

**IIAM – CENTROS ZONAIS NOROESTE (CZNW) e NORDESTE (CZND) /
FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (FNDS)**

Sector de Florestas

**Relatório Preliminar da Instalação e 1ª medição da Parcela de Amostragem
Permanente (PAP) NM03 na Reserva Especial de Niassa (REN)**



Novembro, 2023

**Relatório preliminar da instalação e 1ª medição da Parcela de Amostragem
Permanente NM03 na Reserva Especial de Niassa (REN)**

Autores:

Papin Aurélio Mucaleque, Cremildo Riba Gouveia Dias, Belto Elias João, Jacinto Mirione Mafalacusser, Alberto Fernando Mussana, Aristides Cassiano Mamba, Munir Jussub e Tomé Rachide

Redacção:

Papin Aurélio Mucaleque, Cremildo Riba Gouveia Dias e Belto Elias João

Revisão:

Edna Munjovo Tembe, Sérgio Simão João, Muri Soares e Aristides Muhate.

Fotos e ilustrações:

Papin Aurélio Mucaleque, Aristides Cassiano Mamba e Jacinto Mirione Mafalacusser

Ficha Técnica

Título: Relatório preliminar da instalação e 1ª medição da Parcela de Amostragem Permanente (PAP) NM03 na Reserva Especial do Niassa (REN)

Redacção: Papin Aurélio Mucaleque, Cremildo Riba Gouveia Dias e Belto Elias João

Colaboração: Unidade de MRV do Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável

Equipa técnica e funções

Tabela 1: Composição da equipa de trabalho

Nome do técnico	Funções
Alberto Fernando Mussana	Chefe da Equipa
Belto Elias João	Medidor de Alturas
Aristides Cassiano Mamba	Digitador de Dados
Papin Aurélio Mucaleque	Colector botânico
Tomé Rachide	Medidor de Distâncias
Cremildo Riba Gouveia Dias	Medidor de DAP
Jacinto Mirione Mafalacusser	Pedólogo
Munir Jussub	Pedólogo
Fernando Sualei	Pedólogo

Agradecimentos:

À administração do parque na pessoa do seu administrador, Terêncio Tamele e sua equipa (fiscais), a WCS na pessoa do Nilton Cuna, a Mariri na pessoa de Agostinho Jorge (director da concessão) e Collin (Proprietária da concessão) pela excelente colaboração na disponibilização de viaturas para abertura de trilhos, internet para os técnicos, e local para acampamento. Ao regulado de Mbamba e Macalange pela disponibilização dos ajudantes de campo e sensibilização da comunidade, ao governo e comando distrital pela garantia de controlo de actividades suspeitas de extremismo/terrorismo. A todas as entidades que directa ou indirectamente apoiaram na actividade, o nosso muito obrigado (*assante/ nguyamichila*).

ÍNDICE

1. Introdução	8
2. Metodologia	9
2.1. Descrição da área de estudo	9
2.1.1. Localização da parcela	10
2.1.2. Geomorfologia	11
2.1.3. Clima	11
2.1.4. Precipitação na região	12
2.1.5. Temperatura do ar	13
2.1.6. Humidade Relativa	14
2.1.7. Vegetação e fauna	15
2.2. Alocação da PAP	16
2.2.1. Aspectos gerais da PAP	16
2.2.2. Determinação do ponto de referência	16
2.2.3. Demarcação da parcela e medição de indivíduos	17
2.3. Colecta de dados	19
2.3.1. Colecta de amostras de solo	19
2.3.2. Colecta de dados dos indivíduos arbóreos e/ou arbustivos na parcela	21
2.4. Processamento e análise de dados	22
2.4.1. Composição florística	22
2.4.2. Estrutura horizontal	23
2.4.3. Determinação da distribuição diamétrica	24
2.4.4. Estrutura Vertical	24
2.4.5. Posição sociológica	24
2.4.6. Estrutura interna	25
2.4.7. Relações hipsométricas	26
2.4.8. Distribuição espacial das espécies de interesse	27
2.4.9. Identificação botânica	28
2.4.10. Análise qualitativa das árvores	29
3. RESULTADOS	29

3.1. Caracterização da PAP	29
3.2. Análise de solos	30
3.2.1. Descrição do perfil.....	31
3.2.2. Caracterização dos horizontes	32
3.3. Composição florística	33
3.3.1. Riqueza de espécies	33
3.3.2. Diversidade florística	36
3.4. Estrutura horizontal	38
3.5. Estrutura Vertical.....	42
3.6. Estrutura hipsométrica	45
3.6.2. Relação hipsométrica em Multi-espécies	46
3.7. Distribuição diamétrica e Área Basal	50
3.8. Padrão de distribuição espacial das espécies	56
3.9. Avaliação qualitativa	58
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
5. Bibliografia.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da localização da PAP NM03 da Reserva Especial do Niassa	10
Figura 2: Distribuição da precipitação ao longo do ano e balanço hídrico na região.....	13
Figura 3: Balanço térmico da região	14
Figura 4: Esquerda: Tamarindus indica, ponto de referência (PR) da parcela NM03; Topo direita: (Sterculia quinqueloba, espécie peculiar indicando o extremo Sul da pap placa de identificação da PAP).	17
Figura 5: Modelo da parcela de amostragem permanente de 100 x 100 m.....	18
Figura 6: Zona Tampão (ZT) ao redor da PAP.	18
Figura 7: Representação gráfica de uma PAP, e os pontos de amostragem de solos.....	19
Figura 8: Panorama paisagístico e a sondagem de referência	20
Figura 9: Colecta de espécimen e levantamento de algumas variáveis na PAP NM03	22
Figura 10: Estrutura fitossociológica vertical da parcela NM03.....	42
Figura 11: Distribuição do índice de valor de importância ampliado (IVIA) das treze principais espécies amostradas na parcela NM03.....	45
Figura 12: Distribuição das classes de altura dos indivíduos da parcela NM03.	46
Figura 13: Representação gráfica da relação hipsométrica, obtida através do modelo linear sobre os valores observados na parcela NM03.	47
Figura 14: Mapa de distribuição de diâmetro e altura dos indivíduos na parcela NM03.....	48
Figura 15: Distribuição das frequências por classe diamétrica para os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 5$ cm na Parcela NM03.....	51
Figura 16: Distribuição da área basal ($m^2 \cdot ha^{-1}$) por centro de classe de diâmetro.....	55
Figura 17: Distribuição da área basal dos indivíduos arbóreos com $DAP \geq 10$ cm na parcela.....	56
Figura 18: Mapa de distribuição de diâmetro e altura dos indivíduos na parcela NM03.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição da equipa de trabalho.....	iii
Tabela 2: Aspectos gerais da parcela	16
Tabela 3: Tipos e número de amostras colectadas nas PAP NM03	21
Tabela 4: Equações utilizadas nos cálculos dos índices de diversidade e equabilidade.....	23
<i>Tabela 5: Fórmulas usadas no cálculo dos parâmetros de estrutura horizontal.</i>	<i>23</i>
Tabela 6: Funções matemáticas utilizadas na modelação da relação H-D na parcela NM03.	26
Tabela 7: Descrição dos horizontes do perfil do solo	32
Tabela 8: lista de espécies de Plantas vasculares encontradas na parcela NM03.....	34
Tabela 9: Famílias e géneros encontrados na parcela NM03.....	35
Tabela 10: Algumas das espécies do estrato inferior encontradas na parcela NM03.....	36
Tabela 11: Índices da diversidade florística da parcela NM03.	37
Tabela 12: Estrutura horizontal de espécies arbóreas com DAP \geq 10 cm da parcela NM03.....	39
Tabela 13: Estrutura horizontal de espécies com DAP entre 5 e 10 cm da parcela NM03.....	41
Tabela 14: Estrutura sociológica vertical da parcela NM03.	44
Tabela 15: Estatísticas do ajuste dos modelos NLME pelo método ML e ponderação dos resíduos.	49
Tabela 16: Estimativa dos parâmetros, erro padrão e p-valores de ajuste do principal modelo de relação hipsométrica.....	50
Tabela 17: Número de árvores por centro de classe de diâmetro e espécie da parcela NM03....	52
Tabela 18: Padrão espacial de algumas espécies florestais encontradas na parcela NM03.	57

1. INTRODUÇÃO

Na exploração e manejo de recursos florestais, é indispensável que as intervenções a serem executadas sejam baseadas em critérios técnicos que incluam desde o conhecimento da silvicultura e auto-ecologia das espécies até informações sobre a produtividade por unidade de área, oriundas, em grande parte, do monitoramento da dinâmica das florestas. São várias as formas de se monitorar a dinâmica da floresta e, dentre elas, destaca-se a utilização de parcelas de amostragem permanentes, que são áreas demarcadas na floresta e periodicamente revisitadas para a medição de indivíduos arbóreos e/ou arbustivos, e registo de eventos como mortalidade e ingresso de novos indivíduos (Felfilli *et al.*, 2005).

As Parcelas de Amostragem Permanentes (PAPs) permitem gerar parâmetros nacionais para a monitoria de mudanças que ocorrem nas florestas ao longo do tempo, cuja informação não é captada nos inventários florestais de parcelas temporárias, tais como:

1. Taxas anuais de mudança de estoques de carbono dos principais ecossistemas florestais;
2. Reservatórios de carbono e,
3. Dados sobre o crescimento e rendimento das diferentes espécies florestais.

Assim, os dados colectados e analisados de forma consistente irão permitir:

1. Monitorar as mudanças da estrutura e composição florística da vegetação ao longo do tempo;
2. Monitorar a dinâmica das espécies florestais (taxas de crescimento, mortalidade, recrutamento, regeneração);
3. Gerar dados para modelos de crescimento e rendimento;
4. Actualizar os factores de Emissão (FE) referentes aos diferentes tipos florestais e tipos de solos; que definem os stocks de carbono aéreo e de solo;
5. Permitir a calibração de imagens de satélite para o cálculo de biomassa aérea através de técnicas de teledeteccção espacial.

No período de 15 de Maio à 9 de Maio de 2022, as equipas do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) composta pelos técnicos dos Centros Zonais Nordeste e Noroeste e

acompanhados por um técnico de solos do IIAM sede, deslocou-se a Reserva Especial de Niassa (REN), no Distrito de Mecula, com o objectivo de estabelecer uma parcela de amostragem permanente localizada no Povoado de Mbamba (codificada por NM03) na floresta semi-decídua incluindo miombo (FSDIM).

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área de estudo

A Reserva Especial do Niassa (REN) fundada em 1960 através do Diploma Legislativo N.º 2.884 de 23 de Julho de 1960, é a maior área protegida do país, cobre parcialmente as províncias de Niassa e Cabo Delgado, numa extensão incluindo a zona tampão de 42.400 km² (SGDRN, 2007).

Cerca de 60000 habitantes vivem dentro da REN e com uma densidade média estimada de elefantes de 0,4 indivíduos/km² (Craig, 2009), mas com maiores concentrações no lado leste da área. Em 2012, a população de elefantes era de aproximadamente 20000, actualmente, estima-se uma população de quase 5000.

A REN enquadra-se no chamado miombo oriental, uma ecoregião¹ que cobre quase 1/2 milhão de km² estendendo desde a parte sul da Tanzânia até o sudeste do Malawi incluindo o norte de Moçambique (Ribeiro *et al.*, 2007).

A Reserva Especial do Niassa (REN) está localizada entre os paralelos 12°38'48.67''S e 11°27'05.83''S e os meridianos 36°25'21.16''E e 38°30'23.74''E, e pertence a uma das maiores áreas de conservação de florestas de Miombo do mundo e a maior de Moçambique (Ribeiro *et al.*, 2007). A REN faz fronteira com a Tanzânia, ocupando cerca de 1/3 da província de Niassa, concretamente os distritos de Mecula, Mavago, parte dos distritos de Muembe, Majune, Marrupa, Sanga e parte dos distritos de Mueda e Montepuez, na Província de Cabo Delgado, sendo limitada pelo rio Rovuma a Norte, Rio Lugenda a Sudeste, Rio Luatize a Sudoeste e pelo rio Lussanhando no extremo Oeste (Amade, 2016; Cangela, 2014).

¹ Ecoregião geralmente cobre área relativamente grande de terra e contém comunidades e espécies características dessa área delimitada geograficamente.

A REN está subdividida em 15 unidades de gestão nomeadamente, R1, R3, R4, R6, L1, L2, L4, L5, L6, L7 e L9 (áreas de conservação de recursos), R2, R5, L3 e L8 (áreas de conservação de selva virgem) e montes Jau e Mecula (áreas especiais de conservação) (Cangela, 2014). A floresta de Miombo, da qual faz parte a vegetação da REN, é o maior ecossistema de floresta tropical seca do mundo. Ocupa cerca de 1,9 milhões de km² na África Austral em 7 países (Dziba *et al.*, 2020).

2.1.1. Localização da parcela

A Parcela de Amostragem Permanente NM03 foi estabelecida no Povoado de Mbamba, Distrito de Mecula, Província do Niassa, numa região da floresta semi-decídua incluindo o miombo (Figura 1).

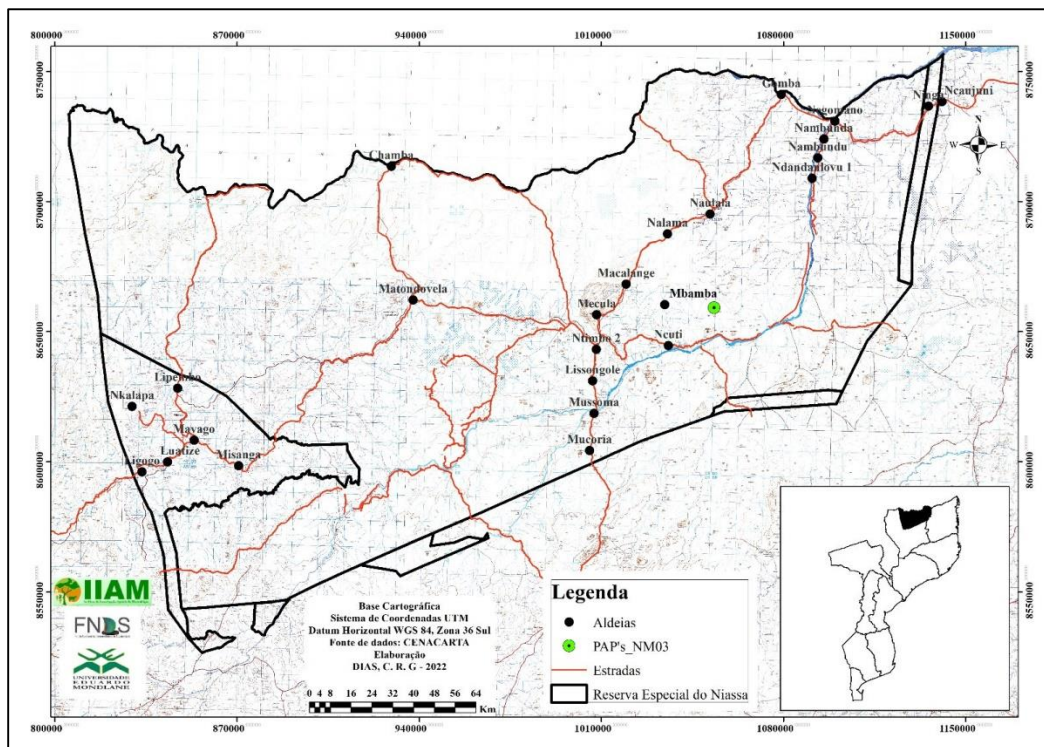


Figura 1: Mapa da localização da PAP NM03 da Reserva Especial do Niassa

2.1.2. Geomorfologia

O relevo é acidentado e com muitas elevações no extremo Oeste passando para plano a Este. A altitude varia de 100–1400m, desde a vizinhança dos rios Rovuma e Lugenda até monte Mecula. Além dos montes Mecula e Jodo, alberga numerosos inselbergs de granito na região (Cangela, 2014).

A montanha de Mecula é um *inselberg* isolado, localizado no centro da reserva e rodeada de área plana. As características dos solos variam de areno-argilosos, profundos e permeáveis de pouca fertilidade à inférteis de camadas estreitas de areia, regularmente susceptíveis à erosão (Cangela, 2014).

O panorama macro paisagístico da região onde foram estabelecidas as PAPs na Reserva Especial do Niassa abrange as áreas de altitude média que varia entre 200 à 1000 metros, donde emergem grandes maciços montanhosos separados por áreas peneplanálticas mais ou menos acidentadas e serpenteadas por numerosos cursos sazonais de água, em harmonia com a irregularidade topográfica resultante da pluviosidade relativamente elevada, característica típica da região (Ferro & Bouman, 1987).

Segundo a Carta Hidrogeológica de Moçambique (Ferro & Bouman, 1987), esta região apresenta remanescentes dos ciclos de erosão mesocretácicos e outros mais antigos, com efeito, é de salientar que os elevados cimos de alguns relevos representem vestígios desses ciclos. A topografia das áreas circunjacentes, planálticas, cujo substrato litológico é predominantemente constituído por granitos e granitos-gnêissicos, resistentes à erosão, é já uma superfície de um ciclo conducente a pediplanícies com numerosos inselbergues.

A geologia da região é dominada por rochas do Complexo gnaissico-migmatítico, incluindo a Série Metassedimentar, o Complexo granito-gnáissico-migmatítico e a série Charnoquítica. Ainda, por vezes, os xistos verdes, serpentinitos, quartzitos listrados, conglomerados e grauvaques (Ferro & Bouman, 1987).

2.1.3. Clima

O clima da área é tropical sub-húmido, com uma precipitação média anual de 750 mm que aumenta do este (800 mm) para o oeste (1400mm) e uma temperatura média anual de 25°C, que varia de 20 - 26°C durante a estação seca (de Maio até Outubro). A estação húmida ocorre de

Novembro à Abril com uma precipitação de 900 mm e uma temperatura média anual de 30°C (SGDRN, 2005).

Em geral, esta PAP, esta dentro duma parte integrante da região onde predomina o regime meteorológico do Norte de Moçambique, encontrando-se sob influência da Frente de Convergência Intertropical (ZCIT), característica do Norte, fortemente influenciado pela altitude, facto que resulta na quantidade elevada de precipitação (Kassam *et al.*, 1981).

