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

Sector de Florestas

Relatório da Instalação e 1ª Medição da Parcela de Amostragem Permanente ZG01 no Parque Nacional do Gilé (PNAG)

Abril de 2022

Autores:

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

Redacção:

Cremildo Riba Gouveia Dias, Papin Aurélio Mucaleque e Alberto Fernando Mussana

Revisão:

Muri Soares e Sérgio Simão João

Fotos e ilustrações:

Aristides Cassiano Mamba, Papin Aurélio Mucaleque e Jacinto Mirione Mafalacusser

Ficha Técnica

Título: Relatório preliminar da instalação e 1ª Medição da Parcela de Amostragem Permanente ZG01 no Parque Nacional do Gilé (PNAG)

Redacção: Cremildo Riba Gouveia Dias, Papin Aurélio Mucaleque e Alberto Fernando Mussana

Colaboração: Unidade de MRV do Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável

Equipa técnica e funções

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

Agradecimentos

À administração do parque na pessoa do seu administrador, Raimundo Vasco Matusse e sua equipa (fiscais) pela excelente colaboração. Aos regulados de Namurrua e Mulela pela disponibilização dos ajudantes de campo e sensibilização da comunidade. A todas as entidades que directa e/ou indirectamente apoiaram na actividade, o nosso muito obrigado

ÍNDICE

Lista de Figuras iv

Lista de Tabelas v

1. Introdução 6

2. Metodologia 7

2.1 Descrição da área de estudo 7

2. 1.1 Geomorfologia 8

2.1.2 Clima 9

2.1.3 Vegetação 10

2.2 Métodos 11

2.2.1 Desenho amostral 11

2.2.2 Alocação da parcela 12

2.2.3 Determinação do PP 13

2.2.4 Demarcação da parcela e medição de indivíduos 13

2.3 Características da PAP 14

2.3.1 Generalidades 14

2.4 Colecta de dados 15

2.4.1 Colecta de amostras de solo 15

2.4.2 Composição florística 18

2.5 Análise de dados 19

2.5.1 Diversidade florística 19

2.5.2 Estrutura horizontal 20

2.5.3 Determinação da distribuição diamétrica 20

2.5.4 Estrutura Vertical 21

2.5.5 Relações hipsométricas 22

2.5.6 Distribuição espacial das espécies de interesse 23

3. Resultados 25
3.1 Análise de solos 25
3.1.2 Caracterização do solo - unidade VA de solo 25
3.2 Composição florística 27
3.2.1. Riqueza de espécies 27
3.3 Diversidade florística 30
3.4 Estrutura horizontal 33
3.5 Distribuição diamétrica e da Área Basal 37
3.6 Padrão de distribuição espacial das espécies 42
3.7 Estrutura Vertical 44
3.8 Estrutura hipsométrica 47
3.8.1 Relação hipsométrica em Multi-espécies 48
3.9 Avaliação qualitativa 51
4. Bibliografia 53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização do Parque Nacional do Gilé e das PAPs..... 8
Figura 2 – Distribuição da precipitação ao longo do ano e o balanço hídrico na região10
Figura 3 - *Parinari curatellifolia* ponto de referência (PR) e placa de identificação da parcela ZG01. 13
Figura 4 - Modelo da parcela de amostragem permanente de 1 hectare (100 m x 100 m). 14
Figura 5 – Representação gráfica de uma PAP, e os pontos de amostragem de solos.. 16
Figura 6 - Panorama paisagístico e a sondagem de referência (centro da PAP), ZG01, PNAG 17
Figura 7 - Distribuição do índice de valor de importância ampliado (IVIA) das quinze principais espécies amostradas na parcela ZG01. 37
Figura 8 - Distribuição das frequências por classe diamétrica para os indivíduos arbóreos com DAP≥5 cm na Parcela ZG01. 38
Figura 9 - Distribuição da área basal (m^2ha^{-1}) por centro de classe de diâmetro 41
Figura 10 - Distribuição da área basal na parcela ZG01 42
Figura 11 - Estrutura fitossociológica vertical da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé. 45
Figura 12 – Distribuição das classes de altura dos indivíduos da parcela ZG01 48
Figura 13 - Representação gráfica da relação hipsométrica, obtida através do modelo linear sobre os valores observados na parcela ZG01..... 48
Figura 14 - Mapa de distribuição de diâmetro e altura dos indivíduos na parcela ZG01. 49
Figura 15 - Distribuição da proporção de vigor da copa, sanidade, qualidade de fuste e posição da copa dos indivíduos com DAP ≥ 10 cm na ZG01. 52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tipo e número de amostras colectadas nas PAP ZG01 18
Tabela 2 - Equações utilizadas nos cálculos dos índices de diversidade e equabilidade. 19
Tabela 3 – Fórmulas usadas no cálculo dos parâmetros de estrutura horizontal para as espécies amostradas na parcela ZG01. 20
Tabela 4 - Funções matemáticas utilizadas na modelação da relação H-D na parcela ZG01. 22
Tabela 5 - Lista de espécies de Plantas vasculares encontradas na parcela ZG01 28
Tabela 6 – Famílias e géneros encontrados na parcela ZG01 nos 255 indivíduos medidos 29
Tabela 7 - Algumas das espécies do understorey encontradas na parcela ZG01 30
Tabela 8 - Índices da diversidade florística da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé. 31
Tabela 9 - Estrutura horizontal de espécies arbóreas com DAP ≥ 10 cm da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé. 33
Tabela 10 - Estrutura horizontal de espécies com DAP entre 5 e 10 cm da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé. 36
Tabela 11 - Número de árvores por centro de classe de diâmetro e espécie da Parcela ZG01 40
Tabela 12 – Padrão espacial para espécies florestais com mais de dois indivíduos amostrados encontradas na parcela ZG01. 44
Tabela 13 - Estrutura sociológica vertical da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé. 46
Tabela 14 – Estatísticas do ajuste dos modelos NLME pelo método ML e ponderação dos resíduos. 50
Tabela 15 - Estimativa dos parâmetros, erro padrão e p-valores de ajuste do principal modelo de relação hipsométrica. 50

1. INTRODUÇÃO

Na exploração e maneio de recursos florestais, é indispensável que as intervenções a serem executadas sejam baseadas em critérios técnicos que incluam desde o conhecimento da silvicultura e autoecologia 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 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:

a. Taxas anuais de mudança de estoques de carbono dos principais ecossistemas florestais;
b. Reservatórios de carbono e,
c. Dados sobre o crescimento e rendimento das diferentes espécies florestais.

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

- Monitorar as mudanças da estrutura e composição florística da vegetação ao longo do tempo;
- Monitorar a dinâmica das espécies florestais (taxas de crescimento, mortalidade, recrutamento, regeneração);
- Gerar dados para modelos de crescimento e rendimento;
- 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;
- Permitir a calibração de imagens de satélite para o cálculo de biomassa aérea através de técnicas de teledetecção espacial.

2. METODOLOGIA

2.1 Descrição da área de estudo

A PAP foi instalada dentro dos limites do Parque Nacional do Gilé. O Parque Nacional do Gilé (PNAG) cobre uma área de 2.861 km^2, com uma Zona tampão (ZT) de1.671 km^2. Criado em 1932, originalmente como reserva de caça, apenas rinocerontes e elefantes estavam protegidos. O PNAG foi proclamado área de conservação em 1999, primeiro como Reserva e muito recentemente (Maio de 2020) como Parque Nacional. É a única área protegida em Moçambique sem assentamentos populacionais permanentes em sua área central e representa uma das maiores áreas de floresta ininterrupta de Miombo na parte norte do país (MERCIER *et al.,* 2016). Cerca de 12.500 habitantes vivem na Zona tampão e 22.000 habitantes na vila sede (Gilé) localizada próximo ao PNAG (Etc TERRA, 2017).

Está situado na parte nordeste da província da Zambézia, entre os distritos de Pebane (60% da área do PNAG), o segundo maior distrito da província e o distrito de Gilé (40% da área do parque), o quarto maior distrito da província, entre as coordenadas, 16° 50′ 57″ de latitude Sul e 38° 21′ 10″ de longitude Este (Figura 1) (PUNGULANHE,2020).

Os seguintes cursos de água delimitam os sectores Norte, Oeste e Leste do PNAG:

- Nanhope e Naivocone (sector norte);
- Lice e Mulela (sector oeste);
- Molocué (sector leste).

Não existem delimitações geográficas naturais no sector sul, onde o limite é administrativamente estabelecido por uma linha que decorre paralelamente e aproximativamente a 20 km da estrada que liga os postos administrativos de Mualama e Nova Naburi, no distrito de Pebane.

A ZT forma uma faixa, de largura variável, que rodeia completamente o PNAG.

O PNAG e a sua ZT são acessíveis de Quelimane (capital administrativa da província da Zambézia) através de 410 km de estrada, dos quais 200 são asfaltados e 210 em terra batida, e de Nampula (capital administrativa da província de Nampula) através de 210 km de estradas, dos quais 100 asfaltados e 110 em terra batida.

O PNAG está dividido em 16 zonas que também são chamadas de zonas de monitoria, que foram definidas com base em características peculiares, como por exemplo, frequência de algumas espécies de fauna/flora, relevo, para além da densidade das espécies de flora e de fauna. As 16 zonas de monitoria são: Molocué, Musseia, Pope, Nassere, Namixelelene, Nasseco, Mucussa, Malema, Naivocone, Mirawe, Etaga, Namurrua, Lice, Mulela, Nakololo e Nrepele (PUNGULANHE,2020).

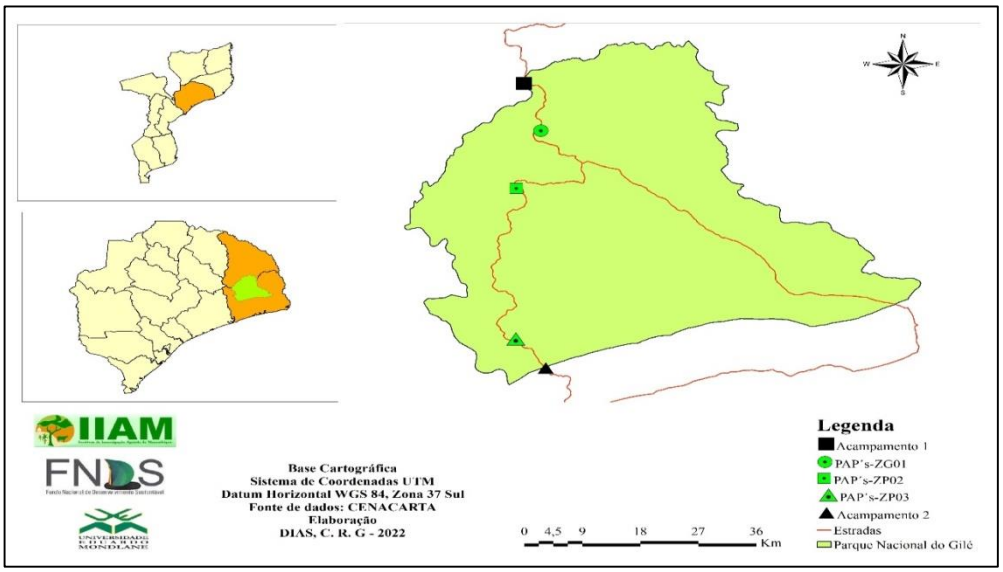


Figura 1 - Mapa de Localização do Parque Nacional do Gilé e das PAPs

2. 1.1 Geomorfologia

A geologia da área inclui duas séries pré-cambrianas altamente metamorfoseadas e deformadas, localmente invadidas por intrusões de granito e diques de pedras básicas. A primeira série (Greises Regional) representa a mais antiga e associada com a magnetite branca, amarelada ou verde, contendo quartzito. A segunda série (meta-sedimentaria) é composta principalmente de quistos que contem paragresis, arenitos e quartzito (DUTTON *et al*., 1973).

A topografia é relativamente plana com altitude inferior a 500 m (129 m de altitude em média, desvio padrão 55 m) e declives baixos. As áreas rochosas de alta altitude correspondem ao inselberg e são coberta por vegetação de pequena dimensão, representativa de áreas secas.

Dois tipos de solos são observáveis na área: 1) terra arenosa clara e 2) terra argilosa vermelha cujas distribuições são bastante irregulares dentro do PNAG e a sua ZT (INIA, 1994).

Os solos arenosos brancos são distribuídos no sul da área e com baixa fertilidade e capacidade de retenção de água e os solos argilosos avermelhados estão localizados no Norte com maior fertilidade e capacidade de retenção de água (BERTON, 2013).

Ambos solos têm um baixo grau de fertilidades, sendo também bastante susceptíveis a erosão pluvial, mantendo dificilmente elevados níveis de nutrientes e sais minerais (FUSARI *et al.*, 2010).

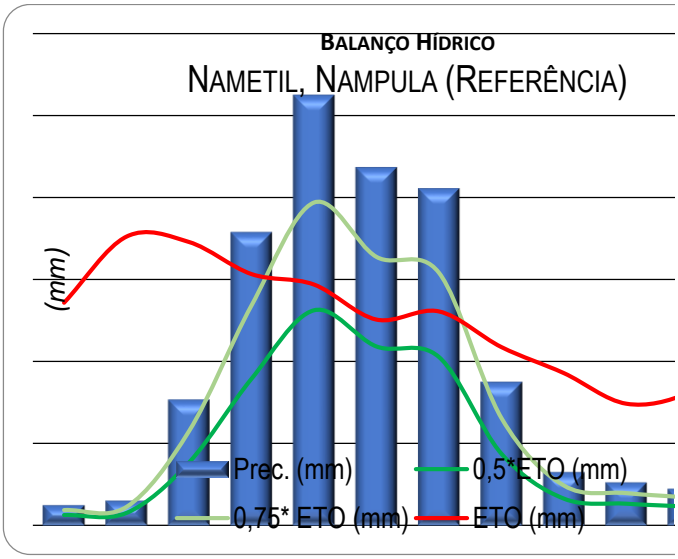
2.1.2 Clima

O PNAG enquadra-se na zona climática definida como "Zona de chuvas em período de verão tropical (tropical summer-rainfall climatic zone) (WHITE, 1983).

