



## Biometria de espécies arbóreas neotropicais em áreas de restauração florestal no Sul do Brasil

Nocy BILA<sup>1\*</sup>, Alessandro ANGELO<sup>2</sup>, Román Carlos RIOS<sup>2</sup>, Christopher BLUM<sup>2</sup>,  
Alexandre BEHLING<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

\*E-mail: [nocybila@gmail.com](mailto:nocybila@gmail.com)

(ORCID: 0000-0003-4133-0519; 0000-0003-3435-300X; 0000-0001-6590-6944; 0000-0002-1898-3311; 0000-0002-7032-2721)

Recebido em 12/04/2021; Aceito em 25/10/2021; Publicado em 11/11/2021.

**RESUMO:** A crescente degradação ambiental tornou necessário aprofundar o conhecimento sobre o comportamento silvicultural de espécies nativas para a restauração florestal. O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento silvicultural de um plantio de 10 espécies, 3 pioneiras, *Mimosa bimucronata*, *Senna multijuga* e *Schizolobium parahyba*, e 7 secundárias iniciais, *Myrsine coriacea*, *Inga edulis*, *Inga marginata*, *Inga laurina*, *Alchornea glandulosa*, *Citharexylum myrianthum* e *Hieronyma alchorneoides*. Em 2005, o plantio tinha como objetivo restaurar áreas degradadas por pastagem de búfalos na Reserva Natural Guaricica, Antonina-PR. Após 14 anos foi realizado um censo florestal para avaliar as variáveis biométricas: qualidade do fuste (qf), sanidade do fuste (sf), qualidade da copa (qc), percentagem de luminosidade recebida pela copa (L%), posição sociológica (ps), circunferência à altura do peito (CAP), altura comercial (Hc), altura total (H) e volume (V). Os tratamentos proporcionaram diferenças nas variáveis biométricas nf, qf e L%. As espécies *A. glandulosa*, *I. edulis*, *M. bimucronata* e *S. multijuga* apresentaram melhores desempenhos em CAP, H e V. Apesar do desempenho silvicultural ser relativamente baixo em comparação aos estudos na região, estas espécies possuem potencial na utilização em projetos de restauração em áreas de pastagem degradada nas condições edafoclimáticas da planície litorânea paranaense.

**Palavras-chave:** Floresta Ombrófila Densa; plantio adensado; sobrevivência; espécies nativas.

## Biometry of arboreal species in forest restoration areas in Southern Brazil

**ABSTRACT:** Due to increasing environmental degradation, it is necessary to deepen the knowledge about the silvicultural behaviour of native species for forest restoration. This work analysed the silvicultural development of 10 species, 3 pioneer, *Mimosa bimucronata*, *Senna multijuga*, *Schizolobium parahyba*, and 7 initial secondary *Myrsine coriacea*, *Inga edulis*, *Inga marginata*, *Inga laurina*, *Alchornea glandulos*, *Citharexylum myrianthum* and *Hieronyma alchorneoides*, in rows. In 2005 a planting was carried out to restore pasture degraded areas in Guaricica Nature Reserve, Antonina-PR. After 14 years, a forest census was conducted to assess biometric variables: stem number (nf), stem quality (qf), stem health (sf), canopy quality (qc), percentage of light received by the canopy (L%), sociological position (ps), circumference at breast height (CAP), commercial height (Hc), total height (H) and volume (V). The treatments provided differences in nf, qf and L%. *A. glandulosa*, *I. edulis*, *M. bimucronata* and *S. multijuga* showed the best performance of CAP, H and V. The species had relatively low silvicultural performance in the biometric variables compared to other regionally studies, however, these species have potential for restoration projects in degraded pasture areas in the edaphoclimatic conditions of coastal paranaense plain areas.

**Keywords:** Ombrophilous Dense Forest; high plantation; survival; native species.

### 1. INTRODUÇÃO

A década de 1960 foi marcada por transformações significativas na realidade agroeconômica no litoral paranaense, devido à incentivos fiscais no estabelecimento de atividades de agropecuária, construção da rodovia BR-277, que liga Curitiba a Paranaguá, e da PR-405, entre Antonina e Guaraqueçaba. Contudo, a criação de búfalos foi a que mais contribuiu na deterioração da qualidade ambiental da planície na Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (FOBTB), pois exigiu o desmatamento de extensas áreas florestais para implantar pastos de *Urochloa* spp. Este fenômeno desencadeou um processo intenso de degradação do solo, comprometendo a capacidade de resiliência do ecossistema (FERRETI; BRITTEZ, 2005).