De Janeiro à Fevereiro, um período em que a ZCIT afecta parte da região, os ventos predominantes são, geralmente, de quadrante nordeste, corrente dos alísios de nordeste, do hemisfério norte, em virtude de a ZCIT estender-se para o sul.

Mais ainda, a região é influenciada pelos centros de acção seguintes:

(i) Frente de convergência intertropical que afecta parte da região no período de Dezembro a Fevereiro, provocando invasões de ar equatorial; e

(ii) Célula de altas pressões de origem térmica contrastada pela altitude.

Por coincidência e semelhança, há uma clara definição entre as estações quente e chuvosa, e a fresca e seca. Contudo, há uma pequena variação térmica no espaço temporal (duração) no Verão (tempo quente) e no Inverno (tempo fresco). Localmente, as precipitações tendem a aumentar com a altitude (Kassam *et al.*, 1981).

2.1.4. Precipitação na região

Em geral, e segundo a figura abaixo, a precipitação média anual dos últimos 10 anos é de 1.418,4 mm. A sua distribuição não é regular, mas obedece uma ascensão gradual desde o mês de Novembro até o mês de Março e depois observa-se o inverso até o mês de Setembro. As chuvas mais fortes (acima de 100mm mês⁻¹), ou seja, 90% da precipitação total ocorrem no período de Dezembro de um ano a Abril do ano seguinte (Fig. 2). O mês de Março regista a precipitação mais elevada (um pouco mais de 350mm).

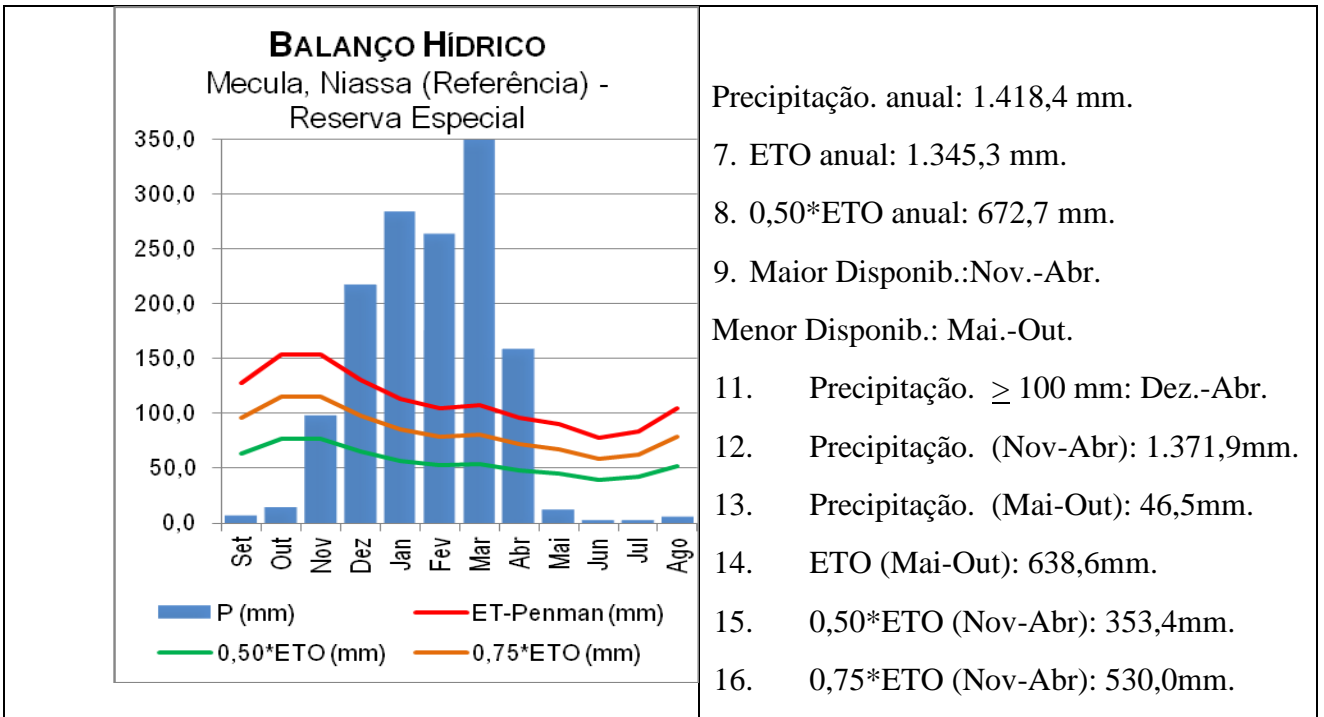


Figura 2: Distribuição da precipitação ao longo do ano e balanço hídrico na região

Tomando como base, a disponibilidade da água no solo para as plantas, ou seja, $Prec. > 0,50*ETO$, o balanço hídrico seguro ocorre a partir do mês de Novembro e este prolonga-se até o mês de Abril do ano seguinte.

A evapotranspiração acumulada está na ordem dos 1.345,3 mm. O déficit hídrico pode ocorrer no período compreendido entre os meses de Maio e Outubro, neste período, a precipitação acumulada é de apenas 46,5 mm contra cerca de 638,6 mm de evapotranspiração potencial o que perfaz um déficit absoluto de -592,1 mm. Contudo, tratando-se de solos localizados em formações florestais em regiões sub-húmidas, estes têm uma capacidade de conservar a humidade por mais tempo, localmente, a espessura dos detritos orgânicos chega a variar entre 0,0 cm (solo exposto) a 3,7 cm.

2.1.5. Temperatura do ar

A temperatura do ar é um factor climático muito importante para a vida de todos os seres vivos incluindo as formações vegetais, pois esta exerce grande influência em todas as actividades fisiológicas, por controlar as taxas das reacções metabólicas nas células.

Na região, a temperatura média anual tem uma variação considerável. Tendo como base a estação meteorológica de referência, a amplitude térmica anual calculada entre a temperatura média do mês mais quente (32,8°C) e a do mês mais frio (15,9°C) é de 16,9°C (Fig.3).

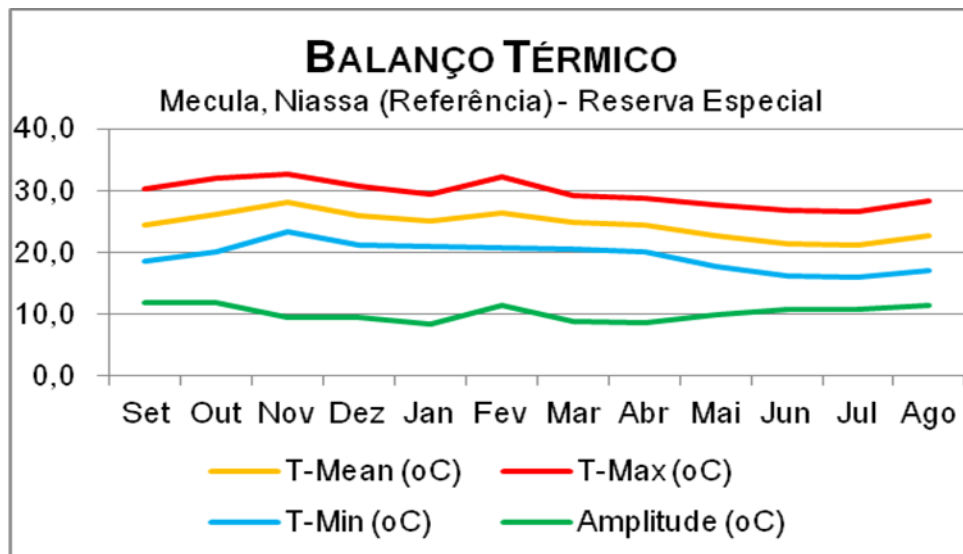


Figura 3: Balanço térmico da região

A amplitude térmica da temperatura máxima absoluta (Nov: 32,8°C; Jul: 26,6°C) é de 6,2°C; e a da mínima absoluta (Nov: 23,4°C, e Jul: 15,9°C) é de 7,5°C. Os valores extremos absolutos (32,8°C de máxima absoluta em Novembro; e 15,9°C de mínima absoluta em Julho), perfazem uma amplitude global absoluta de 16,9°C. Contudo, a média da amplitude das temperaturas máxima e mínima é de 10,2°C, esta é classificada como sendo moderada.

A variação da amplitude térmica na região é fortemente influenciada por factores tais como: o tipo de clima, tipo de vegetação dominante, relevo, altitude, massas do ar, e pressão atmosférica.

2.1.6. Humidade Relativa

A humidade relativa do ar é a concentração de moléculas de água em forma de vapor na atmosfera. As plantas apresentam um mecanismo contínuo de evapotranspiração que consiste na retirada da água do solo através das raízes e levá-la até as folhas, e destas ela sai como vapor de água para a atmosfera.

Em geral, a humidade relativa abaixo de 60% pode ser prejudicial, pois aumenta a taxa de transpiração e acima de 90% reduz a absorção de água e nutrientes, devido a redução da transpiração, além de favorecer a propagação de doenças sobretudo as de tipo fungos.

Na região, a humidade relativa média anual é de 70,0% e os valores absolutos extremos ocorrem em Outubro (50,0%) e Janeiro (89,0%). Apenas os meses de Setembro e Outubro registam valores abaixo de 60% e os restantes meses são considerados como sendo moderados a óptimos para maior parte de espécies vegetais sobretudo àquelas que mantêm a folhagem sempre verde e garantem o equilíbrio da taxa de transpiração e a absorção de água e nutrientes.

2.1.7. Vegetação e fauna

A Reserva Nacional do Niassa está localizada a Norte de Moçambique; 70% do qual é coberto pelas florestas de miombo, que inclui mais 800 espécies de plantas, metade das quais endémicas, enquanto os 30% restantes são cobertos por savanas abertas e dambos (Ribeiro *et al.*, 2008).

A vegetação dentro da REN subdivide-se em 6 classes, designadamente, Floresta Aberta decídua, Floresta densa decídua, Floresta Sempre verde, Dambos (Pradaria inundada), Vegetação Ribeirinha e Floresta com Agricultura Itinerante (Marzoli, 2007; Timberlake *et al.*, 2004).

Setenta e dois por cento da área total da Reserva do Niassa é coberta por “dry Zambezian Miombo woodland”/ floresta seca de Miombo Zambeziano que é dominado por *Brachystegia spiciformis*, *Bachystegia boehmii* e *Julbernardia globiflora* (White, 1983). A copa do miombo seco é geralmente inferior a 15 m de altura e decídua por um mês ou mais durante a estação seca (Timberlake *et al.*, 2004).

No geral, o miombo da REN apresenta-se mais alto e denso na parte Oeste. Por outro lado, em áreas mais para o Este da Reserva, a vegetação decidua é mais curta e espessa. Segundo Timberlake *et al.* (2004), tal facto deve-se a diferentes pluviosidades e quantidade de argila no solo.

2.2. Alocação da PAP

Definiu-se que a Rede Nacional de Parcelas Permanentes deveria ter como quadro amostral a grelha nacional de 2 km * 2 km, e como população alvo da alocação das unidades amostrais a Floresta Semi-decídua incluindo o Miombo (FSDIM) e Floresta Semi-sempre-verde (FSSV), Mecrusse e Mopane, definidos no IV inventário florestal nacional.

Esta é uma grelha sistemática distribuída por todo o país, da qual um total de 100 unidades amostrais foram definidas como unidades amostrais da rede das PAPs em Moçambique e estas unidades amostrais foram alocadas recorrendo a amostragem aleatória estratificada.

Da alocação resultou em amostras localizadas dentro das áreas de conservação, que é o caso da parcela NM03.

2.2.1. Aspectos gerais da PAP

A parcela NM03 têm as seguintes características gerais:

Tabela 2: Aspectos gerais da parcela

Código da parcela	NM03	
Coordenadas	X: 120500.4	Y: 380453.7
Declinação Magnética	-10	
Altitude	251 m	
Tipo de vegetação	FSDIM	
Período de instalação e medição	22 a 27 de Maio de 2022	
Área de levantamento	Reserva Especial de Niassa/ Localidade de Mpindimbi (Mariri)	

2.2.2. Determinação do ponto de referência

Marcou-se um ponto de referência à uma distância de 5.65 metros do ponto principal. O ponto de referência utilizado foi uma árvore adulta da espécie *Tamarindus indica* (Fig. 4)



Figura 4: Esquerda: Tamarindus indica, ponto de referência (PR) da parcela NM03; Topo direita: (Sterculia quinqueloba, espécie peculiar indicando o extremo Sul da pap placa de identificação da PAP).

2.2.3. Demarcação da parcela e medição de indivíduos

Para a demarcação desta parcela, usou-se o Trupulse calibrado com a declinação magnética de -10° . Na sequência, foi demarcada a primeira linha principal considerando o eixo Y, com a orientação SUL – NORTE. Com a fita métrica (de 100 metros) foram fixadas e alinhadas estacas com espaçamento de 20, numa distância de 100 metros.

Seguiu-se o alinhamento perpendicular à linha principal, considerando o eixo X, com a orientação OESTE – ESTE, marcada com a ajuda da bússola do GPS e do método do teorema de Pitágoras para se definir um ângulo recto no cruzamento das duas linhas (isto é, no ponto X e Y “0”). No segundo alinhamento as estacas foram colocadas com espaçamento de 10 metros com distância de 100 metros. Nestas posições com a ajuda de uma fita métrica de 100 m e uma corda de 10 m foram alinhados os eixos no sentido SUL-NORTE paralelos a linha principal, necessário para orientação e formação das subparcelas. A zona tampão foi demarcada ao longo do perímetro da PAP, com 25 m de comprimento em cada lado da PAP.

Deste modo, a parcela com o tamanho de 1 hectare (100 m x 100 m), ficou subdividida em 50 subparcelas de (10 m x 20 m), e cada subparcela recebeu a designação $X_1, X_2, X_3...X_{50}$, conforme a sua posição, considerando as direcções SUL – NORTE e OESTE–ESTE. Nestas

2.3. Colecta de dados

2.3.1. Colecta de amostras de solo

A metodologia de trabalho para a descrição de solos e recolha de amostras de solo é a mesma descrita no Suplemento "Guião para colheita de amostras de solos nas parcelas de amostragem permanente" (Fernandes *et al.*, 2020), e consiste na localização do centro da parcela, donde a sondagem de referência é feita e posteriormente NM03 na zona tampão, ou seja, nos pontos (a, b, c, d), outra sondagem é feita para aferir a similaridade do solo com o da sondagem de referência no centro da PAP.

O perfil de referência de cada PAP foi aberto até uma profundidade de 1,50 m de profundidade, foi descrito segundo o manual de descrição de solos em uso na DARN (Comunicação N.º. 74) e as amostras perturbadas e não perturbadas foram colectadas nas camadas (horizontes) identificadas durante a descrição. Os mini-perfis (I, II, III e IV) foram abertos na zona tampão, nos vértices de cada parcela no sentido S-N e seguindo os ponteiros do relógio tendo como ponto de partida o vértice A, ver figura 7, o mais próximo do PP da parcela.

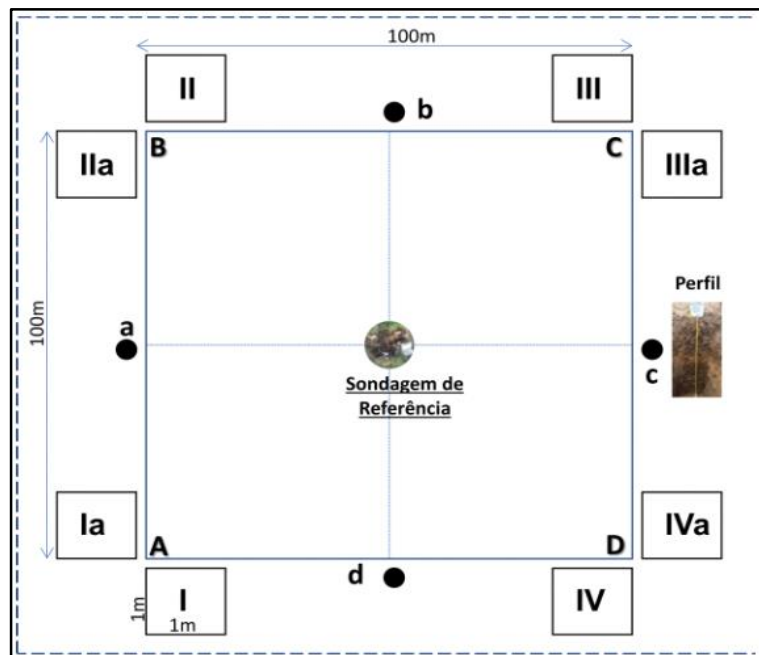


Figura 7: Representação gráfica de uma PAP, e os pontos de amostragem de solos

As sondagens de solo feitas no centro das parcelas, ou seja, sondagens de referência, determinaram a alocação dos perfis referência, nas PAPs, no primeiro ponto de verificação, ou seja, zona tampão, no ponto (a) segundo o diagrama representando uma PAP, ver figs 7 e 8.

A amostragem nos perfis foi feita em função das camadas identificadas e dois tipos de amostras foram colectadas, as não perturbadas, estas para a determinação da densidade e as perturbadas para as análises das propriedades físicas e químicas do solo; enquanto que nos miniperfis foram colectados os detritos orgânicos (uma amostra composta) nos 4 cantos, isto é, nas subparcelas I, II, III e IV), 3 amostras perturbadas compostas em três profundidades nomeadamente 0-10; 10-20 e 20-30 cm de profundidade, e 12 amostras não perturbadas, sendo 3 em cada mini-perfil nas mesmas profundidades. As amostras foram devidamente identificadas (código da PAP, localidade, distrito, profundidade, etc.), transportadas e submetidas às devidas análises especializadas no laboratório de solos do IIAM-Sede.



Figura 8: Panorama paisagístico e a sondagem de referência

As amostras de solo e de detritos orgânicos foram colectadas para análises laboratoriais e constituirão a base para a determinação da densidade aparente do solo dado que é um atributo fundamente na distribuição do sistema radicular das plantas e permitir o cálculo do estoque de

carbono e identificação da unidade de solo. Até ao momento da redacção do presente relatório, os dados laboratoriais ainda não estavam disponíveis.