O PNAG situa-se entre 30 e 200 m acima do nível do mar com duas estações distintas: uma estação chuvosa entre Novembro e Abril, e temporada seca entre Maio e Outubro (FUSARI e CARPANETO, 2006). A precipitação média anual varia de 800 a 1.000 mm e a média as temperaturas anuais variam de 21 ◦C na estação seca a 28 ◦C na estação chuvosa (FUSARI e CARPANETO, 2006).

As temperaturas variam substancialmente durante a época seca, de cerca de 13˚C (media mínima em Junho) à 35,7˚C (media máxima em Outubro), com médias ao redor de 24/26˚C, permitindo o reconhecimento de uma época seca e fria muito precoce entre Maio e Agosto, e uma época seca e quente entre os meses de Setembro e Outubro. Por outro lado, a época chuvosa não apresenta uma variação menos acentuada das temperaturas.

Em geral, e segundo a Figura abaixo (figura 2), a precipitação acumulada anual (média de 27 anos) é de 1.152,0 mm na estação meteorológica de referência (Nametil) local com características similares ao das PAPs, contudo, pode variar até 1.286,2 mm próximo à costa, isto é, na sub-região de Pebane. A distribuição da precipitação 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 100 mm $mês^{-1}$), ou seja 75% da precipitação total ocorrem no período de Dezembro de um ano à Março do ano seguinte. O mês de Janeiro regista a precipitação mais elevada (um pouco mais de 262 mm).



Dados Climáticos da região

- Precip. anual*: 1.152,0mm*;
- ETO anual: *1.502,8;*
- 0,5*ETO anual: *576,0mm*;
- Maior Disponib.: *Nov-Abr*;
- Menor Disponib.: *Mai-Out*;
- Prec. ≥ 100mm: *Dez--Mar*;
- Prec. ≥ 60mm: *Nov-Abr*;
- Prec. ≥ 40mm: *Mait-Out.*

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

Tomando como ponto de partida, a disponibilidade da água no solo para as plantas, ou seja, Prec. > 0,5*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 1.502,8 mm. O déficit hídrico pode ocorrer no período compreendido entre os meses de Julho e Outubro, neste período, a precipitação acumulada é de apenas 64,9 mm contra cerca de 498,1 mm de evapotranspiração potencial o que perfaz um déficit absoluto de 433,2 mm. Contudo, tratando-se de formações florestais em regiões sub-húmidas, estas têm uma capacidade de conservar a humidade por mais tempo.

2.1.3 Vegetação

A floresta do parque e arredores é típica de mata seca de Miombo, com ocorrência de zonas húmidas abertas e pastagens chamadas dambos. O Miombo é caracterizado por espécies do gênero Brachystegia, Julbernardia e Isoberlinia (CAMPBELL, 1996). O PNAG é uma das últimas áreas em Moçambique com uma abundância relativamente grande das espécies arbóreas *Swartzia madagascariensis* (pau-ferro) que enfrenta subexploração em todo o país.

Considerando a cobertura da copa e a composição de espécies, são identificados seis tipos diferentes de cobertura vegetal: 1) matagal aberto; 2) floresta aberta de baixa altitude; 3) floresta fechada de baixa altitude; 4) formação herbácea arborizada;

5) Formação herbácea; 6) Arbustos baixos (FUSARI *et al.* 2010). Segundo os mesmos autores, as tipologias florestais mais dominantes no PNAG são florestas abertas de baixa

altitude (*Open woodland*) com uma área de cerca de 47.36%, o matagal aberto (*Bushland*) ocupando uma área de cerca de 43,66%.

De acordo com a classificação da vegetação de Moçambique proposta por WILD e BARBOSA (1967), a floresta de miombo do PNAG e da sua ZT corresponde a Unidade 24, definida como "Miombo decíduo de baixa altitude" (Deciduous miombo woodland-lowland type). Este tipo de vegetação encontra-se em altitudes incluídas entre 100m e 200m, com precipitações anuais entre 800-1000 mm e geralmente as espécies dominantes são *Brachystegia spiciformis, Brachystegia boehmii e Julbernardia globiflora*, com comunidades de 'Acacia-Combretum'.

Segundo a classificação proposta por WHITE (1983), o território do PNAG e da sua ZT seriam incluídos na "Floresta Zambeziaca Seca de Miombo" (Vegetation Type n. 26 "Dry Zambezian Miombo Woodland), com árvores normalmente entre os 12m e 18m de altura e com cobertura da copa superior a 40% e camadas inferiores com arbustos e ervas.

A vegetação no núcleo da área é uma floresta de Miombo seca Semi-decídua (93% da superfície total da área) com manchas de áreas húmidas rasas, chamadas dambos (5% do total da superfície). A terra queimada no núcleo da área representa uma média de 18,5% a cada ano (PUNGULANHE, 2020). Nas proximidades do PNAG, a vegetação é um complexo mosaico de rebrotação de Miombo pós-cultivo de diferentes idades, terras de cultivo (milho, mandioca, feijão e amendoim), mata madura de Miombo e savanas arborizadas.

Este mosaico paisagístico é impulsionado por agricultura de corte e queima, principal actividade de 89% da população (MERCIER et al., 2016), mas a paisagem também foi moldada pela migração do homem durante a guerra civil (1977-1992).

2.2 Métodos

2.2.1 Desenho amostral

Definiu-se que a Rede Nacional de Parcelas Permanentes deveria ter como quadro amostral a grelha nacional (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 incluindo a Floresta de Galeria (FSSV), Mecrusse e Mopane. Esta é uma grelha sistemática distribuída por todo o país, totalizando 100 unidades amostrais da

rede das PAPs, alocadas recorrendo a amostragem aleatória estratificada, onde desse universo algumas delas caíram em pontos localizadas em áreas de conservação (caso da parcela ZG01). A estratificação foi feita utilizando os tipos florestais de Moçambique, a tipologia do Inventário florestal e o mapa de cobertura florestal 2016.

Os factores que condicionaram a alocação são: a) Clima e morfologia, b) Uso e cobertura da terra, excluindo as áreas afectadas por perturbações antropogénicas, c) Tipo de solo e topografia, d) Desenvolvimento de florestas e composição de espécies, e) Fácil localização e com boas vias de acesso, f) Ter segurança suficiente a longo prazo de modo a evitar perturbações de actividade humana que danifiquem o estado da PAP, e g) Ter apoio inter-institucional a longo prazo.

2.2.2 Alocação da parcela

As florestas em Moçambique compreendem uma grande variedade de tipos de vegetação/ecossistemas desde as florestas sempre-verdes, às semi-decíduas a xerófitas, às de montanha de média e de alta altitude, às típicas de áreas húmidas, pantanosas e mangais. Para que as PAPs representem o mais homogéneo possível o tipo florestal onde elas forem instaladas, e diminuir o erro de amostragem e o erro padrão, a sua alocação foi feita com base numa estratificação que englobe os tipos florestais de Moçambique (Sempre-verde, decídua, mopane, Mecrusse, montanha) de acordo com mapa de uso e cobertura florestal de 2016, o mesmo usado para a estratificação e alocação de unidades amostrais do inventário florestal nacional.

O PP previamente escolhido para a ZG01 não cumpriu os requisitos estabelecidos no ‘manual para a instalação e monitoria de parcelas de amostragem permanentes’, e houve a necessidade de mudar-se de PP para um PP alternativo. A mudança teve como base os incêndios florestais que afectam o PNAG na época seca. Contudo, as queimadas por si só não constituem um problema, pois, as queimadas fazem parte da dinâmica natural do ecossistema de Miombo.

O factor que pesou na decisão de mudança de PP foi a necessidade de colher-se material botânico e identificar as espécies presentes na PAP, facto que seria difícil sem os materiais de identificação (folhas, flores e frutos).

Após verificar-se que o PP com ID 69908 (norte do parque) não reunia as condições desejadas para o levantamento de dados pelos motivos acima mencionados,

visitaram-se outros PPs constantes da grelha de 2x2 km alocados ao extremo norte do parque e seleccionou-se um novo ID como ponto alternativo.

Neste âmbito, a ZG01 foi seleccionado na zona norte do parque, distando aproximadamente 13 km do Posto de fiscalização de Namurrua e cerca de 800 m da via principal.

2.2.3 Determinação do PP

Localizado o PP, para o ZG01 foi deslocado cerca de 60 m para que a parcela não abrangesse um curso de água próximo. O ponto de referência (PR), que neste caso, trata-se de uma árvore da espécie Mutxupi (*Parinari curatellifolia*) dista a 4.5m do ponto principal (Figura 3). O Ponto de referência foi sinalizado e pintado a vermelho com o código PR.

Figura 3 - *Parinari curatellifolia* ponto de referência (PR) e placa de identificação da parcela ZG01.

2.2.4 Demarcação da parcela e medição de indivíduos

Para a demarcação desta parcela, usou-se o Trupulse calibrado com a declinação magnética de -9,58º. 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 x 100) metros, ficou subdividida em 50 subparcelas de (10 x 20) metros, 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 subparcelas foram medidas todas as árvores adultas (DAP ≥ 10 cm) e nas subparcelas X_9, X_{18}, X_{27}, X_{36} e X_{47} foram medidos também indivíduos com DAP entre 5 e 10 cm (Figura 4)

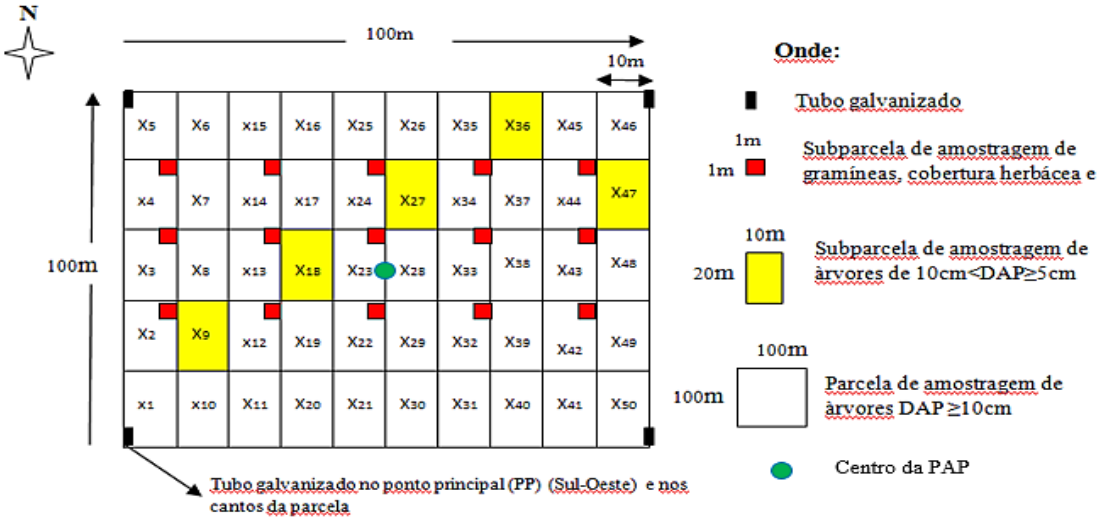


Figura 4 - Modelo da parcela de amostragem permanente de 1 hectare (100 m x 100 m).

2.3 Características da PAP

2.3.1 Generalidades

- Código da parcela: ZG01
- Coordenadas: x: 421607.4 e y: 8187804
- Altitude: 261 m
- Período de instalação e medição: 27 de Setembro de 2021 à 6 de Outubro de 2021
- Área de levantamento: localidade de Namurrua
- Declinação magnética: -9.58
- Distância do ponto de referência (PR): 4.5 m
- PR: Mutxupi (*Parinari curatellifolia*)

Esta parcela está a cerca de 50 km da vila sede, 13 km do Posto de fiscalização de Namurrua e 800 m da estrada. A PAP encontra-se rodeada de um curso de água periódico e as queimadas são frequentes na mesma. No momento da instalação da mesma, havia vestígios de queimadas de um passado recente. Relatos apontam que as queimadas se devem a actividades de caça e fogos escapados das machambas dos camponeses (agricultura itinerante) e que acabam invadido a área central do parque. A existência de animais foi confirmada com a observação de excrementos de animais no local.

A vegetação está no seu estado natural, floresta semi-decídua; a cobertura do capim está na ordem de 40 a 80% e a PAP está nos interflúvios onde os terrenos apresentam uma topografia quase plana (0,5 a 2%) à suavemente ondulada (2 a 5%), a fisiografia é classificada como sendo planície de denudação. Não foram observados afloramentos rochosos nas PAP ZG01 e o material de origem é rocha meteorizada '*in situ*' sobre rocha sedimentar derivada da rocha ígnea ácida.

2.4 Colecta de dados

2.4.1 Colecta de amostras de solo

A metodologia de trabalho para a descrição de solos e recolha de amostras é a mesma descrita no Suplemento "Guião para colheita de amostras de solos nas parcelas de amostragem permantes" (FNDS, 2020), e consiste na localização do centro da parcela, donde a sondagem de referência é feita e posteriormente na zona tampão, ou seja, nos pontos (a,b,c, d), outra sodagem 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 Nº. 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 5, o mais próximo do PP da parcela.