Nestes locais, em 1999, iniciativas foram realizadas para a restauração de fragmentos florestais biologicamente empobrecidos, degradados e ameaçados. Foi nesse contexto que a Organização Não Governamental Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS) adquiriu áreas de antigas fazendas de búfalos, e aliado à parceiros de instituições internacionais, iniciaram projetos de combate ao aquecimento global a partir do reflorestamento de alguns trechos nos municípios de Antonina e Guaraqueçaba (FERRETI; BRITTEZ, 2005).

Em 2005, a SPVS e Embrapa, iniciaram a implantação de novas estratégias de restauração com plantios adensados mistos com número reduzido de espécies (10 spp. nativas)

em parcelas facilitadoras. Este método teve o propósito de criar um ambiente favorável ao crescimento de espécies plantadas, promover o retorno da floresta natural, restaurando assim a biodiversidade, o funcionamento e a integridade ecológica do ecossistema. Além dos aspectos anteriormente citados, este procedimento também é recomendado para locais com densidade elevada de gramíneas indesejáveis ou ameaça de invasão biológica (SANTOS et al., 2020).

O solo na altura encontrava-se compactado pela pastagem dos búfalos, infestado por exóticas invasoras (*Brachiaria* spp.) e afetado por longos períodos de saturação de água na época chuvosa (COTARELLI et al., 2008). Por outro lado, a ausência de matrizes nos remanescentes florestais capazes de fornecer sementes viáveis e que respeitassem as regras de diversidade genética para restauração e produção de mudas, reduziu o elenco de espécies arbóreas nativas capazes de desenvolver neste ambiente (KAGEYAMA; GANDARA, 1998). Aliado a isto, o fato de ser área de preservação permanente, não permitia o uso de herbicida no plantio, fator de impedimento do controle de gramíneas e avanço da regeneração natural (CHEUNG et al., 2010). Assim sendo, era imprescindível na primeira fase do plantio, o uso de espécies nativas que exigissem manutenção mínima, tivesse rápido crescimento, desenvolvessem uma copa capaz sombrear e reduzir as gramíneas exóticas e que produzissem alta quantidade de biomassa (serrapilheira) para melhorar a qualidade de solo (ALMEIDA, 2016, TRETTIN et al., 2018).

O plantio de restauração florestal em regiões tropicais apresenta diferentes associações entre espécies e modelos espaciais de plantio (BRANCALION et al., 2015), contudo, a validação destes em projetos de restauração necessitam de monitoria e avaliação ao longo dos anos como os de Cotarelli et al. (2008); Bruel et al. (2010); Silveira et al. (2013); Donha (2016), Shimamoto et al. (2016) e Schäffer et al. (2020), que informam sobre a capacidade das espécies nativas estabelecerem em solos degradados (Broadhurst et al., 2015); persistirem por longo prazo (Mackey et al., 2020); garantirem que este tenha potencial de evoluir mesmo com alterações no ambiente (BROADHURST et al., 2015).

O plantio adensado misto em linhas nestes projetos é normalmente constituído por um número maior de espécies arbóreas (riqueza), mas com poucos indivíduos de cada espécie, que é uma forma de restaurar o mais próximo possível das florestais naturais (ALMEIDA, 2016). Normalmente, este plantio inclui mais espécies pioneiras e menor proporção de secundárias iniciais/tardias e clímax, com várias formas de vida, de forma a aumentar as chances de perpetuação do ecossistema em restauração (BRANCALION et al., 2015). No sentido de compreender o processo da restauração florestal de áreas degradadas por meio de estratégias de restauração com plantios adensados mistos em parcelas facilitadoras com número reduzido de espécies, foi questionado o seguinte:

- i) Será que a proporção de indivíduos afeta na sobrevivência e na biometria das espécies?
- ii) A baixa riqueza de espécies promove florestas com diferentes estratos?
- iii) Será que plantio com número reduzido de espécies promove florestas com diferentes estratos?

