 2021, 6678452. <https://doi.org/10.1155/2021/6678452>
- Conrad, J. M. (2010). *Resource economics and policy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Condon, P. J., & White, A. (1994). The value of forests: Direct and indirect use values. *Forest Policy and Economics*, 6(3–4), 198–203.
- Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R. S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

- Costanza, R., de Groot, R. S., & Sutton, P. (2017). Revised global estimates of ecosystem services values. *Global Environmental Change*, 26, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Dasgupta, P. (2021). *The economics of biodiversity: The Dasgupta review*. London: HM Treasury.
- De Beenhouwer, M., Van Loo, M., & Aerts, R. (2016). Tree community dynamics in African miombo woodlands. *Journal of Tropical Ecology*, 32(2), 146–153. <https://doi.org/10.1017/S0266467415000526>
- Deweese, P., Campbell, B., Katerere, Y., Siteo, A., Cunningham, A. B., Angelsen, A., & Wunder, S. (2011). *Managing the Miombo Woodlands of Southern Africa: Policies, Incentives and Options for the Rural Poor*. Washington, DC: World Bank.
- Delgado, C. L., & Kaimowitz, D. (2004). *Livestock to 2020: The next food revolution*. Rome: FAO.
- Dias, S. M., & Teixeira, J. C. (2017). Application of real options theory to forest management. *Forest Policy and Economics*, 75, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.11.001>
- Diaz-Balteiro, L., González-Trueba, J., & Anta, A. (2020). Real options in forestry under climate change. *Journal of Environmental Management*, 276, 111198. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111198>
- Dixit, A. K., & Pindyck, R. S. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.
- Duffy, J. E., Godbold, J. A., Cardinale, B. J., et al. (2021). Biodiversity promotes ecosystem functioning across taxa. *Nature Ecology & Evolution*, 5, 547–557. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01314-8>
- Erb, K. H., Kastner, T., & Luysaert, S. (2018). Biomass turnover and carbon storage in global forests. *Nature Climate Change*, 8, 103–108. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0030-0>
- FAO. (1998). *Tropical forest resources assessment*. FAO Forestry Paper 140. Rome: FAO.
- FAO. (2020). *Global forest resources assessment 2020: Main report*. Rome: FAO.
- FAO. (2022). *State of the world's forests 2022*. Rome: FAO.

Falcão, M. P. (2008). Políticas florestais e legislação: Reflexões sobre a participação comunitária em Moçambique. *Caderno de Estudos Rurais*, 19(1), 45–60.

Júlio, F. A. (2016). Valoração financeira da floresta de Mossurize (Dissertação de Mestrado). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.

Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2015). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>

Forsyth, P. (2020). *Understanding financial options: Long-term investments*. Oxford: Oxford University Press.

Frost, P. (1996). *The ecology and management of miombo woodlands*. FAO Forestry Paper 117. Rome: FAO.

Fukuda, M., Verser, J., & Kim, S. (2003). Carbon concentration of tree biomass. *Journal of Forest Research*, 8(2), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10310-003-0030-0>

Gasparri, N., Hernández, B., & López, C. (2022). Price volatility of forest products and impact on NPV. *Forest Policy and Economics*, 136, 102663. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102663>

Gandiwa, E., Muboko, N., Makuvaro, F., & Slabbers, R. B. (2022). Charcoal production pressure on miombo woodlands. *Forest Ecology and Management*, 506, 119877. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119877>

Gege, N. (2008). *Estimativa do valor económico total da Floresta Sagrada de Chirindzene* (Dissertação de Mestrado). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.

Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., Peres, C. A., Bradshaw, C. J., Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., & Sodhi, N. S. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining biodiversity. *Nature*, 478, 378–381. <https://doi.org/10.1038/nature10425>

Gonçalves, J., Mateus, S., & Campos, A. (2020). *Relatório provincial dos recursos florestais de Niassa*. Lichinga: Direcção Provincial de Florestas de Niassa.

- Gove, J., Smyth, I., & Sinsin, B. (2021). Biodiversity indices in West African rainforests. *Biodiversity and Conservation*, 30(7), 1725–1744. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02155-3>
- Guedes, F. (2004). Valoração económica de Moribane, Zomba e Maronga (Dissertação de Mestrado). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.
- Guedes, F. G., & Seehusen, H. (2011). Estimativas de biomassa e carbono em florestas tropicais de Moçambique. Maputo: DINAF.
- Heal, G. (2000). *Nature and the marketplace: Capturing the value of ecosystem services*. Washington, DC: Island Press.
- Higuchi, N., Santos, J., Ribeiro, R. J., Minette, L., & Biot, Y. (2004). Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, 34(4), 579–588. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000400010>
- Hofiço, N. dos S. A., & Fleig, F. D. (2015). Diversity and structure of Miombo woodlands in Mozambique using a range of sampling sizes. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 5(10), 679–690.
- Hosokawa, G. (1986). Vertical structure of *Brachystegia* woodland in Mozambique. *Journal of Tropical Ecology*, 2(1), 15–24. <https://doi.org/10.1017/S0266467400000667>
- IPCC. (2003). *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. Geneva: IPCC.
- IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jaime, S. R. (2021). Caracterização da biodiversidade florestal arbórea e valoração económica dos recursos florestais madeireiros na Floresta Comunitária de Chithunco e Mangaze, distrito de Marromeu (Trabalho de Licenciatura). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.
- Johnson, P., Smith, R., & Almeida, F. (2021). Forest community structure metrics. *Journal of Tropical Ecology*, 37(4), 225–235. <https://doi.org/10.1017/S026646742100019X>
- Kalamandeen, M., Gloor, E., Mitchard, E. (2020). Pervasive rise of small-scale deforestation in Amazonia. *Science*, 368(6488), 1177–1180. <https://doi.org/10.1126/science.aba7152>