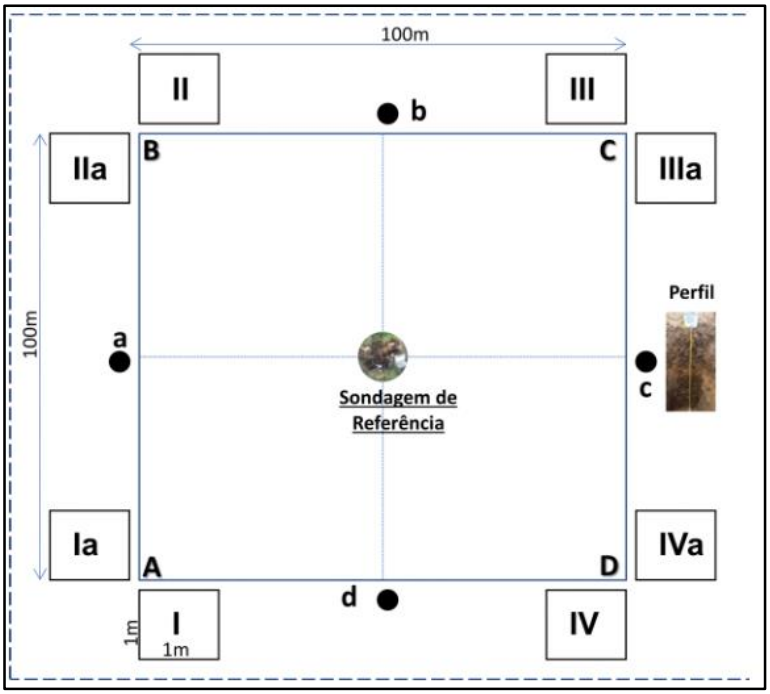


Figura 5 – Representação gráfica de uma PAP, e os pontos de amostragem de solos

As sondagens de solo feitas no centro da parcela, ou seja, sondagem de referência, determina a alocação do perfil de referência, nas três PAPs, no primeiro ponto de verificação, ou seja, zona tampão, no ponto (a) segundo o diagrama representando uma PAP, ver Figura 5 e 6.

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 mini-perfis 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) transportadas e submetidas as devidas análises no laboratório de solos.

O perfil de referência para a descrição do solo na PAP-ZG01, localiza-se no Posto Administrativo de Moneia, Distrito de Gilé, Província da Zambézia; latitude 16º 23' 21,8" Sul e longitude 38º 15' 56,3" Este; elevação: 261,3 m.

Figura 6 - Panorama paisagístico e a sondagem de referência (centro da PAP), ZG01, PNAG

Os mini-perfis abertos nos quatro vértices Sul e Norte da parcela localizam-se nas seguintes coordenadas:

- ZG01-I: Latitude 16º 23' 23,5" Sul; Longitude 38º 15' 57,0" Este; elevação:261 m; espessura de detritos orgânicos: 1,5 cm;
- ZG01-II: Latitude 16º 23' 20,2" Sul; Longitude 38º 15' 56,4" Este; elevação: 266 m; espessura de detritos orgânicos: 3,2 cm;
- ZG01-III: Latitude 16º 23' 19,2" Sul; Longitude 38º 15' 59,6" Este; elevação: 265 m; espessura de detritos orgânicos: 1,9 cm; e
- ZG01-IV: Latitude 16º 23' 22,7" Sul; Longitude 38º 16' 00,4" Este; elevação: 253 m espessura de detritos orgânicos: 1,1 cm

As amostras de solo e de detritos orgânicos foram colectados 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 1, mostra de forma resumida, os tipos de amostras colectadas na PAP ZG01, tanto no perfil do solo, assim como nos mini-perfis (I, II, III, IV).

Tabela 1- Tipo e número de amostras colectadas nas PAP ZG01

Tipos de amostras colectadas				
Objecto de amostragem	Perturbadas	Não perturbadas	Detritos orgânicos	Lençol freático
PAP- ZG01				
Perfil	5	0	0	0
Mini-perfis (I,II,III,IV)	3	12	1	0
Total	8	12	1	0

2.4.2 Composição florística

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 espécimen 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 manual 'Trees and Shrubs of Mozambique ' (BURROWS *et al*,2018)

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 subparcelas de 1m x 1m

Para a presente parcela foram colhidos 63 espécimes do total de 255 indivíduos medidos na parcela. 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. As espécies *Pterocarpus angolensis* e *Anonna senegalensis* são alguns dos exemplos de espécies que se apresentaram sem folhas e frutos. Para estes casos, identificaram-se as espécies baseando-se na familiarização dos técnicos com a espécie em campo.

Para as espécies difíceis de colher o material botânico devido à 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. Das árvores/espécies nem sempre possíveis de alcançar as folhas destacaram-se a

Brachystegia spiciformis e *Julbernardia globiflora,* duas das espécies características do miombo. Quanto aos indivíduos mortos, não foi possível a sua colecta. Para estas espécies, foi identificado no campo o nome provisório com ajuda do pisteiro e para o caso das que se encontravam na mesma base com outras vivas utilizava-se o exemplar da espécie com elementos de identificação para servir como amostra.

2.5 Análise de dados

2.5.1 Diversidade 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) e Coeficiente de mistura de Jentsh (QM). Quanto maior for o valor de H', maior será a diversidade florística da área em estudo. O valor encontrado de C varia de 0 (zero) a 1 (um), e quanto mais próximo de 1 (um) maior será a diversidade da comunidade. 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 estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - 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*	$J = \frac{H'}{H'_{max}}$
Coeficiente de mistura de Jentsh	*QM*	$QM = \frac{S}{N}$

Em que: 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 Pieolou; Q = coeficiente de mistura de Jentsch.

2.5.2 Estrutura horizontal

Os parâmetros da estrutura horizontal das espécies registadas na parcela ZG01 permitiu calcular a frequência, densidade, dominância em forma de valores absolutos e relativos. Para calcular a importância ecológica (IVI) de cada espécie dentro da parcela ZG01, combinou-se os parâmetros relativos de estrutura horizontal nomeadamente, a frequência, abundância e dominância por meio do índice de valor de importância (IVI) e índice de valor de cobertura (IVC) (MÜELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), descritos na Tabela 3. O índice de valor de importância (IVI) com base na frequência relativa, densidade e dominância de cada espécie foi usada para caracterizar a estrutura florística e composição da parcela.

Tabela 3 – Fórmulas usadas no cálculo dos parâmetros de estrutura horizontal para as espécies amostradas na parcela ZG01.

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*	$IVI_i(\%) = ABR_i + DoR_i + FR_i$	*%*
Índice de valor de cobertura	*IVC*	$IVC_i(\%) = ABR_i + DoR_i$	*%*
Índice de valor de importância ampliado	*IVIA*	$IVIA_i(\%) = IVI_i + PSR_i$	*%*

Em que: ni = número total de indivíduos amostrados de cada espécie i, por unidade de área; N = número total de indivíduos amostrados, independentes da espécie;
gi= área basal de cada espécie; G = área basal total das espécies encontradas por unidade de área; A = área amostrada (ha); pi = número de unidades de amostragem com a presença da espécie i; Pt = número total de unidades de amostragem.

2.5.3 Determinação da distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica de um povoamento florestal corresponde ao número de árvores, por hectare, e por classe de DAP, independentemente das espécies. Já a

distribuição diamétrica da espécie é o número de árvores, por hectare, e por classe de DAP, 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.

2.5.4 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).

2.5.4.1 Posição sociológica

A análise da posição sociológica indica a importância da espécie, assim como sua participação nos estratos verticais da floresta. Neste trabalho, 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 Ht < (Hm – 1S);
- Estrato Médio: Árvore com (Hm – 1S) ≤ Ht < (Hm + 1S);
- Estrato Superior: Árvore com Ht ≥ (Hm + 1S).

em que: Hm = média das alturas totais (Ht) dos indivíduos amostrados; S = desvio padrão das alturas totais (Ht) dos indivíduos amostrados; e Ht = altura total do j ésima 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 expressões:

$$PSA_i = \sum_{j=1}^{J} \left(\frac{N_j}{N}\right) * N_{ij} \qquad PSR_i = \frac{PSA_i}{\sum_{i=1}^{S} PSA_i} * 100 \qquad IVIA = IVI_i + PSR_i$$

em que: PSAi = posição sociológica absoluta da i-ésima espécie; Nj = número de indivíduos do i-ésimo estrato; N = número total de indivíduos de todas as espécies, em todos os estratos; Nij = número de indivíduos da i-ésima espécie no j-ésimo estrato de altura; PSRi = posição sociológica relativa da i-ésima espécie, em percentagem.

2.5.4.2 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 a 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:

$$QAF_i = \sum_j^m n_{ij} * \frac{N_j}{N} \qquad QRF_i = \frac{QAF_i}{\sum_i^m QAF_i} * 100$$

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

2.5.5 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 e só faz sentido quando analisada para uma espécie. 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 ZG01 foram utilizados modelos não lineares amplamente divulgados na literatura florestal. Os modelos utilizados nos ajustes das equações estão compilados na Tabela 4.

Tabela 4 - Funções matemáticas utilizadas na modelação da relação H-D na parcela ZG01.

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

2.5.6 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 (Pi), 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: Pi<1 (distribuição aleatória); 1≤Pi≤1,5 (tendência ao agrupamento) e Pi>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: Pi = índice de Payandeh; S^2_i = variância do número de indivíduos das espécies entre as parcelas; Mi = média do número de indivíduos da espécie.

O método de Hazen faz uso de relação:

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

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) a 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 a 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.

3. RESULTADOS

3.1 Análise de solos

As amostras acima discriminadas na Tabela 1, já deram entrada no Laboratório de solos, águas e plantas da Direcção de Agronomia e Recursos Naturais, estando em curso as seguintes análises:

Físicas: textura (USDA), reacção do solo (pH-H_2O e pH-KCl), condutividade eléctrica (salinidade), humidade, e densidade aparente

Químicas: matéria e carbono orgânicos; bases trocáveis (Ca^{2+}; Mg^{2+}; K^{+}; Na^{+}), acidez trocável (Al^{3+}; e H^{+}); nitrogénio total e o inorgânico.

3.1.2 Caracterização do solo - unidade VA de solo

Conceito central: solos arenosos avermelhados são de granulometria grosseira, com um subsolo de coloração avermelhada homogênea; cascalho de arenito, vermelho, angular e subangular pode ser encontrado a mais de um (1 m) metro de profundidade.

3.1.2.1 Variação das características

O horizonte A é ócrico; 10-20 cm de espessura; castanho, castanho-escuro, castanho-avermelhado escuro; areia grosseira ou arenoso-franca grosseira; grãos simples; solto, muito friável, não pegajoso não plástico; sem efervescência; transição nítida a gradual e plana.

O horizonte Bw tem uma espessura de até vários metros; castanho-avermelhado escuro, castanho-avermelhado, vermelho-escuro, arenoso grosseiro; fraco, fino a médio, subanguloso, grãos simples, ou maciço; solta ou branda, muto friável, não plástica e não pegajosa; sem efervescência.

3.1.2.2 Descrição do perfil

PAP-ZG01

Código do perfil: ZG01-PAP **Data:** 04 de Outubro de 2021.

Unidade de solos: VA (solo arenoso avermelhado) **Coordenadas:**16º23′21.8′′**S** e 38º15′58.4′′**E**

Área de levantamento: P.Ad. de Moneia **Altitude:** 261,3m.

Localização: Nanhope, Posto Administrativo de Moneia, Distrito de Gilé, Província da Zambézia.

Autores: *Jacinto Mafalacusser, Munir Jussub.* **Nome local do solo:** não mencionado

Classificação WRB 2014: *Ferralic arenosol.* **Topografia:** Suavemente ondulado (2 –5%).

Classificação USDA: *Ustic Quartzipsaments.*

Fisiografia: Planície de denudação.

Uso de terra: Reserva florestal/Fauna bravia.

Elemento fisiográfico: Interflúvio.

Culturas: Sem culturas.

Influência humana: Queimadas**.**

Vegetação: Floresta aberta.

Posição: Parte intermédia do declive.

Cobertura de capim: 3 (> 80%)

Declive: Classe 2 (2 a 4%); Forma: Directa.

Material de origem: Rocha meteorizada "*in situ*" – sobre rocha sedimentar derivado de rocha ácida ígnea

Drenagem: Boa (Moderada Escoamento lento).

Micro-topografia: Irregular. .

Afloramento de rochas: sem

Pedras superficiais: sem (0%).

Inundação: sem

Lençol freático: Não observado.

Profundidade efectiva: Muito profunda.

Humidade: Seco até 163cm.

Erosão: Sem erosão e/ou deposição.

Selagem/crosta: sem

Bacia hidrográfica: Ligonha. **Observações/Anotações:** Colectadas 5 amostras (0-10cm; 10-30cm; 30-61cm; 61-104cm; 104-163cm).

Horizonte	Prof. (cm)	Descrição
A	0-10	Cinzento-escuro (**10YR 4/1**) quando seco e cinzento muito escuro (**10YR 3/1**) quando húmido; sem manchas; arenoso-franco a franco-arenoso; estrutura fraca, fina, granular; branda quando seco, muito friável quando húmido, não pegajosa e não plástica quando molhado; raras, distintas películas de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; comuns poros finos muito finos; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; comuns fenómenos biológicos de tipo cavidades não especificadas; muitas raízes finas e muito finas; sem efervescência; transição nítida e plana; (1ª amostra: ZG01-1: 0-10 cm).
AB	10-30	Castanho pálido (**10YR 6/3**) quando seco e castanho amarelado (**10YR 5/4**) quando húmido; sem manchas; arenoso; estrutura fraca, fina, granular; branda quando seco, muito friável quando húmido, não pegajosa e não plástica quando molhado;raras,distintas películas de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; comuns poros finos e muito finos; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; comuns fenómenos biológicos de tipo cavidades não especificadas; muitas raízes muito finas; sem efervescência; transição difusa e plana; (2ª amostra: ZG01-2: 10-30 cm).