A tabela 3 mostra de forma resumida, os tipos de amostras colectadas na PAP NM03, tanto no perfil do solo, assim como nos mini-perfis (I, II, III, IV).

Tabela 3: Tipos e número de amostras colectadas nas PAP NM03

Tipos de amostras colectadas				
Objecto de amostragem	Perturbadas	Não perturbadas	Detritos orgânicos	Lençol freático
PAP- NM03				
Perfil	6	5	0	0
Mini-perfis (I,II,III,IV)	3	12	1	0
Total	9	17	1	0

2.3.2. Colecta de dados dos indivíduos arbóreos e/ou arbustivos na parcela

Os dados colectados em cada subparcela são: o diâmetro a altura do peito (DAP), situado a 1.30 m, porém, dependendo da qualidade do fuste. Em casos previstos no manual (Fernandes *et al.*, 2020), a altura da medição foi deslocada (para cima ou pra baixo) e tomada a anotação da altura exacta onde fez-se a medição, usando a fita diamétrica ou suta para árvores tombadas; as alturas comerciais e totais foram tomadas com o uso de uma barra altimétrica ou hipsómetro; as distâncias x e y em relação a localização dos indivíduos dentro da subparcela, foram tomadas com auxílio de fitas métricas; a classificação da qualidade da árvore (vigor da copa, sanidade da árvore, qualidade do fuste e posição da copa) e colecta de espécimes (Fig. 9).



Figura 9: Colecta de espécimen e levantamento de algumas variáveis na PAP NM03

2.4. Processamento e análise de dados

A análise de dados, seguiu os passos definidos por Fernandes *et al.* (2020). Para esta fase, as análises consistiram numa análise descritiva e parcial dos dados qualitativos e quantitativos, e o cálculo das estruturas horizontal (EH), vertical (EV) e composição florística dos indivíduos acima de 5 cm de DAP. Para determinação dos diferentes parâmetros da EV e EH, usou-se a subparcela como unidade amostral.

2.4.1. Composição florística

Para estimar a diversidade florística, foram utilizados os índices de diversidade de *Shannon-Weaver* (H'), *Dominância de Simpson* (C), *Diversidade Máxima* (H'_{max}), *Equabilidade de Pielou* (J), *Coeficiente de mistura de Jentsh* (QM) e *riqueza de espécies* (S). Para o cálculo da riqueza de espécie baseou-se no número total de espécies das sub-parcelas, para tal, construiu-se uma tabela para valores de espécies observadas e o, número de indivíduo de cada espécie. Para o índice de diversidade de *Shannon-Weaver* quanto maior for o valor do índice, maior será a diversidade florística da área em estudo. Os valores da *dominância de Simpson* variam de 0 (zero) à 1 (um), e quanto mais próximo de 1 (um) maior será a diversidade da comunidade. Para a equabilidade de *Pielou*, quanto maior o valor de J , maior será a diversidade florística da área em estudo, apresentando amplitude de 0 (uniformidade mínima) e 1 (uniformidade máxima). As fórmulas usadas para cálculo de cada diversidade estão descritas na tabela 4.

Tabela 4: Equações utilizadas nos cálculos dos índices de diversidade e equabilidade

Parâmetro	Abrev.	Fórmula
Diversidade de Shannon-Weaver	H'	$H' = - \sum_{i=1}^S P_i * \ln(p_i)$
Dominância de Simpson	C	$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S n_i * (n_i - 1)}{N * (N - 1)}$
Diversidade Máxima	H' max	$H'_{max} = \ln(S)$
Equabilidade de Pielou	J	$J = \frac{H'}{H'_{max}}$
Coefficiente de mistura de Jentsh	QM	$QM = \frac{S}{N}$

Onde: H' = diversidade de Shannon; pi = ni/N, ou seja, densidade relativa da i-ésima espécie por área; ni = número de indivíduos da espécie i; N = número total de indivíduos; ln = logaritmo neperiano; C = dominância de Simpson; S = número total de espécies amostradas; H' max = diversidade máxima; J = equabilidade de Pielou; Q = coeficiente de mistura de Jentsch.

2.4.2. Estrutura horizontal

A estrutura horizontal foi analisada através da frequência, densidade, dominância em forma de valores absolutos e relativos, índice de valor de importância (IVI) e distribuição diamétrica. Para calcular a importância ecológica (IVI) de cada espécie dentro da parcela, combinaram-se os parâmetros relativos de estrutura horizontal, nomeadamente, a frequência, abundância e dominância para gerar o índice de valor de importância (IVI) e índice de valor de cobertura (IVC) (Müeller-dombois & Ellenberg, 1974), descritos na tabela 5.

Tabela 5: Fórmulas usadas no cálculo dos parâmetros de estrutura horizontal.

Parâmetro	Abrev.	Fórmula	Unidade
Frequência absoluta	FA	$FA_i = p_i/P_t * 100$	%
Frequência relativa	FR	$FR_i = FA_i / \sum_{i=1}^S FA_i * 100$	%
Abundância absoluta	ABA	$ABA_i = n_i/A$	n.ha ⁻¹
Abundância relativa	ABR	$ABR_i = ABA_i / \sum_{i=1}^S ABA_i * 100$	%
Dominância absoluta	DoA	$DoA_i = G_i/A$	m ² .ha ⁻¹
Dominância relativa	DoR	$DoR_i = DoA_i / \sum_{i=1}^S DoA_i * 100$	%
Índice de valor de importância	IVI	$IVI_i(\%) = DR_i + DoR_i + FR_i$	%
Índice de valor de cobertura	IVC	$IVC_i(\%) = DR_i + DoR_i$	%

Onde: n_i = número total de indivíduos amostrados de cada espécie i , por unidade de área; N = número total de indivíduos amostrados, independentes da espécie; g_i = área basal de cada espécie; G = área basal total das espécies encontradas por unidade de área; A = área amostrada (ha); p_i = número de subparcelas com a presença da espécie i ; P_t = número de subparcelas

2.4.3. Determinação da distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica de um povoamento florestal corresponde ao número de árvores por hectare, e por classe de diâmetro, independentemente das espécies. Já a distribuição diamétrica da espécie é o número de árvores, por hectare, e por classe de diâmetro, para a i -ésima espécie. Na avaliação da estrutura diamétrica os dados correspondentes ao número de árvores, foram organizados em classes de diâmetros com amplitude de 5 cm.

2.4.4. Estrutura Vertical

A análise da estrutura horizontal e vertical, juntas, fornecem resultados mais precisos sobre a importância ecológica da espécie na comunidade florestal. Na estrutura vertical foi considerada a posição sociológica absoluta e relativa por espécie na comunidade vegetal, conforme recomenda Finol (1971).

2.4.5. Posição sociológica

Os parâmetros fitossociológicos da estrutura vertical englobam a posição sociológica, que fornece a composição florística dos diferentes estratos verticais da floresta e/ou povoamento. Com isso, para estudar a posição sociológica de cada espécie na comunidade vegetal é necessário, primeiro, estabelecer estratos de altura total dos indivíduos, depois, calcular o valor fitossociológico de cada estrato e, por fim, obter as estimativas dos valores absolutos e relativos da posição sociológica (Simões, 2017). O número de estratos ocorrentes na floresta é uma peculiaridade do povoamento, relacionada as diferenças em composição de espécies, relações competitivas, restrições ambientais e perturbações antrópicas ou naturais (Simões, 2017).

A análise da posição sociológica indica a importância da espécie, assim como sua participação nos estratos verticais da floresta. Neste relatório, foram utilizados três estratos de altura total (Ht) para estimar a posição sociológica absoluta por espécie na comunidade vegetal, conforme as fórmulas abaixo:

- Estrato Inferior: Árvore com $H_t < (H_m - 1S)$;
- Estrato Médio: Árvore com $(H_m - 1S) \leq H_t < (H_m + 1S)$;
- Estrato Superior: Árvore com $H_t \geq (H_m + 1S)$.

Onde: H_m = média das alturas totais (H_t) dos indivíduos amostrados; S = desvio padrão das alturas totais (H_t) dos indivíduos amostrados; e H_t = altura total do jésima árvore individual.

Após a classificação das alturas das árvores nos respectivos estratos (inferior, médio e superior), as estimativas de Posição Sociológica Absoluta (PSA_i), Posição Sociológica Relativa (PSR_i) e Índice de Valor de Importância Ampliado (IVIA) por espécie, foram obtidos pelo emprego das seguintes expressões:

$$PSA_i = \sum_{j=1}^J \left(\frac{N_j}{N} \right) * N_{ij}$$

$$PSR_i = \frac{PSA_i}{\sum_{i=1}^S PSA_i} * 100$$

$$IVIA = IVI_i + PSR_i$$

Onde: PSA_i = posição sociológica absoluta da i-ésima espécie; N_j = número de indivíduos do i-ésimo estrato; N = número total de indivíduos de todas as espécies, em todos os estratos; N_{ij} = número de indivíduos da i-ésima espécie no j-ésimo estrato de altura; PSR_i = posição sociológica relativa da i-ésima espécie, expresso em percentagem.

2.4.6. Estrutura interna

Partindo do mesmo conceito de posição sociológica, pode-se analisar a distribuição dos indivíduos e das espécies frente a outros agrupamentos. A estrutura interna da floresta avalia essa distribuição com relação à grupos que indicam a qualidade do fuste e complementa a análise estrutural da floresta, sendo um indicador do valor económico da floresta. A estrutura interna da floresta é determinada com o emprego da seguinte expressão:

$$QAF_i = \sum_j^m n_{ij} * \frac{N_j}{N}$$

$$QRF_i = \frac{QAF_i}{\sum_i^m QAF_i} * 100$$

Onde: m = número de estratos; N_j = número de indivíduos no j-ésimo estrato; N = número total de indivíduos amostrados; QAF_i = qualidade absoluta do fuste na i-ésima espécie; QRF_i = qualidade relativa do fuste na i-ésima espécie.

2.4.7. Relações hipsométricas

No inventário florestal, a relação hipsométrica pode ser usada para fornecer as alturas das árvores com base na medição apenas do diâmetro. A relação hipsométrica, ou relação entre o diâmetro e altura das árvores é regulada geneticamente, só faz sentido quando analisada para uma espécie e varia principalmente em função do sítio, idade e densidade arbórea. Assim, é fácil observar que espécies distintas podem ter valores de relação altura-diâmetro diferentes (Finger, 2006).

Para modelar a relação hipsométrica (H-D) em dados da parcela NM03 foram utilizados modelos não lineares amplamente divulgados na literatura florestal. Os modelos utilizados nos ajustes das equações estão compilados na tabela 6.

Tabela 6: Funções matemáticas utilizadas na modelação da relação H-D na parcela NM03.

Id	Nome da Função	Equação
1	Curtis	$h = 1,3 + \beta_0 \left(\frac{d}{1+d} \right)^{\beta_1}$
2	Naslund	$h = 1,3 + \frac{\beta_0}{(\beta_0 + \beta_1 d)^2}$
3	Meyer	$h = 1,3 + \beta_0 (1 - e^{-\beta_1 h})$
4	Michailoff	$h = 1,3 + \beta_0 e^{-\beta_1 d^{-1}}$
5	Wykoff	$h = 1,3 + \exp \left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{d+1} \right)$

h: altura total das árvores (m); d: diâmetro à altura do peito (cm); β_0 , β_1 , β_2 : parâmetros a estimar; e: base do logaritmo natural (2,71828); 1,3 é uma constante utilizada para considerar que o diâmetro à altura do peito é medido a 1,3 m acima do solo.

Os procedimentos de modelagem foram feitos no ambiente R (R Core Team, 2022; RStudio team, 2022), utilizando o pacote nlme (Pinheiro *et al.*, 2019). Para a modelação dos dados foram estruturas em função das 50 subparcelas e recorrendo a função *groupedData* do pacote nlme, conforme descrito por Mehtatalo *et al.* (2015) ou Patrício *et al.* (2022). Após o agrupamento foi

usada a função *nlsList* para explorar o comportamento inicial dos diferentes modelos a todas as subparcelas em simultâneo.

Na etapa seguinte procedeu-se com a selecção dos modelos usando a função *NLME*. Para tal foram tidos em conta os valores do critério de informação de Akaike (AIC) (Sakamoto *et al.*, 1986), do critério de informação bayesiano (BIC) (Schwarz, 1978), média dos resíduos (Mres), desvio padrão residual (RMSE) e coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}). A escolha do melhor modelo entre as diferentes funções matemáticas, foi tida em conta os valores mais baixos de todas as estatísticas associadas à um determinado modelo, e no caso do coeficiente de determinação ajustado, quanto maior o valor, melhor o modelo.

2.4.8. Distribuição espacial das espécies de interesse

Para avaliar a distribuição espacial das espécies na área de estudo foram utilizados os índices de dispersão de Payandeh (P_i), Hazen (IHi) e Morisita (IMi).

Para o índice de Agregação de Payandeh, a classificação do padrão de distribuição espacial dos indivíduos obedece a seguinte escala: $P_i < 1$ (distribuição aleatória); $1 \leq P_i \leq 1,5$ (tendência ao agrupamento) e $P_i > 1,5$ (distribuição agregada ou agrupada). As espécies com menos de dois indivíduos nas amostras foram desconsideradas por apresentarem sempre distribuição não-agrupada. O valor encontrado para Payandeh foi determinado pela seguinte expressão:

$$P_i = \frac{S_i^2}{M_i}$$

Onde: P_i = índice de Payandeh; S_i^2 = variância do número de indivíduos da espécie por parcela; M_i = média do número de indivíduos da espécie.

O método de Hazen faz uso da seguinte expressão:

$$IHi = \frac{S^2}{\bar{x}} (n - 1)$$

Onde: IHi = índice se Hazen; S^2 = variância; \bar{x} = média do número de indivíduos da espécie; n = número de observações.

Quando o IHi é maior que o valor de Qui-quadrado (X^2) a um nível de 0,99 de probabilidade, existe um factor influente na dispersão das espécies, considerando-se então que existe

agrupamento; Quando o IHi é menor que o valor de Qui-quadrado (X^2) à 0,75 de probabilidade, a distribuição da espécie deve ser considerada como não agrupada; e quando o IHi é menor que o valor de Qui-quadrado (X^2) a 0,99 de probabilidade e maior ou igual que o valor de X^2 à 0,75 de probabilidade, considera-se que a espécie tem tendência ao agrupamento.

Para comprovar ou rejeitar a hipótese de aleatoriedade da distribuição espacial das espécies na regeneração natural e estrato adulto, utilizou-se o Índice de Morisita (IMi), por ser pouco influenciado pelo tamanho da unidade de amostra e apresentar excelente qualidade na detecção do grau de dispersão, sendo estimado pela expressão:

$$IM_i = \frac{n * (\sum X^2 - N)}{N(N - 1)}$$

Onde: IM= Índice de Morisita da i-ésima espécie; ni = número total de parcelas amostradas; N = número total de indivíduos, contidos nas n parcelas; X^2 = quadrado do número de indivíduos por parcela.

Se IMi =1,0, infere-se que a i-ésima espécie tem padrão de distribuição espacial aleatório; se IMi < 1,0, o padrão de distribuição espacial da i-ésima espécie é uniforme ou regular; e se IMi > 1,0, o padrão de distribuição é agregado.

2.4.9. Identificação botânica

Em cada subparcela, as espécies colectadas foram identificadas pelos seus nomes locais e científicos provisórios, descritas suas características, etiquetadas, prensadas e posterior secagem em campo. No caso do desconhecimento deles, devido à falta de material botânico ou por serem espécies menos conhecidas pelos técnicos e/ou população local, o espécime era considerado “não determinado”. Todas as amostras foram posteriormente encaminhadas para o herbário nacional (LMA – IIAM) para a sua identificação final e servirem como espécimes de referência. Para a identificação dos indivíduos arbóreos em campo, usou-se o livro “*Trees and Shrubs of Mozambique*” (Burrows *et al.*, 2018) auxiliando-se a chaves dicotômica do livro “*Trees of Southern Africa*” (Wyk & Wyk, 2013).

De igual modo foram também colhidos /registados os espécimes de plantas do estrato herbáceo e das espécies mais comum na área da parcela sem necessariamente terem sido estabelecidas as 15 sub-parcelas de 1m x 1m.

A não recolha de espécimes dos outros indivíduos deveu-se a: (i) elevada altura das árvores, que impossibilitou a recolha, caducidade e mortalidade dos indivíduos.

De acordo com as técnicas universais de colheitas deveriam ter sido colhidas somente espécies com elementos (material) férteis (flores, frutos ou ambos) como regra universal da identificação taxonómica. Contudo, devido a necessidade da identificação de todos os indivíduos da parcela, foram colhidos para além de espécies com material fértil, as que não continham o material fértil. Quanto aos indivíduos mortos, não foi possível a sua colheita, mas foram identificadas no campo pelo seu nome provisório (nomes vernaculares) com ajuda do pisteiro, e para o caso das que se encontravam na mesma base com as outras vivas utilizava-se o exemplar da espécie viva para servir como amostra. Para as espécies impossíveis de colher o material botânico devido a altura das árvores, tomou-se como base as árvores da mesma espécie previamente colhidas e com o auxílio de um par de binóculos observou-se atentamente a disposição e forma das folhas para questões de confirmação.

2.4.10. Análise qualitativa das árvores

Para além da medição dos parâmetros dendrométricos como altura e DAP dos indivíduos adultos e juvenis, foram também avaliados os parâmetros qualitativos relativos ao vigor e sanidade da árvore, qualidade do fuste e à posição da copa em relação à luz. Para esta avaliação, foi usada uma pontuação de acordo com as recomendações de Fernandes *et al.* (2020).

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização da PAP

Esta parcela está a cerca de 100 km da vila sede de Mecula, 12 km do acampamento de Mariri e 500 m da estrada. A parcela apresenta fechamento de dossel, com espécies do género *Terminalia sp* sendo as dominantes. Dentro e ao redor da parcela, há árvores (*Terminalias*) com

colmeias. Também nota-se a presença de forma peculiar de indivíduos da espécie *Sterculia quinqueloba* (Fig. 4).