- Kansiime, M. K., Okullo, J. B. L., & Nsubuga, H. (2022). Floristic composition and biodiversity in miombo woodlands: Case study from Mozambique. *Forest Ecology and Management*, 507, 119793. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119793>
- Klock, J. (2005). Allometric equations for above-ground biomass in tropical forests. *Forest Ecology and Management*, 219(1–2), 169–186. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.030>
- Lata, S. (2021). Endemic floristic diversity in Zambézia province, Mozambique. *Mozambican Journal of Botany*, 5(4), 78–89. (revista local; pode ser mantida como literatura cinzenta)
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura tropical: Os sistemas florestais nos trópicos*. Göttingen: GTZ/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- Lewis, S. L., Brando, P. M., Phillips, O. L., Heijmans, M., Nepstad, D., King, D. A., & Brown, I. F. (2015). The 2015 global ecosystem carbon balance. *Nature*, 527(7577), 40–48. <https://doi.org/10.1038/nature15783>
- Longhi, S. J., Kehrig, R. B., & Floss, P. A. (2000). Dinâmica de populações arbóreas em florestas tropicais. *Scientia Forestalis*, 58, 15–32.
- Macave, O. A., Ribeiro, N. S., Ribeiro, A. I., Chaúque, A., Bandeira, R., Branquinho, C., & Washington-Allen, R. (2022). Modelling aboveground biomass of Miombo woodlands in Niassa Special Reserve, northern Mozambique. *Forests*, 13(2), 311. <https://doi.org/10.3390/f13020311>
- Maquia, I., Ribeiro, N. S., & Siteo, A. (2013). Tree species diversity and composition of miombo woodlands in a forest reserve in Sofala Province, Mozambique. *African Journal of Ecology*, 51(2), 287–296. <https://doi.org/10.1111/aje.12037>
- Makwinja, Y. H. (2025). Extensive logging in miombo woodlands threatens biodiversity in Mozambique. *Frontiers in Forests and Global Change*. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2025.1610680>
- Marzoli, A. (2007). *Inventário florestal nacional: Avaliação integrada das florestas de Moçambique*. Maputo: Direcção Nacional de Terras e Florestas, Ministério da Agricultura.

Magalhães, T. M. (2018). Inventário Florestal Nacional (Relatório final). Maputo: Direcção Nacional de Florestas, Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural.

MASA – Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar. (2016). Plano Director Florestal 2016–2025. Maputo: MASA.

Matsinhe, R. M., & Kanime, N. (2019). Distribution and status of forest cover in central Mozambique. *Revista Florestas de Moçambique*, 11(1), 61–73.

Matavele, L. (2017). Valoração financeira da floresta nativa da província de Inhambane (Dissertação de Mestrado). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.

Miombo Consultores, Lda. (2024). Relatório de inventário da concessão florestal comunitária de Mudzo nos distritos de Maganja da Costa e Mucubela, província da Zambézia. Maputo: Miombo Consultores. [Relatório não publicado].

MICOA – Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental. (2012). Relatório do Estado do Ambiente em Moçambique. Maputo: MICOA.

MITA – Ministério da Terra e Ambiente. (2023). Boletim anual de dados meteorológicos 2022/2023. Maputo: MITA.

Motta, R. S. (1997). Manual de valoração económica de recursos ambientais. Brasília: IPEA.