BA	30-61	Alaranjado (**7.5YR 7/3**) quando seco e castanho (**7.5YR 5/4**) quando húmido; sem manchas; arenoso; moderada, fraca, anisoforme subangular; branda quando seco, muito friável quando húmido, não pegajosa e não plástica quando molhado; raras, distintas películas de argila nos poros; sem cimentação e/ou compactação; comuns poros finos e muito finos; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem fenómenos biológicos; comuns raízes finas e muito finas; sem efervescência; transição difusa e plana; (3ª amostra: ZG01-3: 30-61 cm).
Bw1	61-104	Amarelo avermelhado (**7.5YR 8/6**) quando seco e amarelo avermelhado (**7.5YR 7/8**) quando húmido; sem manchas; franco-arenoso; moderada, fraca, anisoforme subangular; branda quando seco, muito friável quando húmido, não pegajosa e não plástica quando molhado; sem películas; sem cimentação e/ou compactação; comuns poros finos e muito finos; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem fenómenos biológicos; poucas raízes muito finas; sem efervescência; transição difusa e plana; (4ª amostra: ZG01-4: 61-104 cm).
Bw2	104-163	Amarelo avermelhado (**7.5YR 8/6**) quando seco e amarelo avermelhado (**7.5YR 6/8**) quando húmido; sem manchas; franco-arenoso; moderada, fraca, anisoforme subangular; branda quando seco, muito friável quando húmido, não pegajosa e não plástica quando molhado; sem películas; sem cimentação e/ou compactação; comuns poros finos e muito finos; sem fragmentos rochosos; sem nódulos minerais; sem fenómenos biológicos; sem efervescência; poucas raízes finas e muito finas; (5ª amostra: ZG01-5: 104-163 cm).

3.2 Composição florística

3.2.1. Riqueza de espécies

Dos 63 espécimes colhidos, juntando à identificação em campo de indivíduos impossíveis de colher exemplar botânico, foram identificadas um total de 32 espécies de plantas (31 cientificamente e 1 desconhecida/não identificada), pertencentes a 12 famílias botânica, sendo a família Fabaceae a mais destacada, com maior número de espécies (15) bem como maior número de indivíduos (164), e o género Brachystegia foi o que apresentou maior número de indivíduos (93).

Num estudo efectuado por MONTFORT *et al*. (2021) no PNAG, 54 espécies pertencentes a 20 famílias foram encontradas em 20 parcelas de 16 m de raio cada.

Das espécies da família Fabaceae, as subfamílias Caesalpinioideae, Papilionoideae e Mimosoideae tiveram 120,40 e 6 indivíduos respectivamente (Tabela 5). A presença marcante das espécies da família Fabaceae quando considerada como um só táxon está

associada à capacidade em competir com espécies de outras famílias em solos de baixa fertilidade, que é característico deste bioma (KALABA *et al*., 2013).

Outras famílias de destaque em termos de número de indivíduos foram Apocynaceae, Phyllanthaceae e Annonaceae com 26, 21 e 15 indivíduos respectivamente. No que se refere ao número de espécies, as famílias Combretaceae com 3 espécies, e Rubiaceae, Anacardiaceae e Linaceae com 2 espécies perfazem as famílias com maior número de espécies, depois da Fabaceae (Tabela 6).

De acordo com RIBEIRO *et al.* (2008), o 'ranking' de espécies da família Combretaceae nesse bioma está relacionado ao estágio sucessional da floresta, associada a ocorrência de perturbações antrópica no passado, ocasionadas pela presença de fogo comummente usados na expansão de fronteiras agrícolas associado a agricultura migratória e a produção de energia a partir da biomassa florestal.

No estudo de MONTFORT *et al*. (2021), as famílias mais diversas foram Fabaceae (25 espécies), Euphorbiaceae (9 espécies) e Rubiaceae (8 espécies). A grande diferença com o presente estudo reside na ausência de espécies da família Euphorbiaceae, espécies essas cujas presenças podem indicar sítios insustentáveis para a agricultura, portanto, raramente atingidos pelo fogo (HOFIÇO & FLEIG, 2015)

Tabela 5 - Lista de espécies de Plantas vasculares encontradas na parcela ZG01

Família (subfamília)	Nome científico	Nome local	Forma de vida	Nº de Ind
Fabaceae (Caesalpinioideae)	*Brachystegia boehmii*	Mutxakatxa	Árvore	58
Fabaceae (Caesalpinioideae)	*Brachystegia spiciormis*	Murotxo	Árvore	35
Fabaceae (Caesalpinioideae)	*Julbernardia globiflora*	Nampakala	Árvore	15
Fabaceae (Caesalpinioideae)	*Burkea africana*	Mukhala	Árvore	5
Fabaceae	*Erythrophleum africanum*	Mukarara	Árvore	5
Fabaceae (Caesalpinioideae)	*Cassia abbreviata*	Namahele	Árvore	1
Fabaceae (Papilionoideae)	*Tamarindus indica*	Nawepa	Árvore	1
Fabaceae (Papilionoideae)	*Pterocarpus angolensis*	Mpila	Árvore	24
Fabaceae (Papilionoideae)	*Swartzia madagascariensis*	Nakwata	Árvore	5
Fabaceae (Papilionoideae)	*Pericopsis angolensis*	Mwaka	Árvore	4
Fabaceae (Papilionoideae)	*Philenoptera bussei*	Mwalafa	Árvore	2
Fabaceae (Papilionoideae)	*Xerroderis stuhlmannii*	Mpopwe	Árvore	4

Fabaceae (Papilionoideae)	*Dalbergia nitudula*	Evico	Árvore	1
Fabaceae (Mimosoideae)	*Acacia goetzei subsp.goetzei*	Cacatxe	Árvore	5
Fabaceae (Mimosoideae)	*Albizia versicolor*	Nivevereya	Árvore	1
Apocynaceae	*Diplorhynchus condylocarpon*	Thokofi	Árvore	26
Phyllanthaceae	*Pseudolachnostylis maprouneifolia*	Mutholo	Árvore	21
Annonaceae	*Annona senegalensis*	Muiepe	Arbusto	15
Strychnaceae	*Strychnos madagascariensis*	Nakweli	Arbusto	6
Rubiaceae	*Vangueria infausta*	Mulhululo	Árvore	2
Rubiaceae	*Catunaregam swynnertonii*	Txitxipere	Árvore	2
Combretaceae	*Combretum zeyheri*	Mopakhalawa	Árvore	4
Combretaceae	*Terminalia sericea*	Namoro	Árvore	1
Combretaceae	*Pteleopsis myrtifolia*	Muleva	Árvore	2
Anacardiaceae	*Lannea schimperi*	Canhupo	Árvore	2
Anacardiaceae	*Sclerocarya birrea*	Munholo	Árvore	1
Linaceae	*Hugonia orientalis*	Nawipahe	Árvore	2
Linaceae	*Phyllocosmus lemaireanus*	Nakhulane	Árvore	1
Ebenaceae	*Diospyros mespiliformis*	Muriparipa	Árvore	1
Ochnaceae	*Ochna schweinfurthiana*	Namurimammoha	Árvore	1
Burseraceae	*Commiphora africana*	Namapiti	Árvore	1
Desconhecida morta	*Desconhecida*	Desconhecida	Desconhecida	1
N=12	N=32	N=32		N=255

Tabela 6 – Famílias e géneros encontrados na parcela ZG01 nos 255 indivíduos medidos

Família	*Total de*	*No de espécies*	*No de*
Fabaceae	*166*	*15*	*14*
Apocynaceae	*26*	*1*	*1*
Phyllanthaceae	*21*	*1*	*1*
Annonaceae	*15*	*1*	*1*
Strychnaceae	*6*	*1*	*1*
Rubiaceae	*4*	*2*	*2*
Combretaceae	*7*	*3*	*3*
Anacardiaceae	*3*	*2*	*2*
Linaceae	*3*	*2*	*2*
Ebenaceae	*1*	*1*	*1*
Ochnaceae	*1*	*1*	*1*
Burseraceae	*1*	*1*	*1*
Desconhecida	*1*	*1*	
N=12	*N=255*	*N=32*	*N=30*

Para o estrato inferior, nesta parcela há uma grande diversidade de espécies, sendo que um grande número de regeneração não estabelecida não se encontra representada no estrato alto.

As espécies no estrato inferior não são necessariamente as que foram medidas nos indivíduos adultos, isso indica que a PAP tem maior número de espécies do que as 32 aqui inventariadas, mas os indivíduos em causa, encontram-se crescendo como regeneração não estabelecida. Esse facto prediz que há necessidade de se fazer o levantamento das parcelas de 1x1 m, porém, no understorey desta PAP encontram-se poucos indivíduos herbáceos e muitos lenhosos em regeneração não estabelecida. No total, observaram-se cerca de 40 espécies no understorey das quais 4 eram gramíneas (*Loudetia simplex, Themeda triandra)* e as restantes da classe das lenhosas. As referidas gramíneas não foram colectadas devido ao estado queimado das mesmas.

Tabela 7 - Algumas das espécies do understorey encontradas na parcela ZG01

Número	Família	Nome da espécie	Nome local
1	Rubiaceae	*Polysphaeria lanceolata*	
2	Rubiaceae	*Rothmannia engleriana*	Mantxiha
3	Fabaceae (Caesalpinioideae)	*Brachystegia spiciformis*	Murotxo
4	Lamiaceae	*Vitex doniana*	Mpuru
5	Smilicaceae	*Smilax anceps*	Nikharuwe
6	Fabaceae (Papilionoideae)	*Dalbergia melanoxylon*	Mpivi
7		*Desconhecido*	Murotxo-mulupale
8	Fabaceae (Papilionoideae)	*Abrus precatorius*	Namucolocoma

3.3 Diversidade florística

Os valores referentes aos índices da diversidade florística da parcela ZG01 são apresentados na Tabela 8. A diversidade de espécies arbóreas obtida com o estimador do índice de Shannon-Weaver (H'), foi de 2.66 nats/ind, indicando diversidade alta da parcela. Resultados semelhantes aos deste estudo foram encontrados por MONTFORT *et al.* (2021), que encontraram valor 2,5 nats. Ind^{-1} para o índice de Shannon no seu estudo sobre capacidade de regeneração da biodiversidade de espécies lenhosas e propriedades do solo em Floresta de Miombo no PNAG.

O índice de Shannon-Weaver (H') aqui obtido 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 situam-se, assim, entre os obtidos por WILLIAMS *et al.* (2008) (H': 1.9) em uma zona seca de Miombo (precipitação média de 680 mm/ ano) na província de Sofala, Moçambique, e KALABA *et al*. (2013) (H': 2.8) numa zona húmida de Miombo (precipitação média de 1.200 mm/ano) na Zâmbia.

De referir que, o índice de diversidade de Shannon-Weaver da PAP ZG01 não representa a área toda do PNAG pois o tamanho de amostras ideal para esse ecossistema é de 68 hectares se se quiser obter a confiabilidade dos dados e, a partir dos 48 hectares, acréscimos tanto de 10 e 20% da área não resultam no aumento significativo do número de espécies (PUNGULANHE, 2020).

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.

Estudo realizado por PUNGULANHE (2020), sobre a caracterização da vegetação arbórea sob diferentes regimes de queimadas na floresta de miombo, Parque Nacional do Gilé, onde foram inventariadas 59 parcelas de 1 hectare em dois estratos, um estrato onde ocorrem queimadas (EQ) e outro onde não ocorrem queimadas, estrato controlo (EC), obteve valores de H' de 3,90 para o EQ e 0.14 para o EC.

Tabela 8 - Índices da diversidade florística da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé.

Shannon	Simpson	EqMáxima	Pielou	Jentsch
2.66	0.9	3.47	0.77	0.13

O índice de Simpson foi considerado alto, apresentando 0,9 para a parcela ZG01 (tabela 8), indicando maior probabilidade de os indivíduos serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância e menor diversidade. BILA *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 77% (tabela 8). Sendo necessário um incremento de 23% 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. Estes resultados foram similares aos encontrados por ANDRADE *et al.* (2021), o qual constatou valores de 77.9%. Por outro lado, são superiores aos encontrados em Taratibu no Parque Nacional das Quirimbas região norte de Moçambique por NANVONAMUQUITXO *et al.* (2019) (60%).

Os resultados do presente trabalho são superiores aos obtidos por BANDEIRA *et al.* (2007), no estudo de avaliação de vegetação terrestre no Parque das Quirimbas, onde tiveram índice de diversidade de Pielou que variaram de 0.47 à 0.59.

No estudo de PUNGULANHE (2020), o índice de Pielou foi calculado em dois estratos, tendo resultado nas parcelas com queimados (0,82) maior uniformidade de indivíduos dentro de cada espécie, e menor uniformidade nas parcelas controlo (0,04), maiores semelhanças entre o número dos indivíduos em cada espécie.

O coeficiente de mistura de Jentsch (QM) foi de 1:8 (tabela 8), valor este obtido a partir da análise do total de indivíduos encontrados na parcela ZG01 de 255 árvores distribuídas em 32 espécies. Este QM indica-nos que existem em termos médios 8 indivíduos por cada espécie. Valor semelhante (QM = 1:8) foi encontrado por COLPINI *et al.* (2011), em floresta não manejada em Mato Grosso. FINOL (1971) afirma que, em florestas naturais tropicais, o QM é de, aproximadamente, nove indivíduos por espécie (1:9) e considera uma alta heterogeneidade.

A PAP ZG01 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).

O resultado do Quociente de mistura, está muito relacionado ao esforço amostral empreendido.

3.4 Estrutura horizontal

Na parcela ZG01, foram medidos 255 indivíduos (243 com DAP ≥ 10 cm e 12 com DAP entre 5 e 10 cm), perfazendo 363 ind/ha quando extrapolado os 12 indivíduos medidos em 5 (10%) subparcelas para 1 hectare (Tabela 9 e 10).

Tabela 9 - Estrutura horizontal de espécies arbóreas com DAP ≥ 10 cm da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé.