Para responder essas questões, é necessário o conhecimento do comportamento biométrico (diâmetro,

altura e volume) de espécies arbóreas nativas em áreas em restauração (BECHARA et al., 2016; TRETTIN et al., 2018). Para Mendonça et al. (2017) as variáveis biométricas e a sobrevivência são indicadores que refletem o desenvolvimento das espécies plantadas, e estes podem facilitar a compreensão da dinâmica de sucessão e nortear decisões relacionadas ao manejo, conservação e a restauração dos ecossistemas florestais (SANTOS et al., 2020).

Assim sendo, foram desenvolvidas as seguintes hipóteses: A sobrevivência das espécies e a estratificação da floresta são condicionadas pela proporção dos indivíduos plantados por espécie; o plantio adensado misto com igual proporção de indivíduos de diferentes espécies apresentam em média variáveis biométricas quali e quantitativa mais homogêneas comparando às de diferentes proporções de indivíduos de diferentes espécies.

O trabalho teve como objetivo analisar o desenvolvimento silvicultural de 10 espécies florestais nativas e avaliar o potencial para uso em projetos de restauração. Por sua vez, os objetivos específicos avaliar a sobrevivência e comparar as variáveis biométricas das espécies nas áreas do plantio adensado misto após 14 anos de restauração.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O trabalho foi realizado na planície adjacente à Serra do Mar, município de Antonina-PR, na Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba, litoral norte, na Reserva Natural da Guaricica, pertencente à SPVS. O relevo plano, altitudes entre 0 - 25 m, de domínio fitogeográfico de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (FODTB), sob influência do Rio Cachoeira, em Plintossolo háplico distrófico típico.

O clima da região segundo Köppen é Cfa, subtropical úmido mesotérmico, com a temperatura média anual entre 19° e 21 °C, atingindo, no verão 24 °C e no inverno 17 °C. A precipitação média anual oscila entre 2000 e 2500 mm.ano<sup>-1</sup>, sem ocorrência de estação seca.

Até o ano 2000 a área era usada como fazenda de búfalos e invadida por *Urochloa* spp. A partir do ano seguinte foi convertida em área protegida e em 2005 foi iniciado um experimento de plantio misto de 10 espécies, sendo 3 pioneiras (*Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze, *Senna multijuga* (LC Rich.) HS Irwin & Barneby e *Schizolobium parahyba* (Vellozo) Blake) e 7 secundárias iniciais (*Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult., *Inga edulis* Martius, *Inga marginata* Willd., *Inga laurina* (Sw.) Willd., *Alchornea glandulosa* Poepp. Endl., *Citharexylum myrianthum* Cham. e *Hieronyma alchorneoides* Allemão) (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 2006).

O plantio foi realizado em espaçamento de 1,6 x 2,5 m (4 indivíduos/m<sup>2</sup> ou 2500 indivíduos/ha) segundo em dois tratamentos: o primeiro tratamento (T1) foi definido por igual proporção de indivíduos das diferentes espécies (250 indivíduos de cada espécie); o segundo (T2) com proporções diferentes por espécie (com variações entre 87 e 212 indivíduos por espécie) segundo o Plano de desenvolvimento de modelos de restauração da Mata Atlântica no sul do Brasil (EMBRAPA, 2008).

O experimento foi conduzido utilizando o delineamento de bloco ao acaso, com repetições dos módulos de plantio (sequência de plantio das espécies (Tabela 1) em cada bloco, com área de 10000 m<sup>2</sup>. Esses blocos representam talhões facilitadores com riqueza reduzida de espécies divididos em unidades amostrais de 5000 m<sup>2</sup> por tratamento, totalizando a área experimental de 20000 m<sup>2</sup>.

O solo foi preparado com uma subsolagem e com enxada rotativa na linha do plantio. As covas e o plantio foram manuais e o plantio de mudas feito sem adubação. A limpeza das gramíneas ao redor das mudas foi feita com facão ou roçadeira costal, durante 24 a 30 meses.