Montfort, F., Bouyer, J., Chidumayo, E. N., & Rossi, J. (2021). Regeneration capacities of woody species biodiversity and soil properties in Miombo woodland after slash-and-burn agriculture in Mozambique. *Forest Ecology and Management*, 488, 119039. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119039>

Myers, N. (1993). Tropical forests: the main deforestation fronts. *Environmental Conservation*, 20(1), 9–16. <https://doi.org/10.1017/S0376892900037176>

- Ribeiro, N. S. (2013). Monitoring vegetation dynamics and carbon stock density in Miombo woodland (2005–2009), Niassa National Reserve, Mozambique. *Carbon Balance and Management*, 8, 11. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-8-11>
- Neelo, J., Fynn, R. W. S., & Bonyongo, M. C. (2015). Characterization of woody vegetation around water sources in the Okavango Delta. *African Journal of Ecology*, 53(3), 375–383. <https://doi.org/10.1111/aje.12214>
- Nogueira, J. M., & Rodrigues, P. A. (2007). Avaliação de externalidades ambientais: métodos e aplicações no sector florestal. In *Economia e Meio Ambiente* (pp. 71–94). São Paulo: Editora Atlas.
- Nunes, P. A. L. D., & van den Bergh, J. C. J. M. (2001). Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense? *Ecological Economics*, 39(2), 203–222. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00233-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00233-6)
- Nhamirre, J. V., & Falcão, M. P. (2006). Determinação do valor financeiro dos recursos florestais madeireiros da concessão da LEVASFLOR. (Trabalho de Licenciatura). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988–993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>
- Panayotou, T. (1993). *Green markets: The economics of sustainable development*. San Francisco: ICS Press.
- Pagiola, S. (2008). Payments for environmental services in Costa Rica. *Ecological Economics*, 65(4), 712–724. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.033>
- Pearce, D. (2001). The economic value of forest ecosystems. *Ecosystem Health*, 7(4), 284–296. <https://doi.org/10.1046/j.1526-0992.2001.01037.x>
- Pearce, D., & Myers, N. (1990). *The economics of natural resources and the environment*. London: Harvester Wheatsheaf.

Pearce, D., & Pearce, C. (2001). The value of forest ecosystems. *Forests in Sustainable Development*, 3(1), 45–62.

Pearce, D., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. London: Harvester Wheatsheaf.

SDAE – Serviço Distrital de Actividades Económicas. (2023). *Relatório de aptidão agro-pecuária dos solos: Província da Zambézia*. Mocuba: SDAE.

Scoones, I. (2015). *Sustainable livelihoods and rural development*. Rugby: Practical Action Publishing.

Sitoe, A., & Guedes, B. (2019). Avaliação do potencial de valoração dos serviços ecossistémicos no contexto florestal moçambicano. *Boletim de Investigação Florestal de Moçambique*, 4(2), 21–34.

Sitoe, A., & Tchaúque, F. (2007). Equações alométricas para estimar a biomassa acima do solo em florestas de Miombo. *Revista Florestal*, 37(1), 91–102.

Sitoe, A., Salomão, A., & Wertz-Kanounnikoff, S. (2012). The context of REDD+ in Mozambique: Drivers, agents and institutions. Occasional Paper 76. CIFOR, Bogor, Indonesia

Sitoe, A. (1995). Composição florística e estrutura horizontal de uma floresta tropical aberta em Moçambique. *Acta Botanica Moçambicana*, 2(1), 11–25.

Somogyi, Z., Cienciala, E., & Mäkipää, R. (2006). Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *European Journal of Forest Research*, 125(3), 197–206. <https://doi.org/10.1007/s10342-005-0097-z>

Spash, C. L., & Aslaksen, I. (2015). Re-establishing an ecological discourse in the policy debate over how to value ecosystems and biodiversity. *Journal of Environmental Management*, 159, 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.05.033>

Stern, N. (2007). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge: Cambridge University Press.

Tadesse, B., Zewdie, M., Gebremedhin, T., Ayana, A., & Tesfaye, Y. (2019). Challenges and prospects of forest management in the context of climate-change mitigation. *Environmental Management*, 63(2), 245–256. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1124-1>

TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010). *Mainstreaming the economics of nature*. Malta: Progress Press.

UN-REDD. (2019). *UN-REDD Programme in Mozambique: Annual progress report 2019*. Geneva: UN-REDD.

White, A., & Martin, A. (2002). *Who owns the world's forests? Forest tenure and public forests in transition*. Washington, DC: Forest Trends / CIFOR.

World Bank. (2020). *Mozambique economic update: Mind the financing gap*. Washington, DC: World Bank.

World Bank. (2021). *World development indicators 2021*. Washington, DC: World Bank.

Wu, S., Hou, Y., & Yuan, G. (2010). Valuation of forest ecosystem goods and services and forest natural capital of the Beijing municipality, China. *Unasylva*, 61(234/235), 28–3

Zarin, D. J. (2016). Deforestation and degradation in the Amazon: causes, consequences and solutions. *Forest Ecology and Management*, 366, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.021>

Zegeye, D. (2011). Importance value index in Ethiopian miombo forests. *African Journal of Ecology*, 49(3), 344–351. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2011.01266.x>

Zelazowski, P. (2020). Biodiversity hotspots under climate change. *Biological Conservation*, 247, 108648. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108648>

Żyło, K., & Hildebrandt, T. (2021). Soil and root carbon dynamics in tropical forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 159, 108257. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108257>

7. ANEXOS

Anexo 1. Densidade de madeira mais comuns da floresta comunitária de Mudzo (adaptado de Bunster, 2006 e Siteo *et al.*, 2007).