Espécies	FA	FR	ABA	ABR	DoA	DoR	IVC	IVI
		%	Ind.ha^{-1}	%	m^{2}ha^{-1}	%	%	%
Brachystegia boehmii	0,64	17,98	57	23,46	4,38	29,04	52,50	70,48
Brachystegia spiciformis	0,54	15,17	35	14,40	4,16	27,60	42,01	57,17
Pterocarpus angolensis	0,34	9,55	24	9,88	1,39	9,22	19,10	28,65
Pseudolachnostylis maprouneifolia	0,32	8,99	20	8,23	0,78	5,20	13,44	22,42
Diplorhynchus condylocarpon	0,3	8,43	25	10,29	0,47	3,10	13,39	21,81
Julbernardia globiflora	0,2	5,62	12	4,94	0,46	3,07	8,00	13,62
Anonna senegalensis	0,18	5,06	14	5,76	0,23	1,51	7,28	12,33
Burkea africana	0,1	2,81	5	2,06	0,75	4,96	7,02	9,83
Erythrophleum africanum	0,1	2,81	5	2,06	0,43	2,88	4,94	7,75
Pericopsis angolensis	0,08	2,25	4	1,65	0,31	2,05	3,70	5,94
Swartzia madagascariensis	0,08	2,25	5	2,06	0,19	1,27	3,33	5,57
Acacia goetzei subsp,goetzei	0,08	2,25	5	2,06	0,09	0,61	2,67	4,92
Xerroderis stuhlmannii	0,08	2,25	4	1,65	0,14	0,92	2,57	4,81
Strychnos madagascariensis	0,08	2,25	4	1,65	0,09	0,60	2,24	4,49
Combretum zeyheri	0,06	1,69	4	1,65	0,08	0,52	2,16	3,85
Diospyros mespiliformis	0,02	0,56	1	0,41	0,43	2,85	3,26	3,82
Tamarindus indica	0,02	0,56	1	0,41	0,21	1,36	1,77	2,33
Pteleopsis myrtifolia	0,02	0,56	2	0,82	0,14	0,91	1,74	2,30
Philenoptera bussei	0,04	1,12	2	0,82	0,03	0,18	1,00	2,12
Hugonia orientalis	0,04	1,12	2	0,82	0,02	0,14	0,96	2,09
Catunaregam swynnertonii	0,04	1,12	2	0,82	0,02	0,14	0,96	2,08
Cassia abbreviata	0,02	0,56	1	0,41	0,12	0,77	1,18	1,74
Albizia versicolor	0,02	0,56	1	0,41	0,03	0,22	0,63	1,19
Ochna schweinfurthiana	0,02	0,56	1	0,41	0,03	0,17	0,59	1,15
Sclerocarya birrea	0,02	0,56	1	0,41	0,02	0,17	0,58	1,14
Lannea schimperi	0,02	0,56	1	0,41	0,02	0,16	0,57	1,13
Dalbergia nitudula	0,02	0,56	1	0,41	0,02	0,11	0,52	1,08
Terminalia sericea	0,02	0,56	1	0,41	0,01	0,08	0,50	1,06
Phyllocosmus lemaireanus	0,02	0,56	1	0,41	0,01	0,07	0,48	1,04
Desconhecida	0,02	0,56	1	0,41	0,01	0,06	0,48	1,04
Vangueira infausta	0,02	1	1	0	0,01	0,0597	0,471	1
Total	**3,56**	**100**	**243**	**100**	**15,07**	**100**	**200**	**300**

Onde: FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa, ABA = Abundância absoluta, ABR = Abundância relativa, DoA = dominância absoluta, DoR = dominância relativa, IVC = índice de valor de cobertura, IVI = índice de valor de importância.

Dos indivíduos com DAP ≥ 10 cm, a *Brachystegia boehmii* foi a espécie mais abundante com 57 indivíduos e 70,48% de IVI, seguida de *Brachystegia spiciformis* com 35 indivíduos e 57.17% de IVI, *Pterocarpus angolensis c*om 24 indivíduos e 28,65% de IVI, *Diplorhynchus condylocarpon* com 25 indivíduos e 21,81% de IVI, *Pseudolachnostylis maprouneifolia* com 20 indivíduos e 22,42 % do IVI (tabela 9). Estas cinco espécies correspondem a 66,26 % do total da abundância na área de estudo para os indivíduos desta classe.

Anonna senegalensis com 14 indivíduos e 12,33% de IVI, *Julbernardia globiflora* com 12 indivíduos e 13,62% de IVI perfazem ouras espécies com IVIs dignos de realce.

De notar que a *Diplorhynchus condylocarpon* é quinta classificada em termos de IVI, mas terceira em termos de abundância. O número de ind/ha para a espécie *Pterocarpus angolensis* encontrado nesse estudo (24 ind/ha) é superior ao encontrado por Mate *et al.* (2014), que encontraram em média 12 ind/ha.

No seu estudo, PUNGULANHE (2020), encontrou que as cinco espécies com maior valor de importância dentro do PNAG são Brachystegia boehmii, Brachystegia spiciformis, Julbernardia globiflora, Pterocarpus angolensis, Pseudolachnostylis maprouneifolia, Burkea africana, Annona senegalensis, Erythophleum africanum e Dalbergia nitídula, denotando similaridade com os resultados obtidos na presente PAP.

MONTFORT *et al.* (2021), realizaram um estudo no mesmo Parque e concluíram que *Brachystegia boehmii, Brachystegia spiciformis, Diplorhynchus condylocarpon, Julbernardia globiflora* e *Dalbergia nitidula* são as cinco espécies mais importantes fitossociologicamente na floresta madura do Miombo. De lembrar que, as espécies com maior IVI variam tendo em conta a idade da floresta bem como a pressão antrópica incidente sobre ela.

Quanto a frequência, as espécies que estão amplamente distribuídas na ZG01 são *Brachystegia boehmii* (17,98%), *Brachystegia spiciformis* (15,17%), *Pterocarpus angolensis* (9.55%), *Pseudolachnostylis maprouneifolia* (8.99%), *Diplorhynchus condylocarpon* (8.43%).

Os valores das frequências nesta parcela permitem afirmar que a composição florística da ZG01 é heterogénea, pois valores altos de frequência (61% - 100%) indicam uma composição florística homogénea, valores baixos (1% - 40%) significam alta

heterogeneidade florística RIBEIRO *et al*. (2002), o que significa que no PNAG as diversas espécies coexistem nos mesmos lugares.

Pericopsis angolensis, Swartzia madagascariensis, Acacia goetzei, Xerroderis stuhlmannii, Strychnos madagascariensis apesar de terem a mesma frequência, apresentam diferentes dominâncias, 0.31, 0.19, 0.09 e 0.14 m^2ha^{-1} respectivamente. Tal facto deve-se as diferentes abundâncias e tamanho dos indivíduos.

As espécies *Pseudolachnostylis Maprouneifolia, Diplorhynchus condylocarpon* são descritas como sendo espécies tolerantes a queimadas por isso a sua elevada frequência no miombo. A espécie *Pterocarpus angolensis* apesar de ser terceira em termos de frequência, figura em quarto na abundância. Por outro lado, *Diplorhynchus condylocarpon* que é terceira em termos de abundância, figura em quinto na frequência. O segundo caso pode ser explicado pelo estado gregário da espécie, coexistindo no mesmo lugar vários indivíduos da mesma espécie e o primeiro caso, é em parte pelo seu estado menos gregário.

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 ZP02 são *Brachystegia boehmii* (29.04%), *Brachystegia spiciformis* (27.06%), *Pterocarpus angolensis* (9.22%), *Pseudolachnostylis maprouneifolia* (5.2%) respectivamente. Estas correspondem à 70.52% da dominância da parcela.

Pterocarpus angolensis e *Diplorhynchus condylocarpon* apesar de apresentarem abundâncias quase iguais, tem dominâncias visivelmente diferentes. Isso deve-se ao tamanho dos indivíduos, ou seja, *Pterocarpus angolensis* apresenta indivíduos maiores. O mesmo acontece com *Burkea africana, Erythrophleum africanum, Swartzia madagascariensis* e *Acacia goetzei* onde as suas dominâncias são respectivamente 0.75,0.43,0.19 e 0. 09 m^2ha^{-1}, mas com abundâncias iguais.

A tabela 10, ilustra as estimativas dos parâmetros da estrutura horizontal das espécies encontradas nas 5 subparcelas de regeneração estabelecida.

Tabela 10 - Estrutura horizontal de espécies com DAP entre 5 e 10 cm da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé.

Espécies	FA	FR	ABA	ABR	DoA	DoR	IVC	IVI
Julbernardia globiflora	0,2	10	30	25	0,097	22,10	47,1	72,1
Strychnos madagascariensis	0,4	20	20	16,7	0,098	22,45	39,1	55,8
Pseudolachnostylis maprouneifolia	0,2	10	10	8,3	0,053	12,09	20,4	28,8
Vangueira infausta	0,2	10	10	8,3	0,05	11,51	19,8	28,2
Diplorhynchus condylocarpon	0,2	10	10	8,3	0,045	10,39	18,7	27,1
Brachystegia boehmii	0,2	10	10	8,3	0,028	6,47	14,8	23,1
Anonna senegalensis	0,2	10	10	8,3	0,024	5,44	13,8	22,1
Commiphora africana	0,2	10	10	8,3	0,022	5,05	13,4	21,7
Lannea schimperi	0,2	10	10	8,3	0,02	4,50	12,8	21,2
Total	**2**	**100**	**120**	**100**	**0,44**	**100**	**200**	**300**

Onde: FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa, ABA = Abundância absoluta, ABR = Abundância relativa, DoA = dominância absoluta, DoR = dominância relativa, IVC = índice de valor de cobertura, IVI = índice de valor de importância.

Das espécies com DAP entre 5 e 10 cm (tabela 10), a *Strychnos madagascariensis* destaca-se pela sua frequência e a *Julbernardia globiflora* pela sua abundância, mas as duas espécies têm dominâncias similares. Isso pode significar que *Strychnos madagascariensis* teve indivíduos de maiores diâmetros. Da tabela nota-se aqui que maior frequência não significou maior abundância para essa classe de indivíduos. *Julbernardia globiflora* e *Strychnos madagascariensis* com 72.1 e 55.8% de IVI respectivamente representam as duas espécies mais importante sociologicamente.

Na figura 7, ilustram--se os IVIAs, sendo a *Brachystegia boehmii*, a maior, seguida de *Brachystegia spiciformis, Pterocarpus angolensis.* O IVIA é o resultado do IVI+PSR, e olhando para a figura nota-se que, *Brachystegia spiciformis* e *Pterocarpus angolensis* têm PSRs similares, mas IVIs diferentes, dai as posições diferentes no ranking dos IVIAs. A *Pseudolachnostylis maprouneifolia* e *Diplorhynchus condylocarpon* são quarta e quinta em termos de IVI, mas quinta e quarta em termos de IVIA respectivamente. Isso deve-se a abundância da Diplorhynchus *condylocarpon* que é superior à de *Pseudolachnostylis maprouneifolia.*

O ranking do IVI e PSR é diferente, porém a junção dos dois perfazerá o IVIA, implicando isso dizer que, as duas variáveis não ditam o valor do IVIA de forma independentemente.

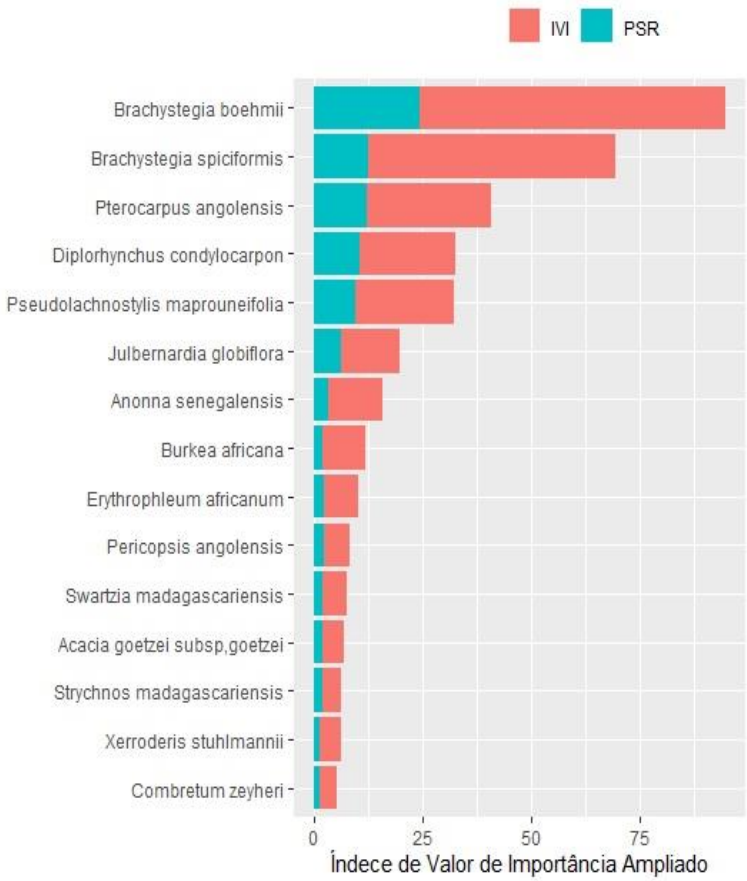


Figura 7 - Distribuição do índice de valor de importância ampliado (IVIA) das quinze principais espécies amostradas na parcela ZG01.

3.5 Distribuição diamétrica e da Área Basal

Em relação à distribuição diamétrica, do conjunto das 243 árvores com DAP maior ou igual a 10 cm e 12 com DAP entre 5 e 10 cm, perfazendo um total de 363 árv./ha quando assumido que a distribuição das espécies nas subparcelas é uniforme ao longo de todas parcelas.

As classes diamétricas foram fixadas em intervalos de 5 cm. A figura 8, 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 DAP≥5 cm. Na parcela observou-se que a maioria dos indivíduos está agrupado nas três primeiras classes diamétricas (figura 8), o que equivale a 68,04% do total dos indivíduos amostrados.