Á caminho da parcela, ao longo da estrada, nota-se uma grande quantidade de indivíduos do género *Philenoptera sp.* A influência humana resume-se na observância de vestígios de queimadas evidentes nos troncos de algumas espécies de árvores. Em geral, o material de origem é constituído por rochas ácida e básica ígnea ou metamórfica (por vezes, não especificadas) meteorizadas '*in situ*' sobre rocha sedimentar.

A existência de animais foi confirmada com a observação de excrementos de animais no local e algumas carcaças, bem como observação *in loco*. A vegetação está no seu estado natural, classificada como floresta semi-decídua a decídua; a cobertura do capim é variável, sendo inferior à 15%.

3.2. Análise de solos

O solo da PAP-NM03 é localmente conhecido como '*N'sanga we Tchejeu*' e constituído por materiais não consolidados, desenvolvidos a partir da meteorização '*in situ*' da rocha mãe ácida, sobre rocha sedimentar básica. Na parcela, e de forma isolada, foram observadas algumas termiteiras com alturas não superiores 50 cm; não foram notados afloramentos rochosos; muito menos vestígios de erosão/deposição; contudo, crostas finas (< 2 mm) a médias (2-5 mm); a cobertura vegetal do estrato herbáceo estima-se que esteja abaixo dos 15%.

A drenagem do solo é descrita como sendo moderada (interna: moderada, e o escoamento superficial é lento. Não há sinais de ocorrência de inundações, no momento da observação o solo apresentava-se completamente seco ao longo do perfil e a profundidade efectiva tem uma ligeira limitação, ou seja, cascalho fino (0,2-0,6 cm) a médio (0,6-2 cm) de diâmetro a partir dos 101 cm de profundidade e pressupõe-se que este esteja assente sobre a rocha mãe em meteorização.

A textura varia de arenoso-franca à franco-arenosa (solo superficial), gradualmente aumenta o teor de argila com a profundidade, à argilo-arenosa (subsolo); a estrutura dos agregados é fraca, fina à média, anisforme subangulosa; muito friável quando húmido, não à pouco pegajosa e não à pouco plástica quando molhado; sem películas; sem cimentação e/ou compactação; apresenta muitos poros finos e muito finos; sem películas; sem nódulos minerais; poucos, finos e

médios fragmentos rochosos de quartzo no subsolo; algumas cavidades abertas de térmites que diminuem com a profundidade; poucas raízes grosseiras e muitas muito finas e finas.

Os mini-perfis abertos nos quatro vértices na direcção S-N da parcela localizam-se nas coordenadas seguintes:

- NM03-I: Latitude 12° 05' 00.5" Sul; Longitude 38° 04' 53.5" Este; elevação: 316 m;
- NM03-II: Latitude 12° 04' 57.0" Sul; Longitude 38° 04' 53.4" Este; elevação: 319 m;
- NM03-III: Latitude 12° 04' 56.9" Sul; Longitude 38° 04' 56.6" Este; elevação: 318 m; e
- NM03-IV: Latitude 12° 05' 00.3" Sul; Longitude 38° 04' 56.8" Este; elevação: 311 m.

3.2.1. Descrição do perfil

PAP-NM03	
Código do perfil: NM03-PAP	Data: 03 de Junho de 2022.
Unidade de solos: VG	Coordenadas: 12° 04' 58.7" S e 38° 04' 53.0" E
Área de levantamento: REN	Altitude: 315 m
Localização: Reserva Especial do Niassa, Posto Administrativo de Mecula, Distrito de Mecula, Localidade de Mbamba, Mariiri, Província do Niassa.	
Autores: Jacinto Mafalacusser, Munir Jussub.	Nome local do solo: N'sanga we Tchejeu.
Classificação WRB 2006: Ferric lxisols.	Topografia: Plana (0-0.5%).
Uso de terra: Reserva de fauna bravia.	Fisiografia: Planície de denudação.
Influência humana: Sinais de queimadas.	Elemento fisiográfico: Interflúvio.
Culturas: Sem culturas.	Posição: Parte intermédia do declive.
Vegetação: Miombo aberto.	Declive: Classe 1 (1-2%); Forma: Directa.
Cobertura de capim: 0 (0-15%).	Micro-topografia: Plano.
Material de origem: Rocha meteorizada " <i>in situ</i> " – sobre rocha sedimentar derivado de rocha básica.	
Drenagem: Moderada (moderada / lenta).	Lençol freático: Não observado.
Profundidade efectiva: Muito profunda.	Inundação: Sem
Afloramento de rochas: Sem.	Humidade: seco 127 ⁺ cm.
Pedras superficiais: Sem (0%).	Selagem/crosta: Finas e médias.
Erosão: Sem erosão e/ou deposição.	Bacia hidrográfica: Lugenda

3.2.2. Caracterização dos horizontes

Tabela 7: Descrição dos horizontes do perfil do solo

Horizonte	rof. (cm)	Descrição
A1	0-9	<p>Castanho (7.5YR 4/3) quando seco, castanho escuro (7.5YR 3/2) quando húmido; sem manchas; franco-arenoso; moderada, fina a média, anisoforme subangular; ligeiramente dura quando seco e muito friável quando húmido, não pegajoso e não plástico quando molhado; raras, distintas, películas, de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; muitos poros finos e médios; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem efervescência; comuns cavidades de tipo túneis e não especificadas; muitas raízes muito finas e finas, limite nítido (2-5 cm) e ondulado. <i>Amostra perturbada: NM03-1 (0-9 cm); amostra não perturbada: NM03-1 (0-9 cm).</i></p>
A2	9-22	<p>Castanho pálido (10YR6 Vermelho amarelado (5YR 4/6) quando seco, castanho avermelhado escuro (2.5YR 3/4) quando húmido; sem manchas; franco-arenoso⁺; moderada, fina a média, anisoforme subangular; ligeiramente dura quando seco, muito friável quando húmido, não pegajoso e não plástico quando molhado; comuns películas, distintas, de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; comuns poros finos e médios; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem efervescência; comuns túneis e cavidades não especificadas; muitas raízes muito finas e comuns médias; limite gradual (5-15 cm) e plano. <i>Amostra perturbada: NM03-2 (9-22 cm); amostra não perturbada: NM03-2 (9-22 cm).</i></p> <p>Vermelho (2.5YR 4/6) quando seco, castanho avermelhado escuro (2.5YR 3/4) quando húmido; sem manchas; franco-argilo-arenoso; moderada, fina a média, anisoforme subanguloso; duro quando seco, muito friável quando húmido, pouco pegajoso e pouco plástico quando molhado; comuns, distintas películas, de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; muitos poros finos e médios; sem fragmentos rochosos; sem nódulos</p>



Bt1	22-46	minerais; sem efervescência; comuns túneis e cavidades não especificadas; muitas raízes finas e médias; limite difuso (>15 cm) e plano. <i>Amostra perturbada: NM03-3 (22-46 cm); amostra não perturbada: NM03-3 (22-46 cm).</i>
Bt2	46-75	Vermelho (10R 4/6) quando seco, vermelho sombrio (10R 3/4) quando húmido; sem manchas; franco-argilo-arenoso; moderada, fina a média, anisoforme subanguloso; duro quando seco, muito friável quando húmido, pegajoso e plástico quando molhado; comuns, distintas películas de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; muitos poros finos e médios; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem efervescência; comuns túneis e cavidades não especificadas; comuns raízes médias e grosseiras; limite difuso (>15 cm) e plano. <i>Amostra não perturbada: NM03-4 (46-75 cm) e amostra perturbada: NM03-4 (46-75 cm).</i>
Bt3	75-101	Vermelho (10R 4/6) quando seco, vermelho sombrio (10R 3/4) quando húmido; sem manchas; argilo-arenoso; moderada, fina a média, anisoforme subanguloso; ligeiramente duro quando seco, muito friável quando húmido, pegajoso e plástico quando molhado; raras, distintas películas de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; comuns poros finos e médios; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem efervescência; comuns túneis e cavidades não especificadas; comuns raízes finas e médias; limite difuso (>15 cm) e plano. <i>Amostra não perturbada: NM03-5 (75-101 cm), e amostra perturbada NM03-5 (75-101 cm).</i>
BC	101-127 ⁺	Vermelho (10R 4/6) quando seco, vermelho sombrio (10R 3/4) quando húmido; sem manchas; franco-argilo-arenoso a argilo-arenoso; moderada, fina a média, anisoforme subanguloso; ligeiramente duro quando seco, muito friável quando húmido, pegajoso e plástico quando molhado; raras, distintas películas de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; comuns poros finos e médios; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem efervescência; poucos túneis e cavidades não especificadas; poucas raízes médias. <i>Amostra perturbada NM03-6 (101-127⁺ cm).</i>

3.3. Composição florística

3.3.1. Riqueza de espécies

Nesta parcela foram colhidos 100 espécimes do total de 325 indivíduos medidos. A lista de plantas vasculares identificadas até ao presente momento pode ser visualizada na Tabela 8.

Foram identificadas através dos nomes científicos 25 espécies de plantas e não foi possível identificar uma espécie. As espécies identificadas são pertencentes à 10 famílias botânicas, sendo a família Fabaceae a mais destacada, com maior número de espécies (12). Por outro lado, a família Combretaceae destaca-se pelo número de indivíduos (125). A espécie com maior número de indivíduos na parcela foi a *Terminalia stenostachya* com 100 indivíduos, seguida de

Pseudolachnostylis maprouneifolia e *Diplorhynchus condylocarpon* com 49 e 39 indivíduos respectivamente (8 e 9).

Das espécies da família Fabaceae, as subfamílias Caesalpinioideae e Papilionoideae tiveram 35 e 40 indivíduos respectivamente (8 e 9).

Num estudo realizado por Amade (2016) na REN, 85 espécies pertencentes a 20 famílias foram encontradas em 50 parcelas de 30 m de diâmetro cada (0.071ha). A diferença na riqueza específica deve-se primariamente a diferença no tamanho das áreas inventariadas, 3.55 hectares para o estudo supracitado e 1 hectare no presente estudo, bem como a forma das unidades amostrais utilizadas. A título de exemplo, outros estudos em miombo no país encontram uma riqueza específica de 79 (Ribeiro *et al.*, 2008), 69 (William *et al.*, 2007). As actividades antropogénicas, critérios de inclusão (DAP mínimo) de indivíduos, suficiência amostral também contribuem para diferenças na riqueza específica nos ecossistemas do miombo.

A presença marcante das espécies da família Fabaceae quando considerada como um só táxon está associada a capacidade em competir com espécies de outras famílias em solos de baixa fertilidade, que é característico deste bioma (Kalaba *et al.*, 2013; Nanvonamoquitxo *et al.*, 2019). Outras famílias de destaque em termos de número de indivíduos foram, Fabaceae, Phyllanthaceae, Apocynaceae e Ebenaceae com 93, 49, 39 e 11 indivíduos respectivamente. No que se refere ao número de espécies, a família Combretaceae com 6 espécies, é a segunda destacada depois da Fabaceae (Tabela 9).

Tabela 8: lista de espécies de Plantas vasculares encontradas na parcela NM03

Família (subfamília)	Nome científico	Nome local	Forma de vida	Nº de Ind
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Brachystegia boehmii</i>	Ndjombo	Árvore	4
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Julbernardia globiflora</i>	Ntxenga	Árvore	19
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Burkea africana</i>	Nkalati	Árvore	4
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Brachystegia allenii</i>	Nakadjombo	Árvore	7
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Bauhinia tomentosa</i>	Muwauwa	Árvore	3
Fabaceae (Caesalpinioideae)	<i>Tamarindus indica</i>	Nkwezu	Árvore	1
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Pterocarpus angolensis</i>	Ntumbati	Árvore	27
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Pterocarpus rotundifolius</i>	Ntxedjezia	Árvore	1
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Philenoptera bussei</i>	Nang'olo	Árvore	9

Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Xeroderris stuhlmannii</i>	Txicolola	Árvore	2
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Dalbergia sp</i>	Nzalanjazi	Árvore	1
Fabaceae (Papilionoideae)	<i>Baphia massaiensis</i>	Ntemetxe	Árvore	15
Phyllanthaceae	<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	Ndzoló	Árvore	49
Ebenaceae	<i>Diospyros kirkii</i>	Ndzakala	Árvore	11
Apocynaceae	<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	Ntomoni	Árvore	39
Combretaceae	<i>Terminalia stenostachya</i>	Ntxizú wekulungua	Árvore	100
Combretaceae	<i>Terminalia stenostachya</i>	Ntxizú cha muana	Árvore	7
Combretaceae	<i>Terminalia sericea</i>	Ntxizú chamuana	Árvore	5
Combretaceae	<i>Combretum molle</i>	Txicozi cha ng'ondo	Árvore	7
Combretaceae	<i>Combretum adenogonium</i>	Natxolove	Árvore	1
Combretaceae	<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	Nepa	Árvore	5
Linaceae	<i>Hugonia orientalis</i>	Nkotimo	Árvore	3
Burseraceae	<i>Commiphora africana</i>	Txicolola cha muana	Árvore	2
Rubiaceae	<i>Não identificada 1</i>	Nteteleka	Árvore	1
Sapotaceae	<i>Manilkara mochisia</i>	Ngambo	Árvore	1
Bignoniaceae	<i>Markhamia zanzibarica</i>	Ncoconazimba	Árvore	1
N=10	N=26	N=26	N=325	

Tabela 9: Famílias e géneros encontrados na parcela NM03.

Família	Nº de Ind	Nº de espécies	Nº de géneros
Combretaceae	125	6	3
Fabaceae	93	12	10
Phyllanthaceae	49	1	1
Apocynaceae	39	1	1
Ebenaceae	11	1	1
Linaceae	3	1	1
Burseraceae	2	1	1
Rubiaceae	1	1	1
Sapotaceae	1	1	1
Bignoniaceae	1	1	1
N=10	N=325	N=26	N=10

Nas 15 subparcelas estabelecidas de regeneração não-estabelecida, foram colhidos 14 espécimes (nem todas foram identificadas cientificamente em campo) de plantas (Tabela 10). No total foram observados 63 indivíduos dentre as plantas lenhosas, herbáceas e gramíneas.

No total, 24 espécies foram observadas nas subparcelas destinadas a regeneração não estabelecida e até ao momento da redacção do presente relatório muitas ainda carecem de identificação a nível do Herbário LMA pelo simples facto de não possuírem elementos botânicos e serem espécies não conhecidas pelos técnicos em campo.

Tabela 10: Algumas das espécies do estrato inferior encontradas na parcela NM03.

Número	Família	Nome local	Nome da espécie
	Fabaceae		
1	(Caesalpinioideae)	Ndjombo	<i>Brachystegia boehmii</i>
2	Combretaceae	Ntxizú cha muana	<i>Terminalia sericea</i>
	Fabaceae		
3	(Caesalpinioideae)	Ntxenga	<i>Julbernardia globiflora</i>
6	Fabaceae (Papilionoideae)	Ntumbati	<i>Pterocarpus angolenses</i>
7	Fabaceae (Papilionoideae)	Ntemetxe	<i>Baphia massaiensis</i>
		Txicozi cha	
8	Combretaceae	ng'ondo	<i>Combretum molle</i>
9	Poaceae	Manhadzi	
10		Nakazutxi	
11		Djini	
12		Ntimaumo	
13		Txingala	
14		Nakadjombo	

3.3.2. Diversidade florística

Os valores referentes aos índices da diversidade florística da parcela NM03 são apresentados na tabela 11. A diversidade de espécies arbóreas obtida com o estimador do índice de Shannon-Weaver (H'), foi de 2.31 nats/ind, indicando diversidade alta da parcela. Isango (2007) & Shirima *et al.* (2011), estudando a vegetações do miombo sob mesmas condições climáticas do presente estudo, porém manejadas e protegidas de distúrbios, encontraram valores de H' relativamente baixos (1.29-1.32 nats/ind) e (1.9-2.2 nats/ind) respectivamente.

O índice de Shannon-Weaver (H') obtido neste estudo indica diversidade alta da floresta de Miombo de acordo com Barbour *et al.* (1998). De acordo com estes autores, ecossistemas com valores de H' maiores que 2 nats/ind são considerados de alta diversidade.

Os resultados do presente estudo são inferiores as obtidos por Amade (2016), que estudando a Dinâmica da vegetação arbórea e influência da frequência de queimadas no incremento das florestas do miombo da Reserva Nacional do Niassa entre 2005 e 2015 em 50 parcelas de 30 m de diâmetro cada (0.071ha), obteve índice de Shannon-Weaver (H') de 3.34 a 3.35nats/ind. Índice de Shannon-Wiener (H) entre 3.03 e 3.64 nats/ind foi obtido num de estudo de diversidade e estrutura no miombo na Província da Zambézia, usando uma série de diferentes tamanhos de parcela (Hofiço & Fleig, 2015).

De referir que, o índice de diversidade de Shannon-Weaver da PAP NM03 não representa a área toda da REN pois o tamanho de amostras ideal ainda na foi atingido/inventariado. Para além do motivo acima mencionado, as diferenças na diversidade e riqueza de espécies entre áreas pode ter diversas razões, dentre elas, a pressão antrópica, regimes pluviométricos e o estágio sucessional.

Para Durigan (1999) e García (2010), os valores deste índice variam entre 1.50 e 3.50 nats/ind e raramente ultrapassa 4.50 nats/ind, sendo que, quanto melhor distribuídos os indivíduos entre as espécies, maior a diversidade florística da comunidade.

Tabela 11: Índices da diversidade florística da parcela NM03.

Shannon	Simpson	EqMáxima	Pielou	Jentsch
2.31	0.84	3.22	0.72	0.09

O índice de Simpson foi considerado alto, apresentando 0.84 para a parcela NM03 (Tabela 11), indicando maior probabilidade de os indivíduos serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor diversidade. Byla *et al.* (2019), no seu estudo sobre associações de espécies arbóreas em um ecossistema de Miombo no Parque Nacional das Quirimbas (PNQ), obtiveram valores de diversidade de Simpson na ordem de 0.931, 0.935 e 0.926 para os distritos de Quissanga, Macomia, Ancuabe e Meluco respectivamente.