Espécie	Densidade da Madeira	
	Seca a 12% de humidade (ton/m ³)	Seca na estufa – WDe (ton/m ³)
Afzelia quanzensis	0,880	0,717
Brachystegia manga	0,790	0,645
Brachystegia spiciformis	0,710	0,581
Millettia stuhlmannii	1,125	1,013
Albizia sp.	1,110	0,901
Pteleopsis myrtifolia	0,771	0,630
Sclerocarya birrea	0,526	0,434
Xeroderris stuhlmannii	1,022	0,831
Média aritmética da Madeira seca na estufa (ton/m ³)		0,719

$$WEd = 0,0134 + 0,800WD_{12}$$

Anexo 2. Listas de espécies arbóreas encontradas na área amostrada da floresta comunitária de Mudzo

Ordem	Nome científico	Ordem	Nome científico	Ordem	Nome científico	Ordem	Nome científico
1	<i>Acacia nilotica</i>	33	<i>Crossopiterix febrifuga</i>	45	<i>Monodora junodii</i>	77	<i>Uapaca kirkii</i>
2	<i>Acacia sp.</i>	34	<i>Cussonia sp.</i>	46	<i>Ochna sp.</i>	78	<i>Uapaca nitida</i>
3	<i>Acacia tortilis</i>	35	<i>Dalbergia melanoxyton</i>	47	<i>Ozoroa obovata</i>	79	<i>Uapaca sansibarica</i>
4	<i>Azela quanzensis</i>	36	<i>Dalbergia nitidula</i>	48	<i>Ozoroa sp.</i>	80	<i>Vangueria infausta</i>
5	<i>Albizia versicolor</i>	37	<i>Diospyros kirkii</i>	49	<i>Parinari curatellifolia</i>	81	<i>Vangueria sp.</i>
6	<i>Albizia sp.</i>	38	<i>Diospyros mespiliformis</i>	50	<i>Parinari sp.</i>	82	<i>Vitex doniana</i>
7	<i>Albizia versicolor</i>	39	<i>Diospyros sp</i>	51	<i>Pericopsis angolensis</i>	83	<i>Vitex sp.</i>
8	<i>Amblygonocarpus andongensis</i>	40	<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	52	<i>Piliostigma thonningii</i>	84	<i>Voacanga sp.</i>
9	<i>Ancilabotis sp.</i>	41	<i>Ekibergia capensis</i>	53	<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	85	<i>Voacanga thouarsii</i>
10	<i>Annona senegalensis</i>	42	<i>Ekibergia sp.</i>	54	<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	86	<i>Xeroderris stuhlmannii</i>
11	<i>Annona sp</i>	43	<i>Erithropheum africanum</i>	55	<i>Pterocarpus angolensis</i>	87	<i>Ximenia cafra</i>
12	<i>Antidesma venosum</i>	44	<i>Erytrina sp.</i>	56	<i>Pterocarpus lucens</i>	88	<i>Xylopia sp.</i>
13	<i>Balanites maughami</i>	45	<i>Erythropheum suaveons</i>	57	<i>Pterocarpus rotundifolius</i>	89	<i>Ymenocardia acida</i>
14	<i>Barringtonia racemosa</i>	46	<i>Garcinia livingstonei</i>	58	<i>Pterocarpus sp.</i>		
15	<i>Bauhinia galpinii</i>	47	<i>Garcinia Sp.</i>	59	<i>Rothmania sp.</i>		
16	<i>Bauhinia maughami</i>	48	<i>Gardenia vekerigo</i>	60	<i>Rourelia orientalis</i>		
17	<i>Bauhinia palpinii</i>	49	<i>Gardenia volkens</i>	61	<i>Rourelia sp</i>		
18	<i>Bauhinia sp.</i>	50	<i>Hugonia orientalis</i>	62	<i>Rubiace</i>		
19	<i>Berchemia discolor</i>	51	<i>Hymenocardia acida</i>	63	<i>Schrebera trichoclada</i>		
20	<i>Berchemia sp</i>	52	<i>Inhambanella henriquesii</i>	64	<i>Sclerocarya birrea</i>		
21	<i>Bosela sp.</i>	53	<i>Julbernadia globiflora</i>	65	<i>Securidaca sp</i>		
22	<i>Brachystegia boehmii</i>	54	<i>Kigelia africana</i>	66	<i>Sterculia appendiculata</i>		
23	<i>Brachystegia manga</i>	55	<i>Kirkia acuminata</i>	67	<i>Sterospermum kunnthianum</i>		
24	<i>Brachystegia spiciformis</i>	56	<i>Lannea discolor</i>	68	<i>Strychnos madagascariensis</i>		
25	<i>Brackenridgea zanguebarica</i>	57	<i>Lannea schweinfurthii</i>	69	<i>Strychnos sp.</i>		
26	<i>Breonadia salicina</i>	58	<i>Lonchocarpus bussei</i>	70	<i>Strychnos spinosa</i>		
27	<i>Burkea africana</i>	59	<i>Lonchocarpus capassa</i>	71	<i>Swartzia madagascariensis</i>		
28	<i>Catunaregam spinosa</i>	60	<i>Lonchocarpus discolor</i>	72	<i>Syzygium guineense</i>		
29	<i>Combretum collinum</i>	61	<i>Maprounea africana</i>	73	<i>Syzygium sp.</i>		
30	<i>Combretum fragrans</i>	62	<i>Maprounefolia sp.</i>	74	<i>Terminalia sericea</i>		
31	<i>Combretum sp</i>	63	<i>Margaritaria discoeada</i>	75	<i>Terminalia sp.</i>		
32	<i>Combretum zeyheri</i>	64	<i>Millettia stuhlmannii</i>	76	<i>Uapaca kirkiana</i>		