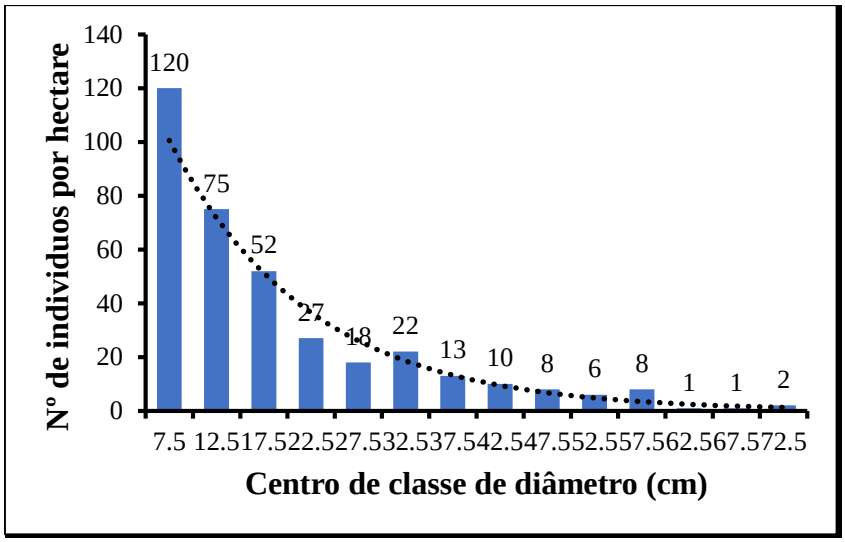


Figura 8 - Distribuição das frequências por classe diamétrica para os indivíduos arbóreos com DAP≥5 cm na Parcela ZG01.

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

Esta curva mostra que a frequência dos indivíduos diminui com o aumento do diâmetro. Esse comportamento sugere a existência de equilíbrio entre o recrutamento e a mortalidade de indivíduos, garantido o processo dinâmico da floresta. Contudo, o número de árvores não decresceu de forma regular dos indivíduos de menor diâmetro para os de maior diâmetro.

É notório que a curva de distribuição da densidade dos indivíduos por classe de diâmetro apresenta uma distribuição exponencial negativa a forma típica de um J invertido (figura 8), sendo a ocorrência dos chamados "*gargalos*" expressivamente evidente, ou seja, a medida em que se avança para as classes diamétricas maiores, diminui o número de indivíduos.

Da figura, nota-se que o número de indivíduos no centro de classe de diâmetro 37.5 cm é superior ao número de indivíduos no centro de classe de diâmetro da classe 32.5 cm, contrariando desse modo a tendência de redução de número de indivíduos com o aumento do diâmetro, isto pode indicar a necessidade de fazer-se análises por espécie e não por conjunto de todos os indivíduos de uma população analisada (tabela 11).

Segundo 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.

Já 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*".

A tabela 11, mostra a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro com um intervalo de 5 cm para cada uma das espécies registadas.

Da tabela 11, a *Brachystegia boehmii* com 67 ind/ha, seguida de *Julbernardia globiflora* com 42 ind/ha, *Brachystegia spiciformis* e *Diplorhynchus condylocarpon* com 35 ind/ha, *Pseudolachnostylis maprouneifolia* com 30 ind/ha, *Anonna senegalensis*, *Strychnos madagascariensis* e *Pterocarpus angolensis* com 24 ind/ha representam as espécies com maior número de indivíduos nas diferentes classes de diâmetro, totalizando 77.41% do total de indivíduos e 25% do total de espécies.

Observa-se que a espécie *Brachystegia spiciformis* e *Brachystegia boehmii* estão representadas em quase todas as classes de diâmetro, com excepção no centro classe 7.5 para *Brachystegia spiciformis* e centros classe 62.5, 67.5 e 72.5 para *Brachystegia boehmii*. Para *Diplorhynchus condylocarpon* e *Brachystegia spiciformis*, o maior número de indivíduos (15 e 8) respectivamente, encontram-se no centro de classe de diâmetro 12.5. *Brachystegia boehmii* e *Pterocarpus angolensis* com 11 e 8 indivíduos respectivamente, destacam-se no centro de classe de diâmetro 17.5.

As espécies *Albizia versicolor, Cassia abbreviata, Catunaregam swynnertonii, Commiphora africana, Dalbergia nitudula, Diospyros mespiliformis, Hugonia orientalis, Ochna schweinfurthiana, Pericopsis angolensis, Philenoptera bussei, Phyllocosmus lemaireanus, Sclerocarya birrea, Tamarindus indica, Terminalia sericea* e a não identificada, estão representadas em apenas um único centro de classe de diâmetro. As espécies *Brachystegia spiciformis* e *Diospyros mespiliformis* são as únicas que possuem representação no centro de classe de diâmetro 72.5, sendo a última representada com um único individuo em toda a parcela.

Tabela 11 - Número de árvores por centro de classe de diâmetro e espécie da Parcela ZG01

Espécies	Centro de Classe de Diâmetro (cm)														Total
	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	42.5	47.5	52.5	57.5	62.5	67.5	72.5	
Acacia goetzei subsp.goetzei		3	2												5
Albizia versicolor				1											1
Anonna senegalensis	10	9	5												24
Brachystegia boehmii	10	9	11	7	5	5	8	5	3	1	3				67
Brachystegia spiciformis		8	2	4	2	5	1	1	2	4	3	1	1	1	35
Burkea africana						2		1	1		1				5
Cassia abbreviata							1								1
Catunaregam swynnertonii		2													2
Combretum zeyheri		3			1										4
Commiphora africana	10														10
Dalbergia nitudula		1													1
Desconhecida		1													1
Diospyros mespiliformis														1	1
Diplorhynchus condylocarpon	10	15	7	3											35
Erythrophleum africanum		1		2			1				1				5
Hugonia orientalis		2													2
Julbernardia globiflora	30	3	4	1	2	2									42
Lannea schimperi	10		1												11
Ochna schweinfurthiana			1												1
Pericopsis angolensis						4									4
Philenoptera bussei		2													2
Phyllocosmus lemaireanus		1													1
Pseudolachnostylis maprouneifolia	10	5	8	3	2		1		1						30
Pteleopsis myrtifolia		1						1							2
Pterocarpus angolensis		3	8	1	5	3	1	2	1						24
Sclerocarya birrea			1												1
Strychnos madagascariensis	20	2	1	1											24
Swartzia madagascariensis			1	3	1										5
Tamarindus indica										1					1
Terminalia sericea		1													1
Vangueira infausta	10	1													11
Xerroderis stuhlmannii		2		1		1									4
Total	**120**	**75**	**52**	**27**	**18**	**22**	**13**	**10**	**8**	**6**	**8**	**1**	**1**	**2**	**363**

A figura 9 mostra a distribuição da área basal por centro de classes de diâmetro. O valor total da área basal é de 15,58 m^2ha^{-1}, sendo que o valor encontrado na classe 57.5 representa 12,84% do total da área basal da parcela. O valor de R^2 (Coeficiente de determinação) mostra que as variáveis X e Y se ajustam fracamente a amostra, ou seja, uma correlação fraca entre a variável centro de classe e a área basal. Isso permite afirmar que a relação causa efeito entre estas variáveis é fraca. Isso mostra que 48,41% da variação na area basal é explicada pelo centro de classe de diâmetro e outra é explicada por ouros factores não previstos na equação de regressão, tais como, espécies diferentes, diferentes idades e densidades desiguais.

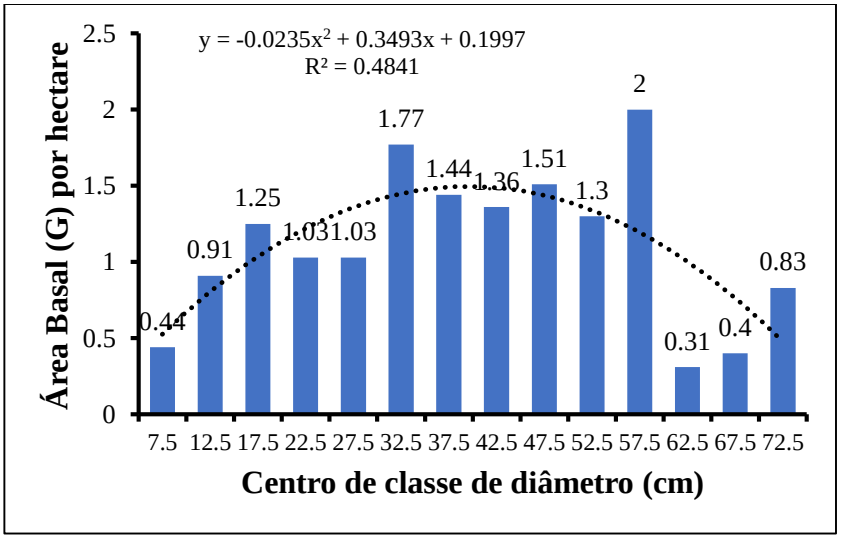


Figura 9 - Distribuição da área basal (m^2ha^{-1}) por centro de classe de diâmetro

Ao analisar a figura 10, observa-se a variação das áreas basais nas subparcelas de (10 x 20) m, onde a área basal varia de 0,2 a 0,7 m^2. De referir que as subparcelas X_2, X_{17}, X_{22}, X_{43} apresentaram as maiores áreas basais, como pode se verificar pela tonalidade azul-claro e as subparcelas X_7, X_{12}, apresentaram as menores áreas basais tendo apresentado a tonalidade azul-escura. O restante das subparcelas apresentou áreas basais intermédias.

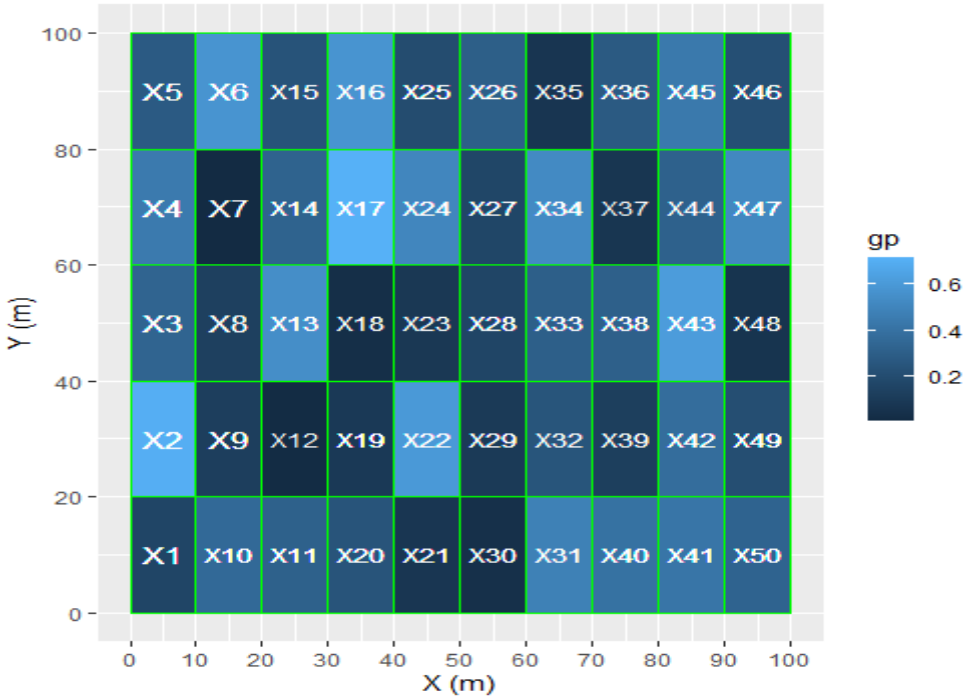


Figura 10 - Distribuição da área basal na parcela ZG01.

3.6 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). Já SILVESTRE (2009) salienta que, o conhecimento do padrão espacial das comunidades florestais, ou mesmo das espécies características de certas fito-regiões, aliado ao conhecimento das necessidades físicas e químicas de cada planta, pode ser uma peça fundamental para a compreensão dos factores que garantem condições favoráveis para a conservação, aplicação de planos de gestão e mesmo a utilização de espécies correctas na recuperação de áreas degradadas.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados das análises dos padrões de distribuição espacial das 16 (dezasseis) espécies as quais apresentaram mais de três indivíduos amostrados na parcela ZG01, determinados através dos índices de Payandeh, índices de Hazen e índice de Morisita. As espécies com apenas um ou dois indivíduos amostrados não foram incluídas na análise como um todo, sendo, no entanto, consideradas como espécies com distribuição aleatória. Estas espécies arbóreas necessitam possivelmente de uma área de amostragem maior e de uma distribuição diferente das unidades de amostragem, para uma melhor descrição do seu padrão de distribuição de indivíduos no espaço. Segundo SILVESTRE (2009), as espécies que

apresentam apenas um ou dois indivíduos na amostra, consequentemente apresentaram uma média inferior a 1, neste caso estas espécies apresentam um padrão de distribuição aleatório.

Conforme se apresenta na Tabela 12, para os índices de Payandeh e Morisita, 68,75% das espécies apresentam distribuição agrupada, 25% estão uniformemente distribuídas e 6,25% com distribuição aleatória, mostrando esses índices dar resultados iguais em termos de padrão de distribuição. Para o índice de Hazen, 43,75% das espécies têm tendência ao agrupamento, 37,5% das espécies apresentam uma distribuição não agrupada e 18,75% apresentam-se com uma distribuição agrupada.

As espécies que apresentaram distribuição agrupada segundo os índices de Payandeh, Morisita e Hazen são: *Anonna senegalensis* e *Diplorhynchus condylocarpon.* As restantes 9 espécies apresentam tendência ao agrupamento para o índice do Haizen, quando consideradas as 11 espécies com distribuição agrupada para os índices de Payandeh e Morisita.