No estudo acima mencionado, a área foi dividida em 3 sectores altitudinais (0-200 m, 201-400 m e 401-800 m), e alocadas sistematicamente, 27 parcelas de 0.1 ha e medidos todos os indivíduos com DAP maior que 10 cm.

O índice de equabilidade de Pielou (J) indicou uma uniformidade média na composição das subparcelas por apresentar um valor de 72% (Tabela 11). Isto indica que é necessário um incremento de 28% de espécies para atingir a diversidade máxima ou alta uniformidade na distribuição das árvores entre as espécies, ou seja, somente assim as espécies seriam igualmente abundantes.

No estudo realizado por Hofiço & Fleig (2015), o índice de equabilidade de Pielou (J) de 81 a 88%, indicando maior diversidade que o miombo do presente estudo.

O coeficiente de mistura de Jentsch (QM) foi de 0.1 (Tabela 11), valor este obtido a partir da análise do total de indivíduos encontrados na parcela NM03 de 325 árvores distribuídas em 26 espécies.

Este QM indica-nos que existem em termos médios 9 indivíduos por cada espécie. A PAP NM03 apresenta um grau de diversidade baixo, se considerar que o valor encontrado está muito próximo de zero, e distante de 1, por um lado. Mas, por outro lado, pode significar que o aumento da área não significaria o aumento do número de espécies (Pungulanhe, 2020).

Por outro lado, Finol (1971), afirma que, em florestas naturais tropicais, o QM é de, aproximadamente, nove indivíduos por espécie (1:9) e considera uma alta heterogeneidade.

3.4. Estrutura horizontal

Oito parâmetros da estrutura horizontal da floresta foram calculados, sendo eles a frequência absoluta e a relativa, Abundância absoluta e a relativa, Dominância absoluta e a relativa, o índice de valor de cobertura, e o de importância.

A espécie *Terminalia stenostachya*, é a que mais se destaca na parcela, sendo a mesma que mais teve valores altos nas frequências absolutas, frequências relativas, abundância relativa e a abundância absoluta. Estes parâmetros tiveram 0,74; 20,79%; 34,16 e 96 (Ind.ha-1), respectivamente.

A *Terminalia stenostachya* também possui altos valores de dominância absoluta (1.91 m²ha-1) e dominância relativa (22,99%) e a mesma teve o maior índice de valor de cobertura e o índice de valor de importância (57,15% e 77.94, respectivamente). Estes dados significam que a espécie *Terminalia stenostachya* obteve a maior área basal, assim como a dominância absoluta e relativa

possui um grande potencial produtivo dentro da floresta e exerce uma influencia forte na comunidade através da biomassa.

Sete (7) espécies tiveram a menor abundancia absoluta, com 1 ocorrência apenas e são elas a *Tamarindus indica*, *Pericopsis angolensis*, *Manilkara mochisia*, *Pterocarpus rotundifolius*, *Bauhinia tomentosa*, *Markhamia zanzibarica* e Rubiaceae/Não identificada1.

A tabela 12 ilustra as estimativas dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies arbóreas da parcela NM03.

Tabela 12: Estrutura horizontal de espécies arbóreas com DAP ≥ 10 cm da parcela NM03.

Espécies	FA	FR	ABA	ABR	DoA	DoR	IVC	IVI
<i>Terminalia stenostachya</i>	0.74	20.79	96	34.16	1.91	22.99	57.15	77.94
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	0.52	14.61	46	16.37	1.01	12.15	28.52	43.12
<i>Pterocarpus angolensis</i>	0.4	11.24	25	8.90	1.31	15.74	24.64	35.87
<i>Julbernardia globiflora</i>	0.24	6.74	18	6.41	1.29	15.52	21.93	28.67
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	0.32	8.99	22	7.83	0.24	2.84	10.66	19.65
<i>Diospyros kirkii</i>	0.14	3.93	11	3.91	0.43	5.13	9.05	12.98
<i>Brachystegia allenii?</i>	0.12	3.37	6	2.14	0.48	5.76	7.89	11.26
<i>Philenoptera bussei</i>	0.16	4.49	9	3.20	0.20	2.39	5.59	10.08
<i>Terminalia brachystemma?</i>	0.12	3.37	6	2.14	0.24	2.86	4.99	8.37
<i>Baphia massaiensis</i>	0.14	3.93	7	2.49	0.07	0.82	3.31	7.24
<i>Combretum molle</i>	0.12	3.37	7	2.49	0.11	1.31	3.81	7.18
<i>Burkea africana</i>	0.06	1.69	3	1.07	0.31	3.71	4.77	6.46
<i>Terminalia sericea</i>	0.1	2.81	5	1.78	0.12	1.49	3.27	6.08
<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	0.08	2.25	4	1.42	0.10	1.17	2.60	4.85
<i>Brachystegia boehmii</i>	0.04	1.12	2	0.71	0.16	1.88	2.60	3.72
<i>Hugonia orientalis</i>	0.06	1.69	3	1.07	0.04	0.49	1.56	3.24
<i>Tamarindus indica</i>	0.02	0.56	1	0.36	0.17	2.05	2.41	2.97
<i>Xeroderris stuhlmannii?</i>	0.04	1.12	2	0.71	0.03	0.32	1.03	2.16
<i>Commiphora africana</i>	0.02	0.56	2	0.71	0.02	0.20	0.91	1.47
<i>Pericopsis angolensis</i>	0.02	0.56	1	0.36	0.03	0.31	0.67	1.23
<i>Manilkara mochisia</i>	0.02	0.56	1	0.36	0.02	0.28	0.63	1.19
<i>Pterocarpus rotundifolius?</i>	0.02	0.56	1	0.36	0.02	0.20	0.55	1.11
<i>Bauhinia tomentosa</i>	0.02	0.56	1	0.36	0.01	0.15	0.51	1.07
<i>Rubiaceae/Não identificada 1</i>	0.02	0.56	1	0.36	0.01	0.12	0.48	1.04
<i>Markhamia zanzibarica</i>	0.02	0.56	1	0.36	0.01	0.12	0.48	1.04

Total	3.56	100	281	100	8.30	100	200	300
--------------	-------------	------------	------------	------------	-------------	------------	------------	------------

Observação: FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa (%), ABA = Abundância absoluta (Ind.ha⁻¹), ABR = Abundância relativa (%), DoA = dominância absoluta (m²ha⁻¹), DoR = dominância relativa (%), IVC = índice de valor de cobertura (%), IVI = índice de valor de importância (%).

Num estudo efectuado por Amade (2016) na REN, foram encontradas densidade de indivíduos de 466, 488 e 493 ind/ha nos anos de 2005, 2009 e 2015 respectivamente em 50 parcelas de 30 m de diâmetro cada (0.071ha).

Hammarstrand & Särnberger (2013), ao fazerem uma comparação de duas áreas, uma protegida dos distúrbios e outra não, reportaram 574 árvores na área protegida e 685 árvores na floresta não protegida.

Apos a *Terminalia stenostachya* as espécies mais abundantes foram a *Pseudolachnostylis maprouneifolia* com 46 indivíduos e 43.12% de IVI, e *Pterocarpus angolensis* com 25 indivíduos e 35.87% de IVI (tabela 12). Estas três espécies correspondem a 59,43% de abundância na área de estudo para os indivíduos desta classe.

Diplorhynchus condylocarpon com 22 indivíduos e 19.65% de IVI, *Julbernardia globiflora* com 18 indivíduos e 28.67% de IVI, perfazem outras espécies com IVIs dignos de realce.

De notar que a *Julbernardia globiflora* é terceira classificada em termos de IVI, mas quarta em termos de abundância. De lembrar que, as espécies com maior IVI variam tendo em conta a idade da floresta bem como a pressão antrópica incidente sobre ela.

No estudo de Amade (2016), as dez espécies que mais destacaram-se nos três anos em análise, em termos dos seus pesos ecológicos (IVI) foram: *Julbernardia globiflora*, *Diplorhynchus condylocarpon*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, *Brachystegia boehmii*, *Diospyros kirkii*, *Terminalia sambesiaca*, *Pterocarpus angolensis*, *Burkea africana*, *Brachystegia manga* e *Brachystegia allenii*.

Quanto a frequência, as espécies que estão amplamente distribuídas na NM03 são *Terminalia stenostachya* (20,79%), *Pseudolachnostylis maprouneifolia* (14,61%), *Pterocarpus angolensis* (11,24%), *Diplorhynchus condylocarpon* (8.99%) e *Julbernardia globiflora* (6.74%).

Brachystegia allenii, *Terminalia brachystemma* e *Combretum molle* apesar de terem a mesma frequência, apresentam diferentes dominâncias, 0.48, 0.24, e 0.11m²ha⁻¹ respectivamente. Tal facto deve-se as diferentes abundâncias e tamanho dos indivíduos.

As espécies *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, *Pterocarpus angolensis* e *Diplorhynchus condylocarpon* são descritas como sendo espécies tolerantes a queimadas por isso a sua elevada frequência no miombo (Amade, 2016; Montfort *et al*, 2021).

A espécie *Pterocarpus angolensis* apesar de ser terceira em termos de frequência, figura em segundo na dominância. Por outro lado, *Pseudolachnostylis maprouneifolia* que é segunda em termos de frequência, figura em quarto na dominância. Isso deve-se ao tamanho dos indivíduos, ou seja, *Pterocarpus angolensis* apresenta indivíduos com maiores diâmetros.

A dominância representa a ocupação do espaço por cada espécie, esta surge como o resultado do cálculo da área basal, as espécies que são mais dominantes na NM03 são *Terminalia stenostachya* (22.99%), *Pterocarpus angolensis* (15.74%), *Julbernardia globiflora* (15.52%) e *Pseudolachnostylis maprouneifolia* (12.15%).

A tabela 13, ilustra as estimativas dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies encontradas nas 5 subparcelas de regeneração estabelecida.

Das espécies com DAP entre 5 e 10 cm (tabela 13), *Diplorhynchus condylocarpon* destaca-se pela sua frequência e abundância, seguida de *Baphia massaiensis* e *Terminalia stenostachya*.

Tabela 13: Estrutura horizontal de espécies com DAP entre 5 e 10 cm da parcela NM03.

Espécies	FA	FR	ABA	ABR	DoA	DoR	IVC	IVI
		%	Ind.ha ⁻¹	%	m ² ha ⁻¹	%	%	
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	1	22,7	180	40,9	0,61	39,3	80,2	102,9
<i>Baphia massaiensis</i>	0,6	13,6	60	13,6	0,26	16,7	30,3	44,0
<i>Terminalia stenostachya</i>	0,4	9,1	50	11,4	0,20	13,0	24,4	33,5
<i>Julbernardia globiflora</i>	0,4	9,1	20	4,5	0,04	2,6	7,2	16,3
<i>Bauhinia tomentosa</i>	0,2	4,5	20	4,5	0,07	4,8	9,4	13,9
<i>Brachystegia boehmii</i>	0,2	4,5	20	4,5	0,05	3,5	8,1	12,6
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	0,2	4,5	20	4,5	0,05	3,5	8,0	12,6
<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	0,2	4,5	10	2,3	0,07	4,6	6,9	11,4
<i>Pterocarpus angolensis</i>	0,2	4,5	10	2,3	0,05	3,2	5,4	10,0
<i>Combretum adenogonium</i>	0,2	4,5	10	2,3	0,04	2,3	4,6	9,1

<i>Brachystegia allenii?</i>	0,2	4,5	10	2,3	0,03	2,0	4,3	8,8
<i>Baphia mossambicensis</i>	0,2	4,5	10	2,3	0,02	1,6	3,9	8,4
<i>Dalbergia sp?</i>	0,2	4,5	10	2,3	0,02	1,6	3,9	8,4
<i>Burkea africana</i>	0,2	4,5	10	2,3	0,02	1,3	3,5	8,1
Total	4,4	100	440	100	1,55	100	200	300

Observação: FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa (%), ABA = Abundância absoluta (Ind.ha⁻¹), ABR = Abundância relativa (%), DoA = dominância absoluta (m²ha⁻¹), DoR = dominância relativa (%), IVC = índice de valor de cobertura (%), IVI = índice de valor de importância (%).

Da tabela acima nota-se que *Baphia mossambicensis*, *Bauhinia tomentosa*, *Brachystegia allenii*, *Brachystegia boehmii*, *Burkea africana*, *Combretum adenogonium*, *Dalbergia sp*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, *Pteleopsis myrtifolia* e *Pterocarpus angolensis* possuem mesma frequência, mas pesos ecológicos diferentes. Tal facto explica-se em parte pela resistência ou não resistência das espécies as queimadas frequentes.

3.5. Estrutura Vertical

Para analisar a estrutura vertical, a floresta foi classificada em três estratos verticais de altura total (HT): estrato inferior (EI) - árvores com HT ≤ 7,04 m, totalizando 358 indivíduos, estrato médio (EM) - árvores no intervalo 7,04 m > HT < 17,8 m, totalizando 318 indivíduos; estrato superior (ES), árvores com HT ≥ 17,8, totalizando 45 indivíduos, onde (HT) corresponde à altura total dos indivíduos amostrados (figura.10).

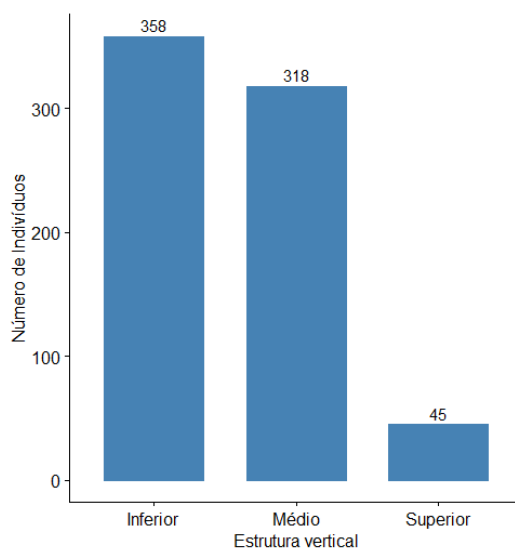


Figura 10: Estrutura fitossociológica vertical da parcela NM03.

Analisando-se o estrato arbóreo, das 28 espécies encontradas na parcela NM03, somente seis espécies apresentam representantes nos três estratos (*Terminalia stenostachya*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, *Pterocarpus angolensis*, *Diospyros kirkii* e *Terminalia brachystemma*) e dentre elas a *Terminalia stenostachya* apresenta maior IVIA (tabela 14). Estas espécies apresentam maior probabilidade de permanecer na PAP ao longo do tempo pois a dispersão por sementes e a resistência a queimadas está garantida.

A espécie *Manilkara mochisia* apresentou-se somente no estrato inferior. Por outro lado, *Markhamia zanzibarica*, *Bauhinia tomentosa*, *Pericopsis angolensis*, *Commiphora africana*, *Xeroderris stuhlmannii*, *Hugonia orientalis*, *Philenoptera bussei* e *Pteleopsis myrtifolia* apresentaram-se somente no estrato médio. A espécie *Brachystegia allenii* foi encontrada apenas no estrato superior (tabela 14).

Algumas espécies como *Diplorhynchus condylocarpon*, *Combretum molle* e *Baphia massaiensis* foram encontradas apenas no estrato inferior e médio. Outras como *Brachystegia boehmii*, *Terminalia sericea* e *Julbernardia globiflora* ocorreram no estrato médio e superior.

Segundo Cauldwell & Zieger (2000), as espécies que dominam o estrato inferior ou médio são tolerantes a queimadas e têm um crescimento (em altura) curto, e não contribuem para a formação das copas na floresta de miombo.

Segundo Pungulanhe (2020), as plantas que se encontram no estrato inferior (em crescimento com uma altura menor do que 3m) são mais susceptíveis de sofrer danos por fogos do que plantas na fase de maturação em savanas africanas

Quanto a Posição Sociológica Relativa (PSR), as seis (6) espécies que se destacaram foram *Terminalia stenostachya*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia*, *Diplorhynchus condylocarpon*, *Pterocarpus angolensis*, *Philenoptera bussei* e *Diospyros kirkii*. O destaque dessas espécies deve-se à presença na maior parte dos estratos e a dominância em cada um deles. O mesmo padrão foi seguido pelo parâmetro de qualidade relativa de fuste (tabela 14).

De acordo com Higuchi *et al.* (1985), a qualidade do fuste reflecte sobre os aspectos relativos ao aproveitamento económico do fuste, sendo adquirido por meio da observação visual da forma e sanidade aparente.

Tabela 14: Estrutura sociológica vertical da parcela NM03.