Anexo 3. Classificação das espécies comerciais mais importante para a comunidade, de acordo com o Regulamento florestal de Moçambique

Qualidade	Nome vernacular ou comercial	Nome científico	DMC* (cm)
Preciosas	Nfuma	<i>Diospyros mespiliformis</i>	50
	Mpingue, Pau-preto	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	20
1ª	Umbila	<i>Pterocarpus angolensis</i>	40
	Jambirre, Panga-panda	<i>Millettia stuhlmannii</i>	50
	Mussocossa, chanfuta	<i>Azelia quanzensis</i>	50
2ª		<i>Burkea africana</i>	40
		<i>Brachystegia boemii</i>	40
		<i>Jubernadia globiflora</i>	40
	Messassa	<i>Brachystegia spiciformis</i>	40
	Canho	<i>Sclerocarya birrea</i>	50
3ª	Codone	<i>Terminalia sericea</i>	30
		<i>Piliostigma thonningii</i>	40
		<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	40

* Diâmetro Mínimo de corte estabelecido pelo regulamento florestal em vigor no país.

Anexo 4. Parâmetros dendrométricos da floresta comunitária

Parâmetros dendrométricos da floresta	Tipo florestal		
	FDD	FAD	Pradaria
DAP da árvore média (cm)	30.8	36.2	33.4
Altura comercial média (m)	4.2	4.4	4.1
Altura total média (m)	10.7	11.3	10.9
Área basal da árvore média (m ²)	0.0831	0.1143	0.0971
Área basal média da floresta (m ² /ha)	0.0087	0.0286	0.0303
Volume comercial medido (m ³)	219.1	25.0	72.4
Volume total medido (m ³)	567.9	209.2	192.5
Volume comercial (m ³ /ha)	22.8	6.3	22.6
Volume total (m ³ /ha)	59.2	52.3	60.1
Número total de árvores medidas	839.0	61.0	234.0
Número de árvores por ha	87.4	15.3	265.9

Anexo 5. Bases para todos os Cálculos Realizados

Espécie	Nome Comum	Classe	Toros (USD/m³)	Madeira Serrada (USD/m³)
Dalbergia melanoxylon	Pau-preto	Preciosa	325–600	900–1.300
Pterocarpus angolensis	Umbila	1 ^a	110–300	345–900
Millettia stuhlmannii	Jambirre	1 ^a	110–300	345–900
Burkea africana	Mucimbi	2 ^a	50–150	200–400
Brachystegia boehmii	Mafuti	2 ^a	40–100	150–300
Julbernardia globiflora	Mtondo	2 ^a	40–100	150–300
Brachystegia spiciformis	Messassa	2 ^a	40–100	150–300
Sclerocarya birrea	Marula	2 ^a	30–80	120–250
Xeroderris stuhlmannii	—	3 ^a	20–60	100–200

Espécie	Nome Comum	Classe	Preços Médios M.SERRADA (USD/m³)	CAA (m³)	Receitas (USD/m³)
Dalbergia melanoxylon	Pau-preto	Preciosa	1100	120.75	132825
Pterocarpus angolensis	Umbila	1 ^a	622.5	392.46	244306.35
Millettia stuhlmannii	Jambirre	1 ^a	622.5	262.66	163505.85
Burkea africana	Mucimbi	2 ^a	300	291.55	87465
Brachystegia boehmii	Mafuti	2 ^a	225	2793.19	628467.75
Julbernardia globiflora	Mtondo	2 ^a	225	1092.1	245722.5
Brachystegia spiciformis	Messassa	2 ^a	225	5021.46	1129828.5
Sclerocarya birrea	Marula	2 ^a	185	31.71	5866.35
Xeroderris stuhlmannii	—	3 ^a	150	260.54	39081
TOTAL					2677068.3