Segundo ROSSI (1994), geralmente o tipo mais comum de não aleatoriedade em populações vegetais é agregado, onde ocorrem um grande número de unidades amostrais vaziais e algumas unidades amostrais com um grande número de árvores. O índice de Haizen detecta aleatoriedade onde os outros dois índices falham, como aconteceu com as espécies *Anonna senegalensis* e *Diplorhynchus condylocarpon* (Tabela 12).

O padrão espacial uniforme foi detectado para as espécies *Burkea africana, Erythrophleum africanum, Pericopsis angolensis* e *Xerroderis stuhlmannii,* o aleatório em *Brachystegia spiciformis* e o não agrupamento para as espécies *Brachystegia spiciformis, Burkea africana, Erythrophleum africanum, Pericopsis angolensis, Pseudolachnostylis maprouneifolia* e *Xerroderis stuhlmannii,* este último segundo o índice de Haizen.

Tabela 12 – Padrão espacial para espécies florestais com mais de dois indivíduos amostrados encontradas na parcela ZG01.

Espécies	*Pi*	*IHi*	*IMi*	*Classificação*		
				Pi	*IHi*	*IMi*
Acacia goetzei subsp.goetzei	*1,3*	*65*	*5*	*A*	*TA*	*A*
Anonna senegalensis	*1,8*	*88,3*	*3,8*	*A*	*A*	*A*
Brachystegia boehmii	*1,5*	*73,7*	*1,4*	*A*	*TA*	*A*
Brachystegia spiciformis	*1*	*50,1*	*1*	*AL*	*NA*	*AL*
Burkea africana	*0,9*	*45*	*0*	*U*	*NA*	*U*
Combretum zeyheri	*1,4*	*71*	*8,3*	*A*	*TA*	*A*
Diplorhynchus	*1,9*	*93,2*	*2,8*	*A*	*A*	*A*
Erythrophleum africanum	*0,9*	*45*	*0*	*U*	*NA*	*U*
Julbernardia globiflora	*1,4*	*68,3*	*2,4*	*A*	*TA*	*A*
Pericopsis angolensis	*0,9*	*46*	*0*	*U*	*NA*	*U*
Pseudolachnostylis	*1,1*	*52,8*	*1,2*	*A*	*NA*	*A*
Pteleopsis myrtifolia	*2*	*98*	*50*	*A*	*A*	*A*
Pterocarpus angolensis	*1,2*	*59,3*	*1,4*	*A*	*TA*	*A*
Strychnos madagascariensis	*1,2*	*60,7*	*3,3*	*A*	*TA*	*A*
Swartzia madagascariensis	*1,3*	*65*	*5*	*A*	*TA*	*A*
Xerroderis stuhlmannii	*0,9*	*46*	*0*	*U*	*NA*	*U*

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.

3.7 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 145 indivíduos (39,94% do número total de espécies amostradas); estrato médio (EM) - árvores no intervalo 7,04 m > HT < 17,8 m, totalizando 173 indivíduos (47,66% do número total de plantas amostradas); estrato superior (ES), árvores com HT ≥ 17,8, totalizando 45 indivíduos (12,4% do número total de plantas amostradas), onde (HT) corresponde à altura total dos indivíduos amostrados (figura 11).

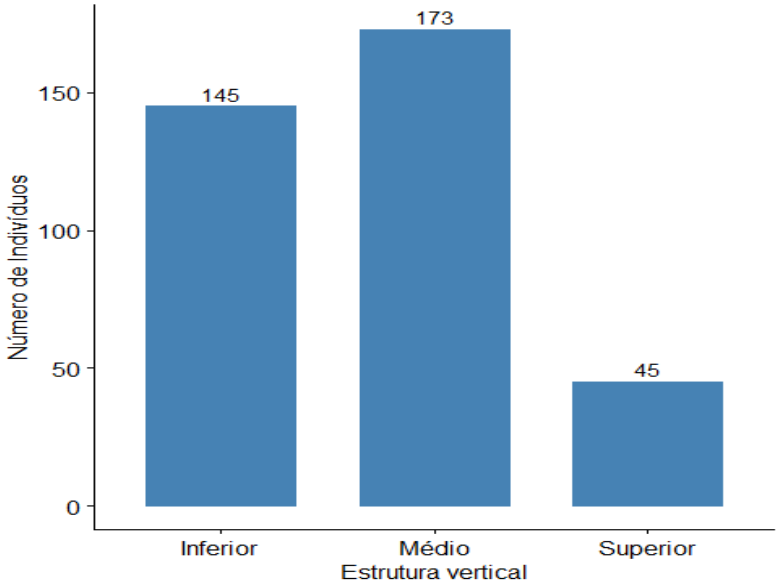


Figura 11 - Estrutura fitossociológica vertical da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé.

Analisando-se o estrato arbóreo, das 32 espécies encontradas na parcela ZG01, somente 3 espécies apresentam representantes nos três estratos (*Brachystegia boehmii, Pseudolachnostylis maprouneifolia* e *Anonna senegalensis*) e dentre elas a *Brachystegia boehmii* apresenta maior IVIA (tabela 13). Estas espécies apresentam maior probabilidade de permanecer na PAP com o andar de tempo pois a dispersão por sementes e a resistência a queimadas está garantida.

As espécies *Albizia versicolor, Hugonia orientalis* e a não identificada apresentaram-se somente no estrato inferior. Por outro lado, *Pteleopsis myrtifolia, Philenoptera bussei, Tamarindus indica, Ochna schweinfurthiana, Sclerocarya birrea, Lannea schimperi, Dalbergia nitudula, Terminalia sericea, Phyllocosmus lemaireanus* e *Vangueira infausta* apresentaram-se somente no estrato médio. As espécies *Cassia abbreviata* e *Diospyros mespiliformis* apresentaram um indivíduo cada e foram encontradas apenas no estrato superior (tabela 13).

Algumas espécies como *Diplorhynchus condylocarpon, Swartzia madagascariensis, Acacia goetzei, Strychnos madagascariensis, Xerroderis stuhlmannii* e *Combretum zeyheri* foram encontradas apenas no estrato inferior e médio. Outras como *Brachystegia spiciformis, Julbernardia globiflora, Pterocarpus angolensis, Burkea africana* e Erythrophleum africanum 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 à Posição Sociológica Relativa (PSR) as seis (6) espécies que se destacaram foram *Brachystegia boehmii, Brachystegia spiciformis, Pterocarpus angolensis, Diplorhynchus condylocarpon, Pseudolachnostylis maprouneifolia e Julbernardia globiflo*ra, com 74,61% do número total de PSR. O destaque dessas espécies deve-se à presença na maior parte dos estratos e a dominância em cada um deles. O inverso acontece com as espécies de menor PSR. O IVIA seguiu o mesmo padrão.

Como indica a tabela 13, a espécie *Brachystegia boehmii* foi a espécie que apresentou maior parâmetro de qualidade relativa de fuste com 23,18%, seguida da espécie *Brachystegia spiciformis* (11,81%), *Pterocarpus angolensis* (10,81%), *Diplorhynchus condylocarpon* (9,87%), *Pseudolachnostylis maprouneifolia* (9,69%), *Anonna senegalensis* (6,33%) e *Julbernardia globiflora* (5,84%). 71.2 % do valor económico da PAP reside sobre essas espécies. 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 13 - Estrutura sociológica vertical da parcela ZG01, Parque Nacional do Gilé.

Espécie	Estratos			PSA	PSR	IVIA	QAF	QRF
	Inferior	Medio	Superior					
Brachystegia boehmii	41,98	2851,44	213,99	3107,41	24,11	94,59	23,06	23,18
Brachystegia spiciformis	0	1321,40	263,37	1584,77	12,30	69,47	11,75	11,81
Pterocarpus angolensis	0	1530,04	32,92	1562,96	12,13	40,78	10,75	10,81
Diplorhynchus condylocarpon	97,94	1251,85	0	1349,79	10,47	32,29	9,82	9,87
Pseudolachnostylis maprouneifolia	13,99	1182,30	32,92	1229,22	9,54	31,96	9,64	9,69
Julbernardia globiflora	0	765,02	16,46	781,48	6,06	19,69	5,81	5,84
Anonna senegalensis	125,93	278,19	16,46	420,58	3,26	15,60	6,30	6,33
Burkea africana	0	208,64	32,92	241,56	1,87	11,70	1,01	1,01
Erythrophleum africanum	0	278,19	16,46	294,65	2,29	10,03	1,69	1,70
Pericopsis angolensis	0	278,19	0	278,19	2,16	8,10	1,86	1,87
Swartzia madagascariensis	27,98	208,64	0	236,63	1,84	7,41	0,90	0,91
Acacia goetzei subsp,goetzei	27,98	208,64	0	236,63	1,84	6,75	2,90	2,92
Strychnos madagascariensis	13,99	208,64	0	222,63	1,73	6,22	1,86	1,87
Xerroderis stuhlmannii	27,98	139,09	0	167,08	1,30	6,11	2,32	2,33
Combretum zeyheri	27,98	139,09	0	167,08	1,30	5,14	1,41	1,41
Diospyros mespiliformis	0	0	16,46	16,46	0,13	3,95	0,58	0,58
Pteleopsis myrtifolia	0	139,09	0	139,09	1,08	3,38	0,81	0,81

Philenoptera bussei	0	139,09	0	139,09	1,08	3,20	1,16	1,17
Tamarindus indica	0	69,55	0	69,55	0,54	2,87	0,58	0,58
Catunaregam swynnertonii	13,99	69,55	0	83,54	0,65	2,73	0,70	0,71
Hugonia orientalis	27,98	0	0	27,98	0,22	2,30	0,65	0,65
Cassia abbreviata	0	0	16,46	16,46	0,13	1,87	0,58	0,58
Ochna schweinfurthiana	0	69,55	0	69,55	0,54	1,69	0,12	0,12
Sclerocarya birrea	0	69,55	0	69,55	0,54	1,68	0,12	0,12
Lannea schimperi	0	69,55	0	69,55	0,54	1,67	0,58	0,58
Dalbergia nitudula	0	69,55	0	69,55	0,54	1,62	0,58	0,58
Terminalia sericea	0	69,55	0	69,55	0,54	1,60	0,12	0,12
Phyllocosmus lemaireanus	0	69,55	0	69,55	0,54	1,58	0,58	0,58
Vangueira infausta	0	69,55	0	69,55	0,54	1,57	0,58	0,58
Albizia versicolor	13,99	0	0	13,99	0,11	1,30	0,58	0,58
Desconhecida	13,99	0	0	13,99	0,11	1,15	0,07	0,07
Total	**475,7**	**11753**	**658,4**	**12887,7**	**100**	**400**	**99,5**	**100**

Observação: 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.

3.8 Estrutura hipsométrica

Na figura 12 pode ser observada a distribuição dos indivíduos por classes de altura total correspondente à parcela ZG01. A maior frequência dos indivíduos encontra-se na classe (5.8 – 8.7), representando 26.2% do total e dessa classe em diante, a tendência é de decréscimo da frequência de indivíduos por hectare. De modo geral, foi observado que a maioria dos indivíduos apresenta altura de 2.9 a 14.5 metros,78.51% do total.

Da análise efectuada por PUNGULANHE (2020), sobre as alturas dos indivíduos dentro do PNAG constatou-se que as alturas variam de 1,30m a 40m, com maior predominância (50% dos indivíduos) alturas situadas no intervalo entre os 5m a 10m, e poucos indivíduos (cerca de 2%) possuem altura superior aos 30 metros.

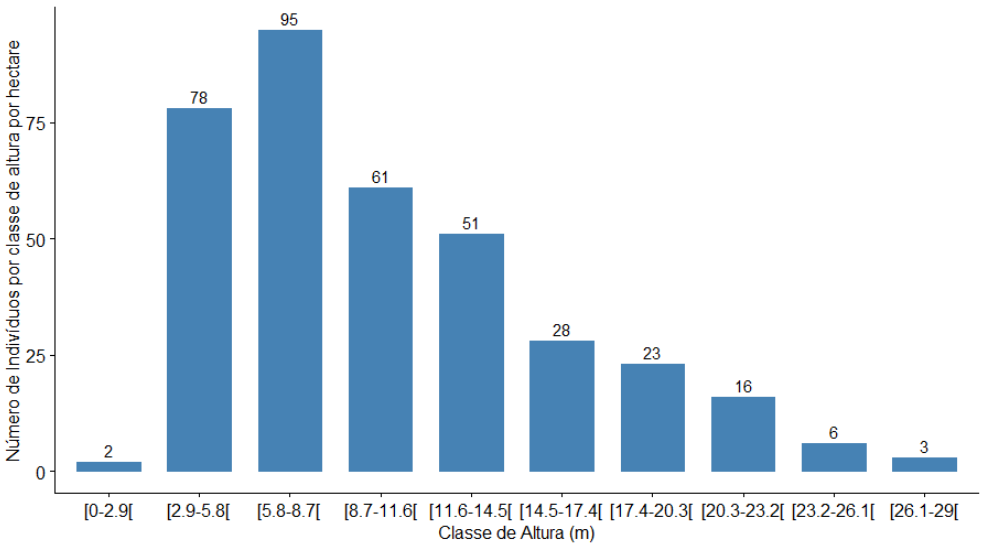


Figura 12 – Distribuição das classes de altura dos indivíduos da parcela ZG01

3.8.1 Relação hipsométrica em Multi-espécies

A figura 13 mostra a relação altura-diâmetro encontrada na parcela ZG01, demonstrando uma curva com tendência de forma sigmóide. Olhando para a figura da representação gráfica da relação hipsométrica, nota-se que maior parte dos indivíduos estão na casa do DAP até 40 cm e altura de 20 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.