Espécie	Estratos							
	Inferior	Médio	Superior	PSA	PSR	IVIA	QAF	QRF
<i>Terminalia stenostachya</i>	119.57	6040.57	32.74	6192.88	38.04	115.98	35.13	30.66
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	9.96	2946.62	81.85	3038.43	18.66	61.79	22.03	19.23
<i>Pterocarpus angolensis</i>	29.89	957.65	147.33	1134.88	6.97	42.84	9.46	8.26
<i>Julbernardia globiflora</i>	0.00	294.66	229.18	523.84	3.22	31.89	6.21	5.42
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	19.93	1473.31	0.00	1493.24	9.17	28.83	10.32	9.01
<i>Diospyros kirkii</i>	19.93	515.66	32.74	568.33	3.49	16.47	5.20	4.54
<i>Philenoptera bussei</i>	0.00	662.99	0.00	662.99	4.07	14.16	4.38	3.82
<i>Brachystegia allenii?</i>	0.00	0.00	98.22	98.22	0.60	11.87	2.12	1.85
<i>Terminalia brachystemma?</i>	9.96	221.00	32.74	263.70	1.62	9.99	1.79	1.57
<i>Combretum molle</i>	9.96	441.99	0.00	451.96	2.78	9.95	3.56	3.11
<i>Baphia massaiensis</i>	49.82	147.33	0.00	197.15	1.21	8.45	2.12	1.85
<i>Terminalia sericea</i>	0.00	294.66	16.37	311.03	1.91	7.99	1.44	1.25
<i>Burkea africana</i>	0.00	0.00	49.11	49.11	0.30	6.76	1.06	0.93
<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	0.00	294.66	0.00	294.66	1.81	6.66	2.31	2.01
<i>Hugonia orientalis</i>	0.00	221.00	0.00	221.00	1.36	4.60	1.73	1.51
<i>Brachystegia boehmii</i>	0.00	73.67	16.37	90.04	0.55	4.27	1.15	1.01
<i>Tamarindus indica</i>	0.00	0.00	16.37	16.37	0.10	3.07	0.58	0.50
<i>Xeroderris stuhlmannii?</i>	0.00	147.33	0.00	147.33	0.90	3.06	0.82	0.71
<i>Commiphora africana</i>	0.00	147.33	0.00	147.33	0.90	2.38	1.15	1.01
<i>Pericopsis angolenses</i>	0.00	73.67	0.00	73.67	0.45	1.68	0.58	0.50
<i>Pterocarpus rotundifolius?</i>	0.00	73.67	0.00	73.67	0.45	1.57	0.58	0.50
<i>Bauhinia tomentosa</i>	0.00	73.67	0.00	73.67	0.45	1.52	0.58	0.50
<i>Rubiaceae</i>	0.00	73.67	0.00	73.67	0.45	1.49	0.10	0.09
<i>Markhamia zanzibarica</i>	0.00	73.67	0.00	73.67	0.45	1.49	0.10	0.09
<i>Manilkara mochisia</i>	9.96	0.00	0.00	9.96	0.06	1.26	0.08	0.07
Total	279.00	15248.75	753.02	16280.7	100.0	400.00	114.57	100.00

Observação: VF = Valor Fitossociológico da espécie no estrato, PSA = posição sociológica absoluta, PSR = posição sociológica relativa, IVIA = Índice de Valor de Importância Ampliado, QFA = qualidade do fuste absoluta, QFR = qualidade do fuste relativa.

Na figura 11, apresenta-se as quinze espécies com maiores valores de IVIAs, sendo a *Terminalia stenostachya*, a maior, seguida de *Pseudolachnostylis maprouneifolia* e como última encontra-se *Hugonia orientalis*. O IVIA é o resultado do IVI+PSR, e olhando para a figura nota-se que, *Terminalia brachystemma*, *Terminalia sericea* e *Pteleopsis myrtifolia* têm PSRs similares,

mas IVIs diferentes, daí as posições diferentes no ranking dos IVIAs. O mesmo sucede-se com *Julbernardia globiflora* e *Diospyros kirkii*.

Por outro lado, *Combretum molle* e *Baphia massaiensis* têm IVIs similares, mas PSRs diferentes, daí as posições no ranking. O mesmo dá-se com *Terminalia sericea* e *Burkea africana*. O ranking do IVI e PSR é diferente, porém a junção dos dois perfazerá o IVIA, implicando isso dizer que, as duas variáveis independentemente não ditam o valor do IVIA.

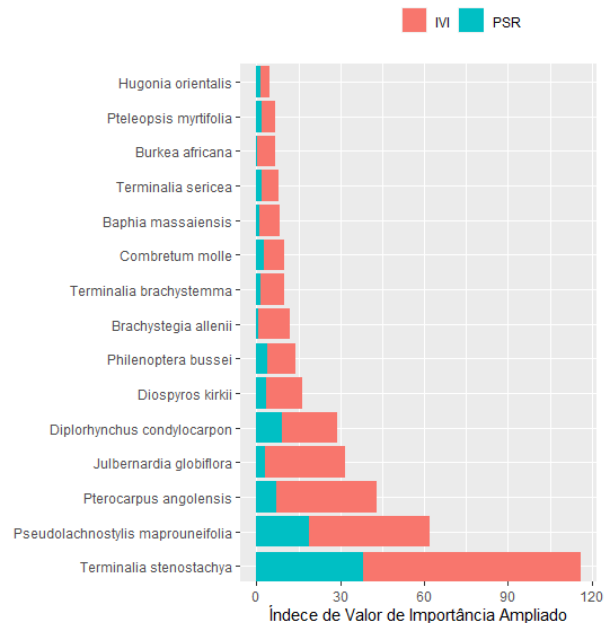


Figura 11: Distribuição do índice de valor de importância ampliado (IVIA) das treze principais espécies amostradas na parcela NM03.

3.6. Estrutura hipsométrica

Na figura 12 observar-se a distribuição dos indivíduos por classes de altura total (HT) correspondente à parcela NM03. A maior frequência dos indivíduos encontra-se na quarta classe (268 indivíduos), seguida da quinta classe (171 indivíduos) e terceira classe (149 indivíduos). O conjunto das três classes representam 81,6% do total dos indivíduos e um intervalo de classe entre 3–8 m de altura, que representa menor susceptibilidade a sofrer danos por fogos (Pungulanhe, 2020).

Segundo Nadkarni *et al* (2008), esta hierarquia altimétrica afecta a composição, dinâmica e função do ecossistema florestal. Além do efeito nos factores acima mencionados, a qualidade do

habitat e funcionamento do ecossistema são igualmente severamente afectados (Senf *et al.*, 2020). Em longo prazo, poderá garantir a substituição do estrato superior e por sua vez a sustentabilidade da floresta.

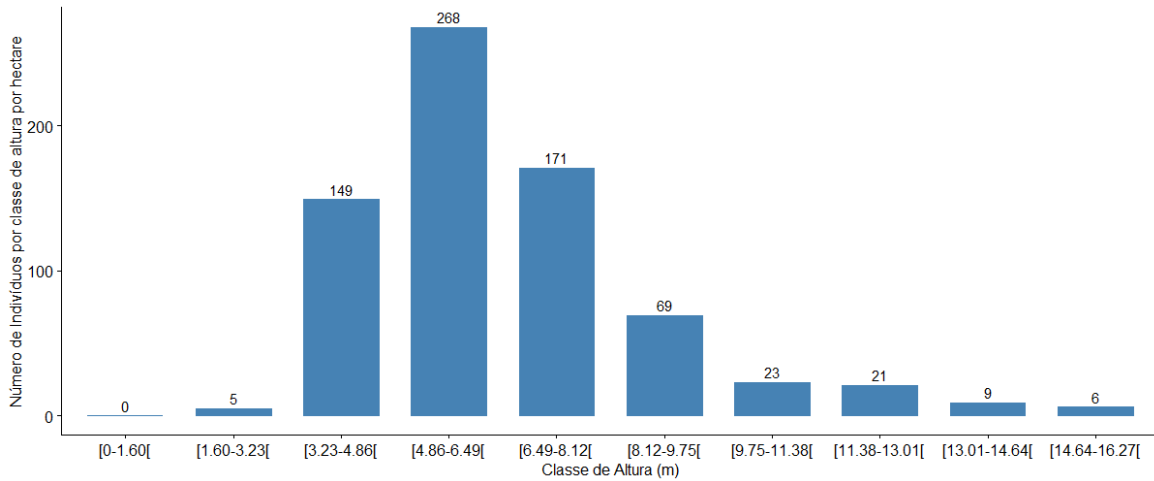


Figura 12: Distribuição das classes de altura dos indivíduos da parcela NM03.

3.6.2. Relação hipsométrica em Multi-espécies

A figura 13 mostra a relação altura-diâmetro encontrada na parcela NM03, demonstrando uma curva com tendência de forma sigmóide. Olhando para a figura, é notório que maior parte dos indivíduos estão na casa do DAP até 20 cm e com altura de 10 m. Observando a figura e a disposição de alguns dos “outliers” nos eixos, pode-se verificar a necessidade destes indivíduos serem observados durante a monitoria para verificação da medição e/ou registo.

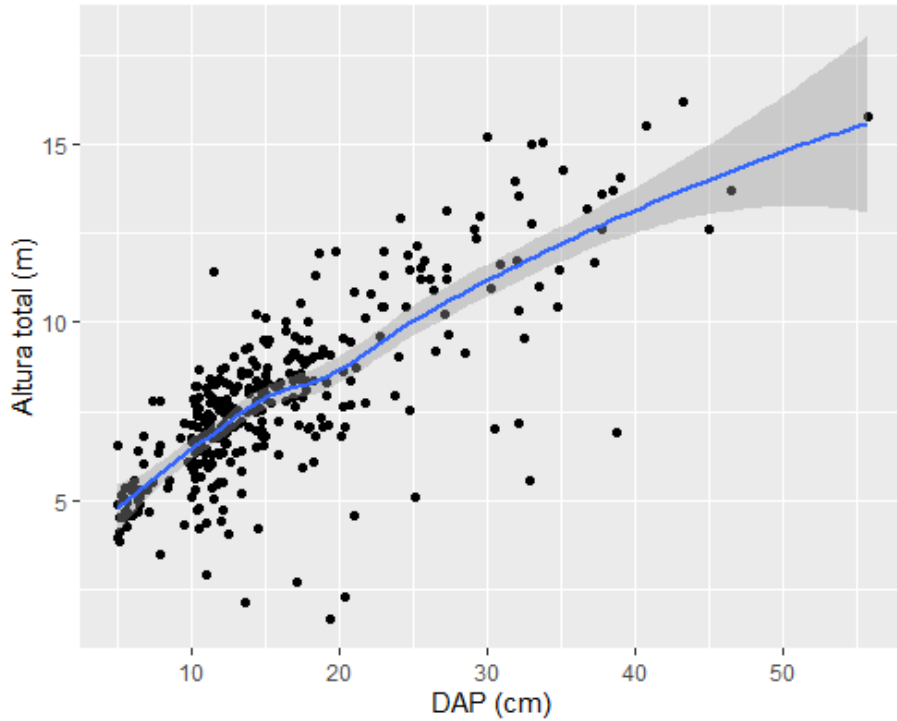


Figura 13: Representação gráfica da relação hipsométrica, obtida através do modelo linear sobre os valores observados na parcela NM03.

Ao analisar a figura 14, observa-se a variação dos diâmetros e alturas totais na parcela NM03 onde os diâmetros maiores estão representados pelo círculo maior enquanto as alturas totais estão representadas pelas diferentes tonalidades de azul, onde as tonalidade azul-claro representam as alturas maiores e a tonalidade azul-escuro reflectindo valores de altura total mais baixo.

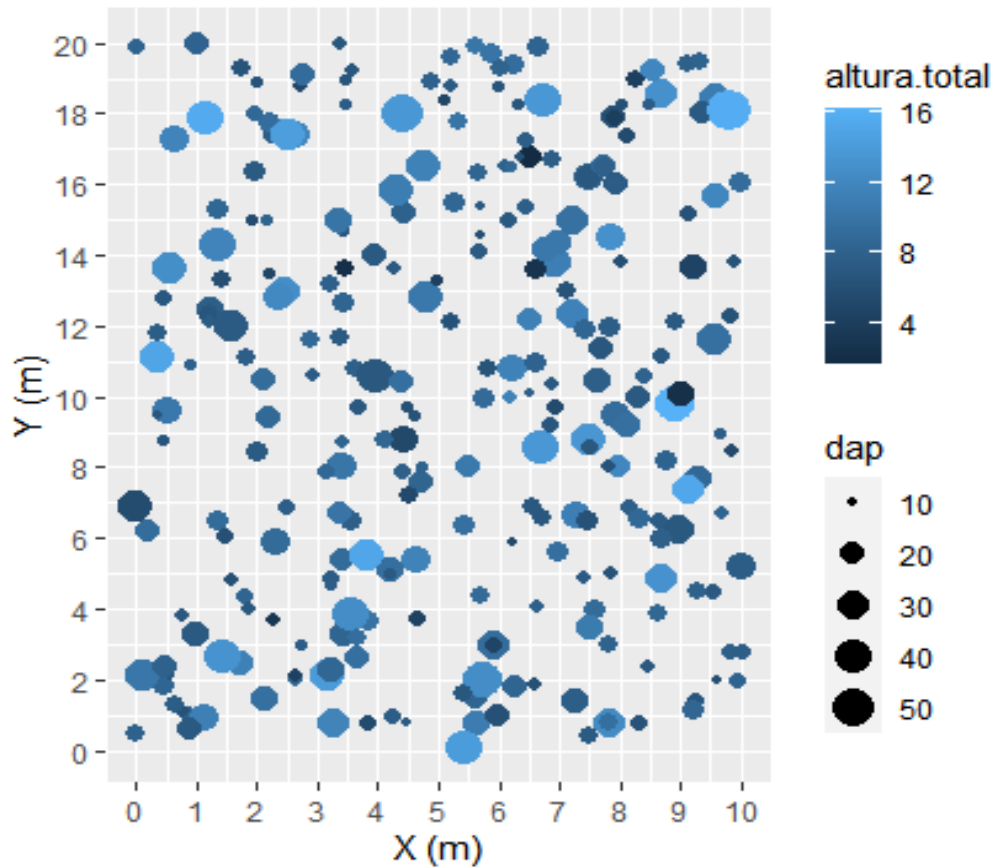


Figura 14: Mapa de distribuição de diâmetro e altura dos indivíduos na parcela NM03.

Na tabela 15 pode ser observado o desempenho dos modelos ajustados com a função NLME usando o método da máxima verossimilhança (ML) e com correção para a heterocedasticidade, usando a estrutura “varPower” para ponderar os resíduos com o inverso de uma potência do diâmetro. Em função dos resultados estatísticos, constata-se que, os modelos de Curtis e Wykoff apresentaram os melhores valores de coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}) na ordem dos 60,8%, mas, não foram selecionados por apresentarem maiores valores de AIC e BIC. Já o modelo de Michailoff, foi o que apresentou o pior valor de coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}), sendo considerado de desempenho fraco, devido aos 46,7% da proporção da variação total da variável altura, explicada pela variação da variável DAP. Também o mesmo modelo apresentou média dos resíduos e desvio padrão residual muito altos.

Quanto aos valores de coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}) o modelo de Meyer ocupou a terceira posição, com cerca de 55,6% da variação total da altura, explicada pela variação do DAP.

De acordo com Curto *et al.* (2014), a grande variabilidade de alturas que pode ocorrer em uma mesma classe de diâmetro é a razão da relação hipsométrica não apresentar uma relação dendrométrica muito forte. Para além disso, também resulta devido aos valores altos de erros padrão principalmente nas espécies nativas, em que a variabilidade no desenvolvimento é maior. Scolforo (1998) elucida que, tratando-se de relações hipsométricas, é comum que o valor de R^2_{ajust} não exceda 80%, uma vez que a correlação altura/diâmetro não é tão forte como a correlação altura/volume.

Tabela 15: Estatísticas do ajuste dos modelos NLME pelo método ML e ponderação dos resíduos.

Modelos	R^2_{ajust}	Mres	RMSE	AIC	BIC
Curtis	0,613	0,043	1,573	1195,81	1222,30
Naslund	0,527	0,115	1,738	1196,71	1223,20
Meyer	0,556	0,039	1,684	1190,91	1217,40
Michailoff	0,467	0,218	1,846	1211,57	1238,06
Wykoff	0,597	0,060	1,605	1196,75	1123,24

R^2_{ajust} : coeficiente de determinação ajustado; Mres: média dos resíduos; RMSE: desvio padrão residual; AIC: critério de informação de Akaike; BIC: critério de informação bayesiano.

Das análises feitas às estatísticas de ajustamento, o modelo de Meyer (Meyer, 1940) apresentou AIC e BIC mais baixos em relação aos restantes (tabela 15), sendo, portanto, o que melhor se ajustou aos dados. Apresentam-se de seguida a expressão dos modelos não lineares simples com efeitos mistos:

$$\text{Meyer} \quad h = 1,3 + \beta_0 + a1(1 - e^{-\beta_1 + a2*d})$$

As estimativas dos parâmetros, erro padrão e p-valores de ajustamento do modelo básico de efeito misto (equação de Meyer 1) é apresentado na tabela 16.

Tabela 16: Estimativa dos parâmetros, erro padrão e p-valores de ajuste do principal modelo de relação hipsométrica.

Meyer			
Parâmetros	Valores	Erro padrão	p-valor
β_0	10,85275	0,6191	<0,0001
β_1	0,064732	0,0059	<0,0001
Sd(a1)	0,000125834		
Sd (a2)	0,000003209		
r (a1, a2)	-0,01		
σ^2	0,223 ²		
Δ	0,712		

β_0 e β_1 : parâmetros fixos; Sd(a1) e Sd (a2): desvio padrão de parâmetros aleatórios; r: coeficiente de correlação; σ^2 : sigma é o valor do desvio padrão residual fornecido aplicando a função *summary* ao modelo *nlme*; δ : peso de variância.

A relação hipsométrica aqui apresentada é restrita a PAP NM03, podendo está a variar com a espécie, sítio, densidade, posição sociológica e o tamanho da copa. Portanto, recomendam-se estudos por forma a determinar-se modelos alométricos específicos a cada espécie (Kapinga *et al.*, 2018). Com a realização de estudos específicos, poder-se-á ter estimativas de biomassa e carbono mais precisas no miombo com diferentes formas de uso de terra (Kapinga *et al.*, 2018). A equação acima apresentada poderá permitir a remedição da PAP daqui a 5 anos sem a necessidade de tomada das alturas, variável esta que é susceptível de erros de diferentes tipos.

3.7. Distribuição diamétrica e Área Basal

Em relação à distribuição diamétrica, do conjunto das 281 árvores com DAP maior ou igual a 10 cm e 44 árvores com DAP entre 5 e 10 cm, perfazendo 721 árv./ha quando assumido que a distribuição das espécies nas subparcelas é uniforme ao longo de toda parcela. As classes diamétricas foram fixadas em intervalos de 5 cm. A figura 15, mostra a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro com um intervalo de 5 cm para cada um dos indivíduos registados, o mesmo analisa indivíduos com $DAP \geq 5$ cm. Na parcela observou-se que a maioria dos indivíduos estão agrupados nas três primeiras classes diamétricas (Fig.15) e que a quinta e sexta classe são iguais, o mesmo acontecendo com a nona e décima classe.

É de notar que a distribuição dos diâmetros segue a tendência natural da maioria das florestas tropicais, ou seja, um maior número de indivíduos nas classes diamétricas inferiores, em forma de J invertido, que é indicativo de uma fito fisionomia autorregenerativa.