Espécie	Nome Comum	Classe	CAA(m³)	Preços Baixos M.S (USD/m³)	Receita (USD/m³)
Dalbergia melanoxylon	Pau-preto	Preciosa	120.75	900	108675
Pterocarpus angolensis	Umbila	1 ^a	392.46	345	135398.7
Millettia stuhlmannii	Jambirre	1 ^a	262.66	345	90617.7
Burkea africana	Mucimbi	2 ^a	291.55	200	58310
Brachystegia boehmii	Mafuti	2 ^a	2793.19	150	418978.5
Julbernardia globiflora	Mtondo	2 ^a	1092.1	150	163815
Brachystegia spiciformis	Messassa	2 ^a	5021.46	150	753219
Sclerocarya birrea	Marula	2 ^a	31.71	120	3805.2

Xeroderris stuhlmannii	—	3 ^a	260.54	100	26054
TOTAL					1758873.1

Espécie	Nome Comum	Classe	Preços Superiores MS(USD/m³)	CAA (m³)	Receita (USD/m³)
Dalbergia melanoxylon	Pau-preto	Preciosa	1300	120.75	156975
Pterocarpus angolensis	Umbila	1 ^a	900	392.46	353214
Millettia stuhlmannii	Jambirre	1 ^a	900	262.66	236394
Burkea africana	Mucimbi	2 ^a	400	291.55	116620
Brachystegia boehmii	Mafuti	2 ^a	300	2793.19	837957
Julbernardia globiflora	Mtondo	2 ^a	300	1092.1	327630
Brachystegia spiciformis	Messassa	2 ^a	300	5021.46	1506438
Sclerocarya birrea	Marula	2 ^a	250	31.71	7927.5
Xeroderris stuhlmannii	—	3 ^a	200	260.54	52108
					3595263.5

Anexo 6. Fluxo de caixa da exploração de espécies arbóreas com valor comercial na floresta de Mudzo

Descrição	Anos																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1. RECEITAS																						
Vendas de madeira serrada			2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068	2,677,068
2. CUSTOS DE PRODUÇÃO																						
2.1. Exploração e transporte florestal																						
2.1.1. Investimentos na exploração e transporte florestal																						
Aquisição de equipamento do tractor com atrelado		50,000.00					50,000.00					50,000.00					50,000.00					
Aquisição de material de trabalho (correntes, cunhas, limas, machados)		5,300.00																				
2.1.2. Força de trabalho																						
Custo anual de mão-de-obra de exploração e transporte e de serviços auxiliares		27,625.00	28,450.00	29,300.00	30,180.00	31,085.00	32,085.00	32,017.00	32,967.00	33,956.00	34,975.00	36,045.00	37,166.00	38,261.00	39,408.00	40,590.00	41,823.00	43,108.00	44,441.00	45,824.00	47,259.00	48,767.00
2.2. Processamento (serração e carpintaria)																						
Aquisição de serração + reabilitação do alpend		12,653.78					12,653.78					12,653.78					12,653.78					
Aquisição do equipamento da carpintaria		43,242.88					43,242.88					43,242.88					43,242.88					
2.3. Serviços auxiliares (escritórios, gerente, etc.)																						
Custo anual de mão-de-obra de serviços auxiliares																						
2.4. Outros custos																						
Combustíveis e lubrificantes		4,000.00	4,000.00	4,120.00	4,240.00	4,368.00	4,499.00	4,784.00	4,937.00	5,091.00	5,245.00	5,403.00	5,565.00	5,733.00	5,904.00	6,078.00	6,261.00	6,448.00	6,641.00	6,841.00	7,045.00	7,256.00
Manutenção de bens móveis e imóveis		500	510	520	530	541	552	563	574	585	597	609	621	633	646	658	671	684	697	710	724	775
Viagens		1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,001.00	1,002.00	1,003.00	1,004.00	1,005.00	1,006.00	1,007.00	1,008.00	1,009.00	10,010.00	1,011.00
Comunicações		300	300	250	250	250	250	250	250	250	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261
Computadores, fax		2800	300	300	2500	300	300	300	2500	300	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311
Consumíveis		500	500	800	800	800	800	800	800	800	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811
Encargos sociais (10% do fundo de salários)		2762.5	2762.5	2762.5	2762.5	2762.5	2762.5	2762.5	2762.5	2762.5	2762.5	2763.5	2764.5	2765.5	2766.5	2767.5	2768.5	2769.5	2770.5	2771.5	2772.5	2773.5
Total Custos		150684.16	37822.5	39052.5	42262.5	41106.5	148145.2	42476.5	45790.5	44744.5	45929.5	153071.2	48474.5	49754.5	51090.5	52463.5	159794.2	55387.5	56931.5	58532.5	69190.5	61965.5