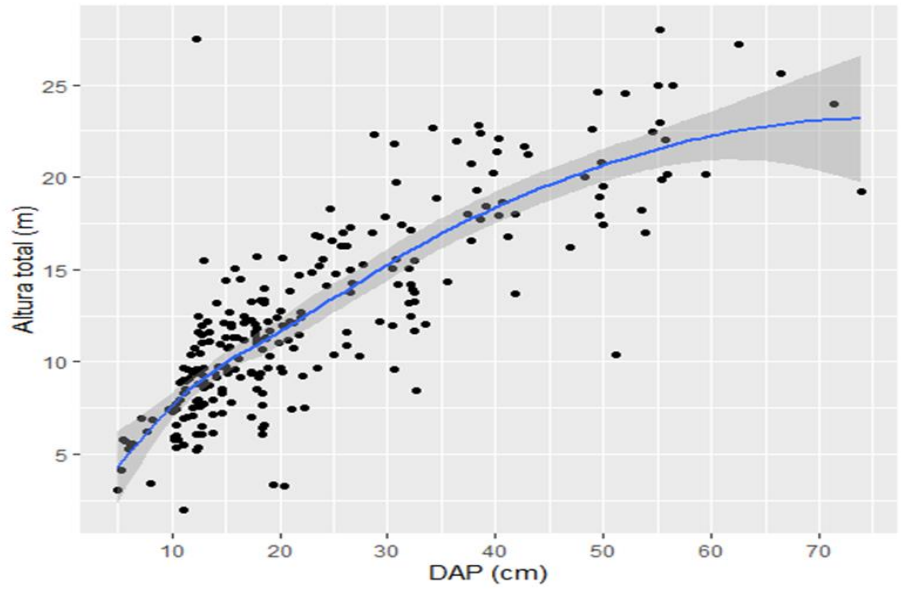


Figura 13 - Representação gráfica da relação hipsométrica, obtida através do modelo linear sobre os valores observados na parcela ZG01.

Ao analisar a figura 14, observa-se a variação dos diâmetros e alturas totais na parcela ZG01 onde os diâmetros maiores estão representados pelo círculo maior enquanto as alturas totais estão representadas pelas diferentes tonalidades de azul, onde as tonalidades azul-claros-claros representam as alturas maiores.

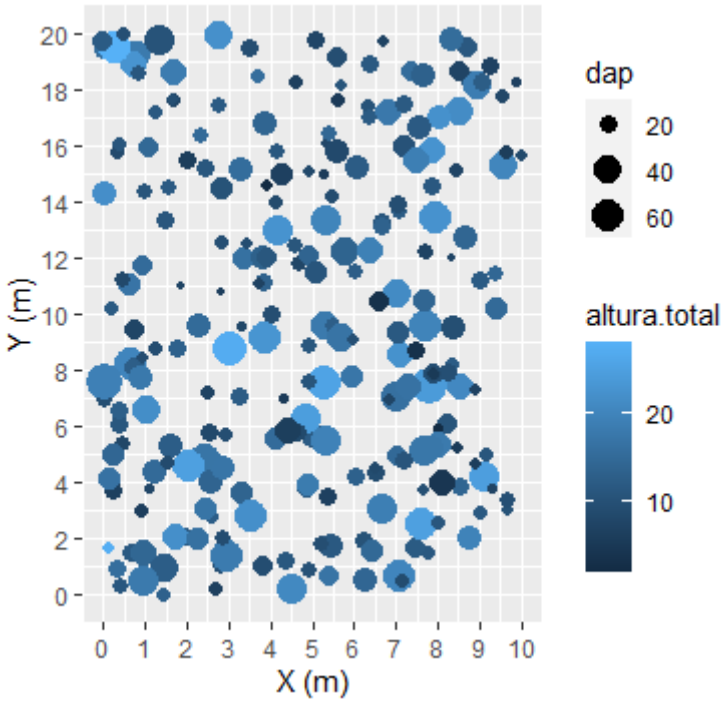


Figura 14 - Mapa de distribuição de diâmetro e altura dos indivíduos na parcela ZG01.

Na tabela 14 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, nota-se que, de modo geral, os 5 modelos explicam a variabilidade dos dados entre 63,10% a 68,10%, tomando como base o coeficiente de determinação ajustado. Os valores de $R^2_{ajust.}$ mostram que as variáveis X e Y se ajustam medianamente a amostra, ou seja, uma correlação média entre a variável diâmetro à altura do peito e a altura total. Apenas o modelo de Curtis obteve valor de R^2_{ajust} superior aos demais modelos. Mas a sua superioridade no R^2_{ajust}, não indica necessariamente que seja o modelo adequado, é possível ter valores baixos de R^2_{ajust} para um bom modelo.

Segundo 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 14 – Estatísticas do ajuste dos modelos NLME pelo método ML e ponderação dos resíduos.

Modelos	R^2_{ajust}	Mres	RMSE	AIC	BIC
Curtis	0,681	0,068	3,037	1338	1363
Naslund	0,655	-0,024	3,159	1329	1354
Meyer	**0,657**	**0,012**	**3,153**	**1326**	**1351**
Michailoff	0,631	0,096	3,269	1341	1366
Wykoff	0,638	0,033	3,238	1337	1362

$R^2_{ajust.}$: 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 14), sendo, portanto, o que melhor se ajustou aos dados. Apresenta-se de seguida a expressão do modelo não linear simples com efeitos mistos:

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

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 15.

Tabela 15 - 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	22,887	1,805	0,01
β_1	0,0314	0,0038	0,01
Sd(a1)	1,507		
Sd (a2)	0,0000019		
r (a1, a2)	-0,965		
σ^2	$1{,}161^2$		
δ	0,326		

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.

3.9 Avaliação qualitativa

Analisando o vigor da copa (figura 15) é possível observar que cerca de 75% das árvores tem copas formando um círculo completo e projecção simétrica ao redor do fuste, e cerca de 20% das árvores com copa de círculo incompleto e distintivamente assimétrica, ou fina, além disso pode-se observar também cerca de 5% das árvores com copa morta ou aparentemente morta, mas o indivíduo mantem-se em pé e quase nenhuma árvore com aparência 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.

Quanto à sanidade (figura 15) é notório que cerca de 92,5% das árvores apresenta-se completamente sã ou danificadas por efeito de relâmpagos, fogo ou acção animal, com possibilidade de recuperação e cerca de 7,5% delas danificada por acção humana (extracção da casca para fabrico de colmeias, canoas e outros usos), existência de cavidades (acção humana ou natural), e possível estrangulamento por lianas e/ou epífitos, com fracas possibilidades de recuperação ou mesmo morta por diversas causas estando elas em pé ou tombadas.

Em relação a qualidade dos fustes, pode-se observar que a parcela ZG01 apresenta cerca de 60% das árvores com fuste recto e cilíndrico, com ramificação a 1/3 do topo da árvore, porém de altura comercial inferior a 4 m ou fuste ligeiramente torto cilíndrico, desprovido de ramificações, porém com altura comercial maior que 4 m ou ainda árvore de fuste ondulado ou canelado.

Também é possível observar que cerca de 22,5% das árvores apresentam fuste recto, cilíndrico e sem defeito aparente, a uma altura comercial de 4 m e de ramificação posicionada a menos de 1/3 do topo da árvore e cerca de 17,5% das árvores apresentam fuste com forte tortuosidade ou bifurcada a metade da sua altura comercial ou mesmos fuste com várias tortuosidades ou em forma de espiral, presença de tumores e cavidades, fuste quebrado, rachado em qualquer posição.

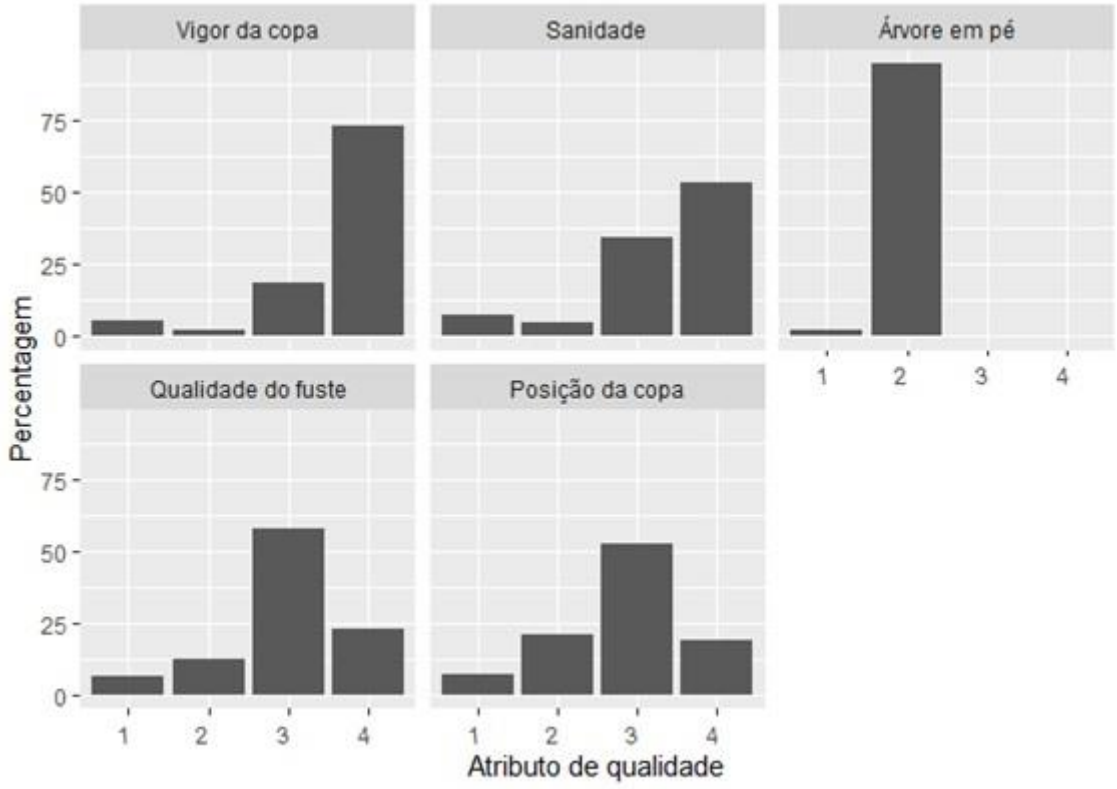


Figura 15 - Distribuição da proporção de vigor da copa, sanidade, qualidade de fuste e posição da copa dos indivíduos com DAP ≥ 10 cm na ZG01.

Quanto à posição da copa, cerca de 50% das árvores recebem luz directa incidente somente por cima e cerca de 20% das árvores recebem luz directa todo o dia sem copas de vizinhanças. E cerca de 30% das árvores recebem alguma luz difusa por cima ou dos lados e outras sem luz directa conforme ilustra a figura 15.

4. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, A. C.; MANJATE, M. J.; MUACHAPEU, Y. N. A.; MALENÇO, D.M.; FÉLIX, A. (2021). Composição e estrutura de uma floresta ribeirinha em Unango, Norte de Moçambique. Brazilian Journal of Development, v.7, n. 8, p. 78440-78456.

BANDEIRA, S.; BARBOSA, F.; BILA, N.; FERNANDES JUNIOR, F.A.; NACAMO, E.; MANJATE, A.M.; MAFAMBISSA, M. & RAFAEL, J. (2007). *Terrestrial Vegetation Assessment of the Quirimbas National Park Final report submitted to the Quirimbas National Park*. 37p.

BERTON, S. 2013. "Evaluation Du Potentiel de Diffusion de L'agroécologie Dans La Zone Tampon de La Réserve Nationale de Gilé." Agrisud International.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.

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

CHIARANDA, R. (2011). Efeito da exploração na riqueza florística e diversidade em uma Floresta Ecotonal da região norte Mato-Grossense. Revista Floresta, v. 41, n. 2, p. 295-304.

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.

DUTTON, T.P., DUTTON, E.A.R. & A. BALSINHAS (1973). Preliminary ecological reconnaissance of the“Reserva Especial do Gilé” and the adjoining “Regime de Vigilancia”, District of Zambézia. Report for the “Servicio de Veterinaria de Moçambique”, Maputo.

ETC TERRA, 2017. Project Design Document of GNR REDD Project. Validated by VCS.

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.:il

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

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 considerarse en el analisis estructural de las selvas virgines tropicales. Revista Forestal Venezoelana, 14(21): 29-42.

FUSARI, A., CARPANETO, G.M., 2006. Subsistence hunting and conservation issues in the game reserve of Gile, Mozambique. Biodivers. Conserv. 15, 2477–2495. https://doi. org/10.1007/s10531-004-8229-1.

FUSARI, A., LAMARQUE, F., CHARDONNET, P., BOULET H, (2010) Reserva Nacional do Gilé, Plano de Maneio (2012-2021), Maputo.

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

HOFIÇO, N. S. A.; FLEIG, F, D. 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, 2015.

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

KALABA, F.K., QUINN, C.H., DOUGILL, A.J., VINYA, R., 2013. Floristic composition, species diversity and carbon storage in charcoal and agriculture fallows and management implications in Miombo woodlands of Zambia. For. Ecol. Manage. 304, 99–109.

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 TM (2016) Estimation of tree biomass, measurement uncertainties, and morphological topology of *Androstachys johnsonnii* prain. Dissertation presented for the degree of Doctor of Phylosophy (Forestry) at the University of Stellenbosch., Stellenbosch.

MERCIER, C., GRINAND, C., RANDRIANARY, T., NOURTIER, M., RABANY, C., 2016. Background study for the preparation of the Zamb´ezia Integrated Landscapes Management Program (Report for Government of Mozambique and FCPF).

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 11Pag.

MUELLER-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.

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

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

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

SILVA JÚNIOR, M.C. (1999). Composição florística, fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Monjolo, Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), DF. Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer, 4:30-45.

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

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

WILD, H. & G.L.A. BARBOSA (1967). Vegetation Map of the Flora Zambesiaca Area (1:250.000).

WILLIAMS, M., Ryan, C.M., Rees, R.M., Sambane, E., Fernando, J., Grace, J., 2008. Carbon sequestration and biodiversity of re-growing miombo woodlands in Mozambique. For. Ecol. Manage. 254, 145–155.