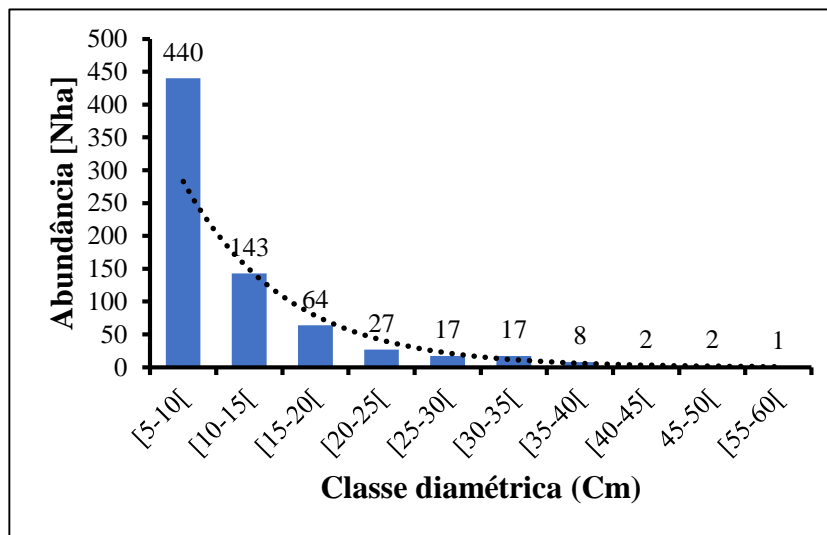


Figura 15: Distribuição das frequências por classe diamétrica para os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 5$ cm na Parcela NM03

Cada classe diamétrica possui o centro de classe dos diâmetros (cm), sendo eles: 7.5 para [5-10[; 12.5 para [10-15[; 17.5 para [15-20[; 22.5 para [20-25[; 27.5 para [25-30[; 32.5 para [30-35[; 37.5 para [35-40[; 42.5 para [40-45[; 47.5 para [45-50[; e 52.5 para [50-55[. Esta curva mostra que a frequência dos indivíduos diminui com o aumento do diâmetro (Fig.15). Esse comportamento sugere a existência de equilíbrio entre o recrutamento e a mortalidade de indivíduos, garantido o processo dinâmico da floresta. A irregularidade dos indivíduos das classes diamétricas, pode reflectir uma maior mortalidade em certas classes. Outro factor que poderá estar a influenciar esta distribuição irregular são os resultados do impacto das acções antropogénicas, como por exemplo, os incêndios recorrentes e a caça furtiva.

O mesmo facto pode também indicar a necessidade de se fazer análises por espécie e não por conjunto de todos os indivíduos de uma população analisada (17).

Longhi (1980) salienta que, este tipo de distribuição assegura que o processo dinâmico da floresta é perpetuado porque a súbita ausência de indivíduos dominantes irá dar lugar às chamadas "árvores de substituição".

Os indivíduos das classes mais baixas são os únicos que verdadeiramente garantem a manutenção da população, embora sofram taxas de mortalidade mais elevadas, enquanto os indivíduos das classes maiores são reprodutivamente maduros e potencialmente responsáveis pela continuidade do processo dinâmico através da produção de sementes.

De acordo com Magalhães (2016), um padrão de uma curva em forma de J inversa, é típica de uma Floresta de idade desigual. Segundo Dorneles & Negrelle (2000), os indivíduos das classes mais baixas são os únicos que verdadeiramente garantem a manutenção da população, embora sofram taxas de mortalidade mais elevadas, enquanto os indivíduos das classes maiores são reprodutivamente maduros e potencialmente responsáveis pela continuidade do processo dinâmico através da produção de sementes.

Da tabela 17, a *Diplorhynchus condylocarpon* cm 202 ind/ha, seguida de *Terminalia stenostachya* com 146 ind/ha, *Baphia massaiensis* com 67 ind/ha e *Pseudolachnostylis maprouneifolia* com 66 ind/ha representam as espécies com maior número de indivíduos nas diferentes classes de diâmetro, totalizando 66.44% do total de indivíduos e 14.28% do total de espécies.

Observa-se que as espécies *Diplorhynchus condylocarpon*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia* e *Terminalia stenostachya* com 21, 25 e 54 indivíduos possuem maior número de indivíduos na classe 12.5, desconsiderando a primeira classe.

Commiphora africana, *Manilkara mochisia*, *Dalbergia sp*, *XeroderRis stuhlmannii*, *Tamarindus indica*, *Pterocarpus rotundifolius*, *Pericopsis angolensis*, *Markhamia zanzibarica*, *Baphia mossambicensis* e *Combretum adenogonium* possuem indivíduos em apenas uma classe e essa é ou a primeira ou a segunda classe.

As espécies *Julbernardia globiflora*, *Terminalia stenostachya* e *Pseudolachnostylis maprouneifolia* estão representadas em todas as primeiras seis classes, com a primeira espécie (*Julbernardia globiflora*) estando também representada na sétima classe e última classe (57.5 cm de DAP).

Tabela 17: Número de árvores por centro de classe de diâmetro e espécie da parcela NM03

Espécies	Classes diamétricas (cm)
----------	--------------------------

<i>Pterocarpus rotundifolius?</i>	1											1
<i>Rubiaceae</i>	1											1
<i>Tamarindus indica</i>									1			1
<i>Terminalia brachystemma?</i>			3	1	1	1						6
<i>Terminalia sericea</i>		3			1	1						5
<i>Terminalia stenostachya</i>	50	54	29	9	2	2						146
<i>Xeroderris stuhlmannii?</i>		2										2
Total	440	143	64	27	17	17	8	2	2	1		721

A figura 16 mostra a distribuição da área basal por centro de classes de diâmetro. O valor total da área basal é de $9,85 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, sendo que o valor encontrado na classe 12.5, representa 16,75% do total da área basal da parcela. O valor de R^2 (Coeficiente de determinação) mostra que as variáveis X e Y se ajustam fortemente a amostra, ou seja, uma correlação forte entre a variável centro de classe e a área basal. Isso permite afirmar que a relação causa efeito entre estas variáveis é forte. Isso mostra que 84,71% da variação na área basal é explicada pelo centro de classe de diâmetro e outra é explicada por outros factores não previstos na equação de regressão, tais como, espécies diferentes, diferentes idades e densidades desiguais.

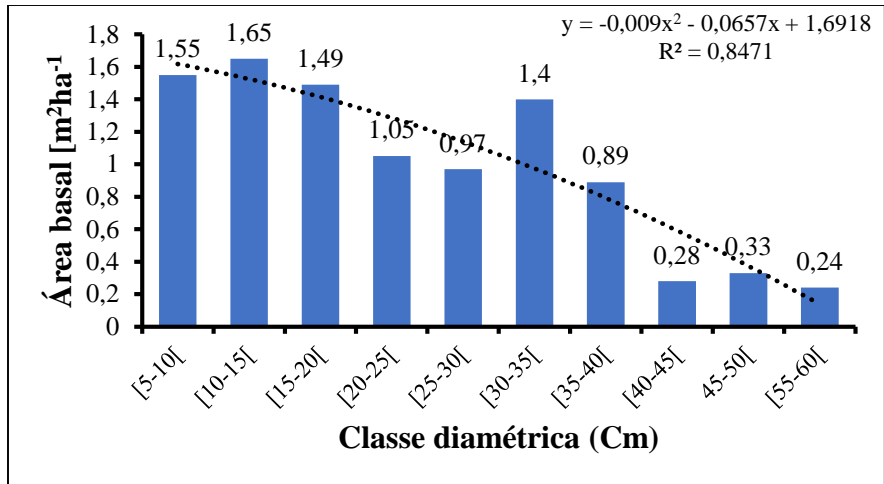


Figura 16: Distribuição da área basal ($m^2 \cdot ha^{-1}$) por centro de classe de diâmetro

Pela necessidade de fazer-se análises por espécie e não por conjunto de todos os indivíduos de uma população analisada, surge a tabela 17.

Na figura 17 observa-se a variação de 0.1 a 0.5 m^2/ha das áreas basal nas 50 subparcelas que compõem a parcela. As subparcelas X_{26} e X_{44} apresentaram maiores áreas basais, como se pode verificar a tonalidade azul-claro e as subparcelas X_4 , X_5 , X_6 , X_7 e X_{45} apresentaram as menores áreas basais tendo apresentado a tonalidade azul-escura. Essas correspondem as subparcelas com maiores e menores dominâncias na PAP.

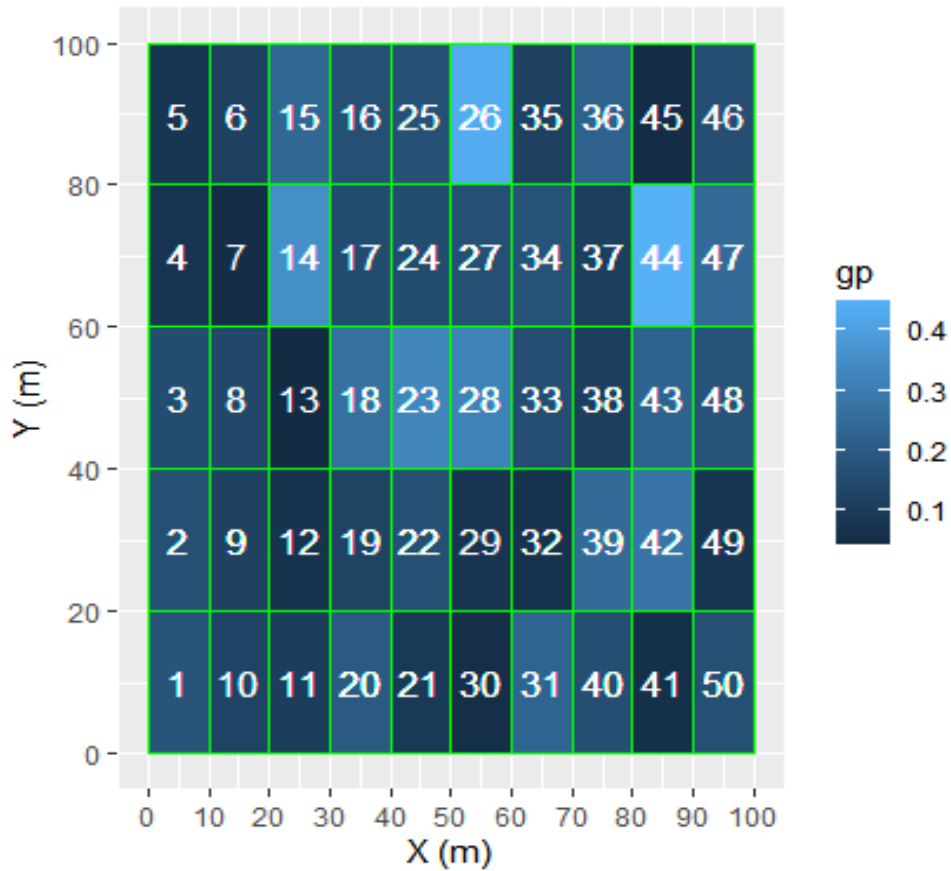


Figura 17: Distribuição da área basal dos indivíduos arbóreos com $DAP \geq 10$ cm na parcela.

3.8. Padrão de distribuição espacial das espécies

O padrão de distribuição espacial de uma espécie é representado pela sua distribuição na área em estudo, em termos de frequência de ocorrência dentro das unidades de amostra recolhidas (Jankauskis, 1990).

Rode *et al.* (2010) argumenta que O padrão de distribuição espacial de uma espécie ou uma comunidade florestal ajuda a conhecer os processos sucessionais e ecológicos que são fundamentais para a compreensão de um sistema florestal e, a partir disto, adoptar medidas de manejo para preservação ou conservação da floresta, como também embasar programas de recuperação.

Na tabela 18 são apresentados os resultados das análises dos padrões de distribuição espacial das 28 espécies amostrados na parcela NM03, determinados através dos índices de Payandeh, índices de Hazen e índice de Morisita.

Tabela 18: Padrão espacial de algumas espécies florestais encontradas na parcela NM03.

Espécies	Pi	Ihi	IMi	Classificação		
				Pi	IHi	IMi
<i>Baphia massaiensis</i>	0.9	43	0	U	NA	AL
<i>Bauhinia tomentosa</i>	1	49	0	AL	NA	AL
<i>Brachystegia allenii?</i>	0.9	44	0	U	NA	AL
<i>Brachystegia boehmii</i>	1	48	0	AL	NA	AL
<i>Burkea africana</i>	1	47	0	AL	NA	AL
<i>Combretum molle</i>	1.2	57.3	2.4	A	TA	A
<i>Commiphora africana</i>	2	98	50	A	A	A
<i>Diospyros kirkii</i>	2.1	102.6	6.4	A	A	A
<i>Diplorhynchus condylocarpon</i>	1.2	59.8	1.5	A	TA	A
<i>Hugonia orientalis</i>	1	47	0	AL	NA	AL
<i>Julbernardia globiflora</i>	1.4	70.9	2.3	A	TA	A
<i>Manilkara mochisia</i>	1	49	0	AL	NA	AL
<i>Markhamia zanzibarica</i>	1	49	0	AL	NA	AL
<i>Pericopsis angolensis</i>	1	49	0	AL	NA	AL
<i>Philenoptera bussei</i>	1.1	52.1	1.4	A	NA	A
<i>Pseudolachnostylis maprouneifolia</i>	1.6	77.9	1.6	A	A	A
<i>Pteleopsis myrtifolia</i>	0.9	46	0	U	NA	AL
<i>Pterocarpus angolenses</i>	1	49	1	AL	NA	AL
<i>Pterocarpus rotundifolius?</i>	1	49	0	AL	NA	AL
<i>Rubiaceae</i>	1	49	0	AL	NA	AL
<i>Tamarindus indica</i>	1	49	0	AL	NA	AL
<i>Terminalia brachystemma?</i>	0.9	44	0	U	NA	AL
<i>Terminalia sericea</i>	0.9	45	0	U	NA	AL
<i>Terminalia stenostachya</i>	2.1	103	1.6	A	A	A
<i>Xeroderris stuhlmannii?</i>	1	48	0	AL	NA	AL

Observação: A = agrupamento; AL = aleatória; NA = não agrupamento; TA= tendência ao agrupamento; U = Uniforme, Pi = índices de Payandeh; IHi = índice de Hazen; IMi = índice de Morisita.

Das espécies analisadas, com base no teste de Payandeh, cerca de 48% apresentam uma distribuição aleatória e 32% com distribuição agregada, assemelhando-se aos resultados encontrados pelo índice de Morisita. O índice de Hazen, apresentou cerca de 12% das espécies com distribuição tendendo ao agrupamento.

Segundo Rossi (1994), geralmente o tipo mais comum de não aleatoriedade em populações vegetais é agregado, onde ocorrem um grande número de unidades amostrais vazias e algumas unidades amostrais com um grande número de árvores.

3.9. Avaliação qualitativa

Na pesquisa florestal, a análise do estado de sanidade das espécies e/ou indivíduos é um indicador importante para tomada de decisões. Os critérios usados no presente trabalho de campo para a colecta de dados se encontram no manual de estabelecimento de Parcelas de Amostragem Permanente de Fernandes *et al.* (2020). Na Parcela NM03 (Niassa, Mecula 03) foram inventariados um total de 281 indivíduos. Cinco parâmetros foram avaliados para saber a qualidade dos indivíduos dentro das parcelas. Fazem parte desses parâmetros a *sanidade*, *vigor da copa*, *qualidade do fuste*, *posição da copa* e *árvores em pé* (Fig.18).

De referir que a avaliação dos parâmetros qualitativos se restringiu apenas a indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm.

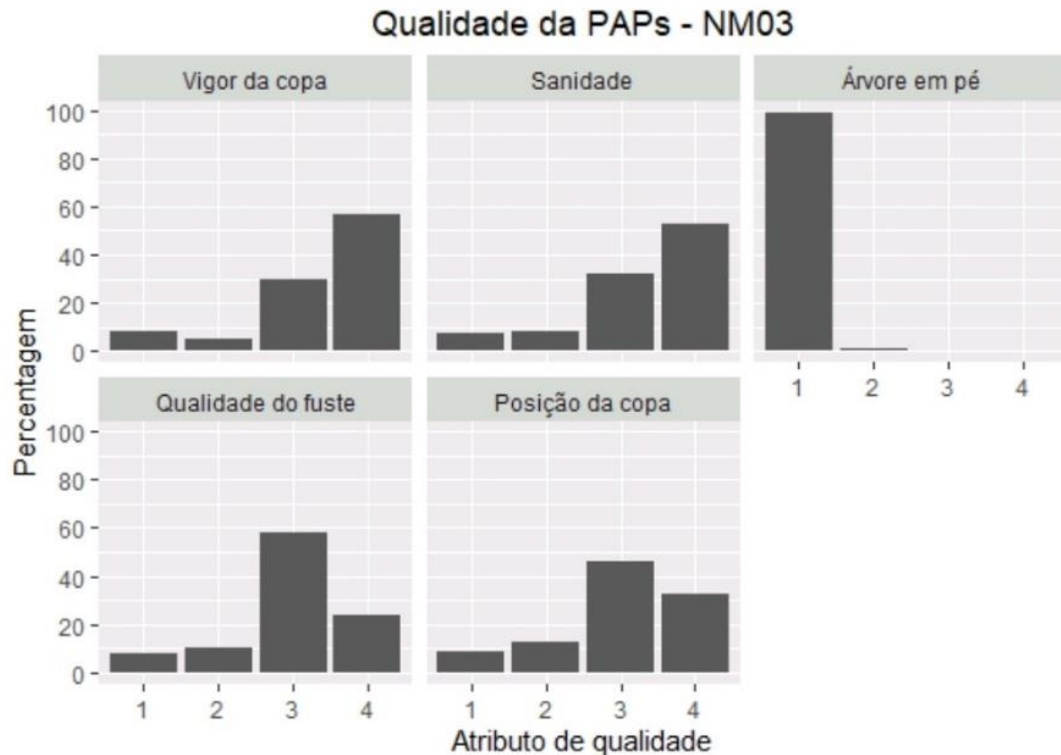


Figura 18: Mapa de distribuição de diâmetro e altura dos indivíduos na parcela NM03.