Investimentos de Capital

Categoria	Item	Quantidade total (un.)	Custo unitário (USD)	Custo total (USD)
Bens principais	Tractor com atrelado	4	50 000,00	200 000,00
	Kit de ferramentas (correntes, limas, cunhas, machados)	1	5 300,00	5 300,00
	Conjunto serração + reabilitação do alpendre	4	12 653,78	50 615,12
	Equipamento de carpintaria (1 conjunto)	4	43 242,88	172 971,52
** ↳ Componentes do equipamento de carpintaria**	Serra de fita industrial	4	9 500,00	38 000,00
	Serra circular (formatadora)	4	7 600,00	30 400,00
	Plaina-desengrossadeira 400 mm	4	6 400,00	25 600,00
	Tupia de coluna (fresadora)	4	4 250,00	17 000,00
	Lixadeira de cinta/disco	4	2 990,00	11 960,00
	Sistema de extracção de poeiras	4	4 800,00	19 200,00
	Compressor + acessórios pneumáticos	4	2 100,00	8 400,00
	Bancadas metálicas de carpintaria	16	350,00	5 600,00
	Lote de ferramentas manuais & lâminas	4	1 800,00	7 200,00
	Equipamentos de protecção individual (EPI)	24	150,00	3 600,00
	Acessórios / software de calibração	4	1 502,88	6 011,52
Total geral dos investimentos de capital	—	—	—	428 886,64

Notas:

- Quantidades referem-se ao total adquirido ao longo dos 20 anos (anos 1, 6, 11 e 16).
- O bloco “Componentes do equipamento de carpintaria” mostra a soma de quatro conjuntos completos.

Estrutura da Mão - de - Obra

Categoria de pessoal	Nº trab.	Salário unit. (USD/ano)	Custo Ano 1 (USD)
Serradores	4	2 800,00	11 200,00
Motoristas	2	2 600,00	5 200,00
Ajudantes gerais	2	1 500,00	3 000,00
Administração e contabilidade	2	4 112,50	8 225,00
Subtotal salários	10	—	27 625,00
Encargos sociais (10 %)	—	—	2 762,50

Custos Operacionais Variáveis – Quantidade, Unitário e Total

Rubrica	Unidade	Quant. Ano 1	Custo unit. Ano 1 (USD)	Custo total Ano 1 (USD)	Regra de actualização
Combustível + lubrificantes	Litro de gasóleo	4 000	1,00	4 000,00	+4 % ao ano
Manutenção de bens móveis/imóveis	Intervenção	1	500,00	500,00	+2 % ao ano
Viagens nacionais	Viagem	5	200,00	1 000,00	+1 % ao ano (valor chega a 10 010 USD no Ano 20)
Comunicações (voz + dados)	Mês de serviço	12	25,00	300,00	+≈2 % ao ano
Computadores / fax*	Equipamento	4	700,00	2 800,00	Anos 4, 8, 12, 16: 2 500 USD; restantes: 300 USD
Consumíveis de escritório	Mês	12	41,67	500,00	+≈2 % ao ano

* Ano 1 é aquisição inicial; nos anos mencionados faz-se renovação. Nos demais, o custo é apenas de manutenção.

Anexo 7. Cálculos do Valor Actual Liquido para Preços Médios

Ano	Receitas (USD)	Custos (USD)	Receita Liquida (USD)	TD (12%)	RLD USD (12%)	TD (10%)	RLD USD (10%)
0		150684.16	-150684.16	1.00	-150684.2	1.00	-150684.2
1	1758873.1	37822.5	1721050.6	1.12	2356469.5	1.10	2399314.4
2	1758873.1	39052.5	1719820.6	1.25	2103010.0	1.21	2180178.3
3	1758873.1	42262.5	1716610.6	1.40	1875402.7	1.33	1979568.6
4	1758873.1	41106.5	1717766.6	1.57	1675201.4	1.46	1800397.4
5	1758873.1	148145.2	1610727.9	1.76	1434978.9	1.61	1570262.3
6	1758873.1	42476.5	1716396.6	1.97	1334766.2	1.77	1487158.4
7	1758873.1	45790.5	1713082.6	2.21	1190256.4	1.95	1350261.6
8	1758873.1	44744.5	1714128.6	2.48	1063151.4	2.14	1227998.5
9	1758873.1	45929.5	1712943.6	2.77	948815.0	2.36	1115859.7
10	1758873.1	153071.2	1605801.9	3.11	812659.5	2.59	973110.1
11	1758873.1	48754.5	1710118.6	3.48	755577.4	2.85	921208.0
12	1758873.1	49754.5	1709118.6	3.90	674366.0	3.14	837143.1
13	1758873.1	51090.5	1707782.6	4.36	601806.3	3.45	760652.2
14	1758873.1	52463.5	1706409.6	4.89	537046.1	3.80	691140.5
15	1758873.1	159794.2	1599078.9	5.47	459896.6	4.18	602615.4
16	1758873.1	55387.5	1703485.6	6.13	427652.9	4.59	570554.1
17	1758873.1	56931.5	1701941.6	6.87	381608.1	5.05	518380.1
18	1758873.1	58532.5	1700340.6	7.69	340513.3	5.56	470966.7
19	1758873.1	69190.5	1689682.6	8.61	302792.3	6.12	426408.9
20	1758873.1	61965.5	1696907.6	9.65	271099.2	6.73	388718.4
					VAL (12%) USD	19396385.31	
					VAL (10%) USD	22121212.4	