Sanidade é o parâmetro de extrema importância dado que ele permite saber quão saudáveis as espécies em estudo se encontram dentro das parcelas. Nisto, procurou-se saber se as plantas estão completamente sãs; danificadas por factores naturais, com possibilidade de recuperação;

danificadas por acção humana com fracas possibilidades de recuperação; assim como as mortas. Para a PAP NM03, 149 indivíduos (53.02%) foram identificados como sendo *completamente sãos*, 89 indivíduos (31.67%) foram considerados como danificadas por efeito de relâmpagos, fogo ou acção animal, com possibilidade de recuperação, 22 indivíduos (7.89%) foram identificados como sendo danificados por acção humana (extração da casca para fabrico de colmeias, canoas e outros usos), existência de cavidades (acção humana ou natural), possível estrangulamento por lianas e/ou epífitos, com fracas possibilidades de recuperação, e finalmente 21 indivíduos (7.47%) foram identificados como Mortas (em pé ou tombada) por diversas causas (figura 17, NM03).

No parâmetro **vigor da copa**, a forma da copa e a sua assimetria em relação ao tronco são indicativos da sua capacidade fotossintética e da sua correlação com o estágio de desenvolvimento até à mortalidade do indivíduo. Foi medido com o objectivo de saber se as plantas apresentam círculo completo e projecção simétrica ao redor do fuste; círculo completo e distintivamente assimétrica ou fina; severamente danificadas com poucos ramos e sinais de mortalidade e morta ou aparentemente mortas.

Dos 281 indivíduos inventariados nesta PAP, 160 indivíduos (56.94%) foram identificados como tendo *Copa formando um círculo completo e projecção simétrica ao redor do fuste*; 83 indivíduos (29.54%) foram identificados como tendo *Copa de círculo incompleto e distintivamente assimétrica ou fina*; 24 indivíduos (8.54%) foram identificados como tendo *Copa morta ou aparentemente morta* (em pé ou tombada) e finalmente 14 indivíduos (4.98 %) foram identificados como sendo de *Copa severamente danificada com poucos ramos e sinais de mortalidade, com o seu círculo ocupando menos de metade da projecção de uma copa normal; ou indivíduo vivo sem copa*. Vide figura 16 da NM03.

Quanto à **qualidade do fuste**, a forma do fuste está relacionada à rectidão do caule à uma altura comercial (H_c) de 4 m, presença de ramadas e sua posição ao longo do fuste, e defeitos dos indivíduos arbóreos. Foi determinado para saber se na parcela existem árvores com fuste recto, cilíndrico sem defeito aparente a uma H_c de 4m; fuste recto e cilíndrico H_c inferior a 4m; fuste com forte tortuosidade ou bifurcada a metade da H_c ; e fuste com várias tortuosidades.

Para a PAP NM03, 162 indivíduos (57.65%) foram identificados como sendo de *fuste recto e cilíndrico, com ramificação a 1/3 do topo da árvore, porém de H_c inferior a 4 m; ou fuste*

ligeiramente torto cilíndrico, desprovido de ramificações, porém com Hc maior que 4 m; ou árvore de fuste ondulado ou canelado; 68 indivíduos (24.11%) foram identificados como sendo de fuste recto, cilíndrico e sem defeito aparente, a uma Hc de 4 m e de ramificação posicionada à menos de 1/3 do topo da árvore; 29 indivíduos (10.32%) foram identificados como tendo fuste com forte tortuosidade; ou bifurcada a metade da sua Hc; e finalmente 7.83% correspondente a 22 indivíduos apresentam fustes com várias tortuosidades; ou em forma de espiral, presença de tumores e cavidades, fuste quebrado, rachado em qualquer posição; ou toiça com rebrotos.

A posição sociológica indica a **posição da copa do indivíduo em relação à luz**. Para o presente estudo, a **posição da copa**, é um parâmetro que foi definido em quatro classes sociológicas, sendo para saber se a planta é emergente (sem copas vizinhas); apresenta luz directa incidente somente por cima; recebe alguma luz (difusa) por cima ou dos lados; e está sem luz directa. Com isso, o presente estudo mostra que 129 indivíduos o correspondente à 45.91% apresentam *toda copa com luz directa incidente somente por cima*; 92 indivíduos (32.74%) são *Emergentes (sem copas vizinhas) recebendo luz directa todo o dia*; 36 e 12 indivíduos (12.81 e 8.54%, respectivamente) apresentam *Toda a copa recebendo alguma luz (difusa) por cima ou dos lados e Toda a copa sem luz directa*, respectivamente.

Para saber a posição que se encontram os indivíduos dentro da parcela, foram avaliadas se estas se encontram em **pé ou tombadas**. No presente estudo (NM03), quase todas plantas (278 – 98.93%) das árvores estão *em pé* e apenas três planta (1.07%) se encontram *tombadas*. A característica tombada não significa estar morta, mas sim a planta se encontra de forma oblíqua e/ou horizontal e pode ser um grande indicador da presença de declividade dentro e/ou na região da parcela, ventos fortes da região e a presença de espécies fisiologicamente frágeis.

Duma forma resumida e analisando os cinco parâmetros qualitativos determinado no presente estudo (PAP NM03), pode se dizer que, a maioria dos indivíduos 149 indivíduos (53.02%) foram identificados como sendo *completamente sãos*; 160 indivíduos (56.94%) foram identificados como tendo *copa formando um círculo completo e projecção simétrica ao redor do fuste*; 162 indivíduos (57.65%) foram identificados como sendo de *fuste recto e cilíndrico, com ramificação a 1/3 do topo da árvore, porém de Hc inferior a 4 m; ou fuste ligeiramente torto cilíndrico, desprovido de ramificações, porém com Hc maior que 4 m; ou árvore de fuste ondulado ou canelado*; 129 indivíduos o correspondente à 45.91% apresentam *Toda copa com luz directa*

incidente somente por cima; e finalmente quase todas plantas (278 – 98.93%) das árvores estão *em pé*.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ✓ O solo da PAP-NM03 é localmente conhecido como '*N'sanga we Tchejeu*' e constituído por materiais não consolidados, desenvolvido a partir da meteorização '*in situ*' da rocha mãe ácida, sobre rocha sedimentar básica.
- ✓ Em geral, o solo é efectivamente muito profundo e seco até aos 127 cm, com uma coloração que varia de castanho a vermelho, dependendo da profundidade e grau de humidade.
- ✓ A parcela NM03 é um miombo que caracteriza-se pela dominância de indivíduos das espécies *Terminalia stenostachya*, *Pseudolachnostylis maprouneifolia* e *Diplorhynchus condylocarpon*.
- ✓ As espécies identificadas na PAP NM03 são pertencentes a 10 famílias botânicas, sendo a família Fabaceae a mais destacada, com maior número de espécies (12) do total de 26. A família com maior número de indivíduos é a combretaceae, com um total de 125 indivíduos.
- ✓ A diversidade de espécies arbóreas obtida com o estimador do índice de *Shannon-Weaver* (H'), foi de 2.31 nats/ind, indicando diversidade alta da parcela.
- ✓ A floresta é composta por três estratos, nomeadamente: estrato inferior (EI) - árvores com HT ≤ 7,04 m; estrato médio (EM) - árvores no intervalo 7,04 m > HT < 17,8 m; estrato superior (ES), árvores com HT ≥ 17,8 m.
 - ✓ Os resultados do presente estudo não são conclusivos para a Reserva toda, devendo para tal aumentar-se o esforço amostral.

5. BIBLIOGRAFIA

AMADE, A.M (2016). Dinâmica da vegetação arbórea e influência da frequência de queimadas no incremento das florestas do miombo da Reserva Nacional do Niassa entre 2005 e 2015. Tese de Licenciatura, Maputo, Moçambique.

BARBOUR, M.G., BURK, J.H., PITTS, W.D., GILLIAM, F.S., SCHWARTZ, M.W., 1998. *Terrestrial Plant Ecology*, 3rd ed. Pearson, Menlo Park, Calif.

BURROWS, J.E., BURROWS, S.M., LÖTTER, M.C. & SCHMIDT, E. (2018). *Trees and Shrubs Mozambique*. Publishing Print Matters (Pty), Cape Town. Page 256

BYLA N; RIOS R1; CAMARGO A. C1; BANDEIRA S. O (2019). Associações de espécies arbóreas em um ecossistema de Miombo no Parque Nacional das Quirimbas (PNQ), Moçambique e Implicações para a sua conservação.

CANGELA, A. C. N. P. (2014). Caracterização e mapeamento do Regime de Queimadas na Reserva Nacional de Niassa. Tese de Mestrado. UEM-FAEF-DEF.

CAULDWELL, A. E., & ZIEGER, U. (2000). A reassessment of the fire-tolerance of some miombo woody species in the Central Province, Zambia. *East African Wildlife Society*, 138-146.

Craig, G. C. (2009). Aerial survey of wildlife in the Niassa reserve and adjacent areas. Maputo, Moçambique.

Comunicação N°. 74. INIA/UEM. 1995. Manual para a descrição do solo e codificação para o banco de dados (SDB). Série Terra e Água. Maputo, Moçambique

CURTO, R. A., G. H. LOUREIRO, M. MÔRA, R. O. V. MIRANDA, S. PÉLLICO NETO & G. F. SILVA. (2014). Relações hipsométricas em floresta estacional semidecidual. *Revista Ciências Agrárias*. 57(1): 57-66.

DORNELES, L. P. P.; NEGRELLE, R. R. B. (2000). Aspectos da regeneração natural de espécies arbóreas da Floresta Atlântica. *Heringia*, v.53, n.1, p.53: 85-100.

DURIGAN, M. E. (1999). *Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR*. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 125p.

DZIBA L, RAMOELO A, RYAN C, HARRISON S, PRITCHARD R, TRIPATHI H, SITAS N, SELOMANE O, ENGELBRECHT F, PEREIRA L.(2020). Scenarios for just and sustainable futures in the miombo woodlands. In: Ribeiro NS, Katerere y, Chirwa PW, Grundy IM (Eds). *Miombo woodlands in a changing environment: Securing the resilience and sustainability of people and woodlands*. Cham: Springer Nature Switzerland aG. pp 191–234. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50104-4_6

FELLIFELI, M.J., FABRICIO, A.C., RICARDO, F.H (2005). Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas de cerrado e pantanal. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 55 p.

FERNANDES, A.; SOUSA, C.; MAFALACUSSER, J.; ALVES, T (2020). Manual para a Instalação e Monitoria de Parcelas de Amostragem Permanentes. Maputo: UEM-FNDS-IIAM.

FERRO, B.P.A.; BOUMAN, D. (1987). Notícia explicativa da carta hidrogeológica de Moçamboque, escala 1:1.000.000. Direcção Nacional de Águas (D.N.A.). Ministério da construção e águas. Moçambique.

FINGER, C. A. G. (2006). Biometria Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Anotações de aula ordenadas em sequência lógica. Santa Maria, Brasil. 283 p.

FINOL, U.H. (1971). Nuevos parametros a considerar se en el analisis estructural de las selvas virgenes tropicales. Revista Forestal Venezolana, 14(21): 29-42.

GARCÍA, C., SUAREZ, C., DAZA, M. (2010). *Estrutura e Diversidad Florística dos Bosques Naturales* (Buenos Aires, DPTO Cauca, Colombia). Artículo de Reporte de Casos, Faculdade de Ciências Agropecuárias, Vol 8, No. 1, 75-82p.

HAMMARSTRAND, L. SÄRNBERGER, A. (2013). Comparative evaluation of two forest systems under different management regimes in Miombo woodlands: A case study in Kitulangalo area, Tanzania. Master of Science Thesis in Industrial Ecology. Department of Energy and Environment. Division of Physical Resource Theory. Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden.

HIGUCHI, N.; JARDIM, F. C. S.; SANTOS, J.; ALENCAR, J. C. (1985). Bacia 3 - Inventário diagnóstico da regeneração natural. Acta amazônica, v. 15, n. 1-2, p. 199, 233.

HOFIÇO, N. 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, v. 5, n. 10, p. 679-690.

ISANGO, J. (2007). Stand structure and tree species composition of Tanzania Miombo woodlands: A case study from Miombo woodlands of community based forest management in Iringa District. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute, n. 50, p. 43–56.

JANKAUSKIS, J. (1990). Avaliação de técnicas de manejo florestal. Belém: SUDAM, 143 p.

Kapinga, K., Syampungania, S., Kasubika, R., Yambayamba, A., Shamaoma, H. (2018). Species-specific allometric models for estimation of the above-ground carbon stock in miombo woodlands of Copperbelt Province of Zambia. *Forest Ecology and Management* 417 (2018) 184–196 DOI: 10.1016/j.foreco.2018.02.044.

KASSAM, A.H.; Van Velthuisen, H.T.; HIGGINS, G.M.; CHRISTOFORIDES, A.; VOORTMAN, R.L.; SPIERS, B. (1981). Climatic data bank and length of growing period analysis. Assessment of land resources for rainfed crop production in Mozambique. FAO, Ministry of Agriculture.

LONGHI, S.J. (1980). A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria augustifolia* (Bert) O. Ktze, no sul do Brasil. 198 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MAGALHÃES, T. M. (2016) Estimation of tree biomass, measurement uncertainties, and morphological topology of *Androstachys johnsonii* prain. Dissertation presented for the degree of Doctor of Philosophy (Forestry) at the University of Stellenbosch., Stellenbosch.

MARZOLI, A (2007) Inventário florestal nacional. DNTF, Maputo, Moçambique.

MEHTATALO, L.; DE-MIGUEL, S.; & GREGOIRE, T. G. (2015). Modeling height-diameter curves for prediction. *Canadian Journal of Forest Research*, ISSN: 12086037, 45(7): 826–837.

MONTFORT, F., NOURTIER, M., GRINAND, C., MANEAU, S., MERCIER, C., ROELENS, J-B., BLANC, L., (2021). Regeneration capacities of woody species biodiversity and soil properties in Miombo woodland after slash-and-burn agriculture in Mozambique 11 Pag.

MÜELLER-DOMBOIS, D., & ELLENBERG, H. (1974). Aims and Methods of vegetation ecology. In J. Wiley & Sons (Eds.), *Aims & Methods of Vegetation Ecology*.

NANVONAMUQUITXO, S. J. A.; MACUEIA, F. B. E. D.; CARAVELA, M. I. (2019). Estrutura e diversidade de uma floresta de Miombo em Taratibu, Norte de Moçambique. *Nativa*, Sinop, v. 7, n. 6, p. 778-783.

NADKARNI, N. M., MCINTOSH, A.C.S., CUSHING, J. B. (2008). A Framework to categorize Forest structure concepts. *Forest Ecology and Management*, V. 256, pp. 872-882, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.05.021>

PATRÍCIO, M. S.; DIAS, C. R.G.; NUNES, L. (2022). "Mixed-effects generalized height-diameter model: A tool for forestry management of young sweet chestnut stands". *Forest Ecology and Management*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120209>

PIELOU, E.C. (1975). *Ecological diversity*. New York: John Wiley, 165 p.

PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D.; & the R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2019). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-111. (3.1-111.). <http://cran.r-project.org/package=nlme>

PUNGULANHE, L., (2020). Caracterização da vegetação arbórea sob diferentes regimes de queimadas na floresta de Miombo, Reserva Nacional de Gilé, Província da Zambézia. (Mestre). Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal/UEM.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing* (2022). Porto, Portugal. Retrieved from <http://cran.dcc.fc.up.pt/> 61–464.

RIBEIRO, N.S; SHUGART,H.H, Washington-Allen, R. (2008). The effects of fire and elephants on species composition and structure of the Niassa Reserve, northern Mozambique. *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 1626–1636. doi: 10.1016/j.foreco.2007.11.033.

RIBEIRO, N. S., SHUGART, H. H., SWAP, R. J. and. OKIN, G. S. (2007). Five-year period of fire regime in the miombo woodlands of Niassa reserve, Mozambique. *Journal of Forest Ecology and Management*.

RODE, R., FILHO, F. A., MACHADO, S. A. & GALVÃO, F. (2010). Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. *Floresta*,40(2): 255-268.

ROSSI, L. M. B (1994). Aplicação de diferentes métodos de análise para a determinação de padrão espacial de espécies na floresta tropical húmida de terra firme. Dissertação apresentada para obtenção de título de mestre em manejo florestal, Manaus, Universidade do Amazonas.

SAKAMOTO, Y.; ISHIGURO, M.; & KITAGAWA, G. (1986). Akaike information criterion statistics. Dordrecht: D. Reidel. 290 p.

SENF, C., MORI, A. S., MÜLLER, J., SEIDL, R. (2020). The response of canopy height diversity to natural disturbances in two temperate forest landscapes. *Landscape Ecol*, 35:2101–2112, disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01085-7>

SCHWARZ, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, 6(2): 461–464.

SCOLFORO, J. R. S. (1998). Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. LAVRAS: UFLA/FAEPE. v. 1. 443 p.

SIMÕES, MARCELO CHRISTOVAM. (2017). Cálculo e Interpretação da Estrutura Vertical da Floresta; Mata Nativa; Vicoso MG-Brasil.

SHIRIMA, D. D., MUNISHI, P.K.T., LEWIS, S.L., BURGESS, N.D., MARSHALL, A.R., BALMFORD, A., SWETNAM, R.D., ZAHABU, E.M. (2011). Carbon storage, structure and composition of Miombo woodlands in Tanzania's Eastern Arc Mountains. *Afr. J. Ecol.* 49, 332–342.

Sociedade de Gestão e Desenvolvimento da Reserva de Niassa (SGDRN). 2005. Plano de manejo da Reserva nacional de Niassa. Maputo. 139pp

TIMBERLAKE, J., GOLDING, J., CLARKE, P. (2004). Niassa Reserve Botanical Survey report—Prepared for Sociedade para a Gestão e Desenvolvimento da Reserva do Niassa Moçambique. Biodiversity Foundation for Africa P.O. Box FM730, Famona, Bulawayo, Zimbabwe.

WHITE, F. (1983). The vegetation of africa. UNESCO. Paris, France.

Wyk B, Wyk P. (2013) Field Guide to Trees of Southern Africa. Penguin Random House Publishers, South Africa.