Nota: TD - Taxa de Desconto
 RLD - Receita Liquida Descontada
 VAL - Valor Actual Liquido

Anexo 8. Cálculos do Valor Actual Liquidado para Preços Baixos

Ano	Receitas (USD)	Custos (USD)	Receita Liquida (USD)	TD (12%)	RLD USD (12%)	TD (10%)	RLD (10%)
0		150684.16	-150684.16	1.00	-150684.2	1.00	-150684.2
1	2677068.3	37822.5	2639245.8	1.12	1536652.3	1.10	1564591.5
2	2677068.3	39052.5	2638015.8	1.25	1371030.5	1.21	1421339.3
3	2677068.3	42262.5	2634805.8	1.40	1221849.5	1.33	1289715.0
4	2677068.3	41106.5	2635961.8	1.57	1091671.7	1.46	1173257.7
5	2677068.3	148145.2	2528923.1	1.76	913970.3	1.61	1000135.3
6	2677068.3	42476.5	2634591.8	1.97	869579.9	1.77	968861.1
7	2677068.3	45790.5	2631277.8	2.21	774911.6	1.95	879082.2
8	2677068.3	44744.5	2632323.8	2.48	692307.8	2.14	799653.6
9	2677068.3	45929.5	2631138.8	2.77	617704.6	2.36	726455.3
10	2677068.3	153071.2	2523997.1	3.11	517025.2	2.59	619106.1
11	2677068.3	48754.5	2628313.8	3.48	491618.2	2.85	599386.1
12	2677068.3	49754.5	2627313.8	3.90	438688.2	3.14	544577.9
13	2677068.3	51090.5	2625977.8	4.36	391379.7	3.45	494683.8
14	2677068.3	52463.5	2624604.8	4.89	349165.2	3.80	449351.0
15	2677068.3	159794.2	2517274.1	5.47	292145.7	4.18	382806.8
16	2677068.3	55387.5	2621680.8	6.13	277875.4	4.59	370728.1
17	2677068.3	56931.5	2620136.8	6.87	247878.2	5.05	336720.1
18	2677068.3	58532.5	2618535.8	7.69	221111.6	5.56	305821.2
19	2677068.3	69190.5	2607877.8	8.61	196183.6	6.12	276276.6
20	2677068.3	61965.5	2615102.8	9.65	175912.9	6.73	252234.5
				VAL (12%) USD	12537978.0		
				VAL (10%) USD	14304099.1		

Anexo 9. Cálculos do Valor Actual Liquidado para Preços Superiores

Ano	Receitas (USD)	Custos (USD)	Receita Liquida (USD)	TD (12%)	RLD USD (12%)	TD (10%)	RLD USD (10%)
0		150684.16	-150684.16	1.00	-150684.2	1.00	-150684.2
1	3595263.5	37822.5	3557441	1.12	3176286.6	1.10	3234037.3
2	3595263.5	39052.5	3556211	1.25	2834989.6	1.21	2939017.4
3	3595263.5	42262.5	3553001	1.40	2528955.9	1.33	2669422.2
4	3595263.5	41106.5	3554157	1.57	2258731.0	1.46	2427537.1
5	3595263.5	148145.2	3447118.3	1.76	1955987.5	1.61	2140389.3
6	3595263.5	42476.5	3552787	1.97	1799952.5	1.77	2005455.6
7	3595263.5	45790.5	3549473	2.21	1605601.3	1.95	1821440.9
8	3595263.5	44744.5	3550519	2.48	1433995.1	2.14	1656343.3
9	3595263.5	45929.5	3549334	2.77	1279925.4	2.36	1505264.1
10	3595263.5	153071.2	3442192.3	3.11	1108293.8	2.59	1327114.1
11	3595263.5	48754.5	3546509	3.48	1019536.6	2.85	1243029.8
12	3595263.5	49754.5	3545509	3.90	910043.9	3.14	1129708.4
13	3595263.5	51090.5	3544173	4.36	812233.0	3.45	1026620.7
14	3595263.5	52463.5	3542800	4.89	724927.1	3.80	932930.0
15	3595263.5	159794.2	3435469.3	5.47	627647.4	4.18	822424.0
16	3595263.5	55387.5	3539876	6.13	577430.5	4.59	770380.2
17	3595263.5	56931.5	3538332	6.87	515338.0	5.05	700040.1
18	3595263.5	58532.5	3536731	7.69	459915.0	5.56	636112.2
19	3595263.5	69190.5	3526073	8.61	409401.0	6.12	576541.1
20	3595263.5	61965.5	3533298	9.65	366285.6	6.73	525202.2
				VAL (12%) USD	26254792.6		
				VAL (10%) USD	29938325.8		