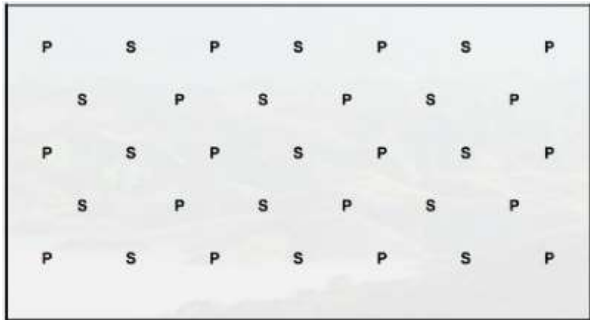


Figura 1. Croqui de distribuição das mudas de 2005. (P) Espécie Pioneira; (S) Espécie Secundária inicial.

Figure 1. Sketch of spatial distribution seedlings in 2005. (P) Pioneer species; (S) Initial Secondary Species.

**P** - *Schizolobium parahyba*, *Mimosa bimucronata* e *Senna multijuga*; **S** - *Alchornea glandulosa*, *Hieronyma alchorneoides*, *Inga edulis*; *Inga laurina*, *Inga marginata*, *Citharexylum myrianthum*, e *Mirsine coreacea*.

**2.2. Censo**

No ano de 2019 foi realizado um censo nas áreas de plantio, em que indivíduos com a circunferência a altura do peito, a 1,30m do solo (CAP) ≥ 15,7 cm foram contabilizados e identificados botanicamente. Cada indivíduo foi identificado em nível de espécie, número da linha e coluna de plantio, para localização da árvore a distância em relação ao ponto de origem da parcela e foi anotada como coordenadas x e y. Tais dados foram utilizados para determinar a sobrevivência das espécies, seguindo as linhas de plantio para evitar contagens repetidas.

**2.3. Mensuração das variáveis biométricas**

Foram realizadas avaliações de variáveis qualitativas ordinais e quantitativas adaptado de Batista et al. (2014). As variáveis biométricas qualitativas ordinais foram: qualidade do fuste (qf), sanidade do fuste (sf), qualidade da copa (qc), percentagem de luminosidade na copa (L%) e a posição sociológica (ps) segundo a Tabela 1. As variáveis biométricas quantitativas foram: circunferência à altura do peito em centímetros (CAP), a altura comercial (Hc) e altura total em metros (H) e o volume em metros cúbicos (V), o qual foi estimado utilizando fator de forma obtido na literatura.

**2.4. Estatística descritiva**

Esta análise foi realizada para variáveis quantitativas e calculadas a média para cada espécie do plantio em T1 e T2. Essas análises foram efetuadas por meio da linguagem de programação Julia e foram utilizados os *Packages Statistics e Distributions* e os valores apresentados em gráficos do tipo *boxplot*.

**2.5. Estratificação da floresta**

A floresta foi dividida em 3 estratos segundo Sanquetta et al. (2014), sendo o estrato inferior (EI) definido pelas árvores com altura  $H < (H_m - 1 s)$ ; estrato médio (EM) com árvores com altura entre  $(H_m - 1 s) < H < (H_m + 1 s)$  e estrato superior (ES) com árvores com  $H > (H_m + 1 s)$ .

Tabela 1. Variáveis biométricas qualitativas avaliadas nos plantios experimentais da Reserva Natural Guaricica.

Table 1. Qualitative biometric variables evaluated in plantations of Guaricica Natural Reserve.

Número de fustes (nf)		Qualidade do fuste (qf)	
1	Único fuste	1	Fuste 100% reto
2	Dois fustes	2	Fuste até 50% tortuoso
3	Três fustes	3	Fuste mais de 50% tortuoso
4	Quatro fustes	4	Fuste bifurcado acima de 1,30 m do solo
5	Cinco fustes	5	Fuste bifurcado abaixo de 1,30 m do solo
6	Seis fustes		
Sanidade do fuste (sf)		Qualidade da copa (qc)	
1	Sem defeitos aparentes	1	Copa densa, 100% com folhas e galhos
2	Com presença de cupins ou podridões	2	Copa densa irregular, 75% com folhas.
3	Presença de ocos	3	Copa densa irregular, 25% sem folhas e sem galhos
4	Árvore morta em pé	4	Copa pouco densa com, 25% a 50% de folhas ausente
		5	Copa pouco densa com > 50 % de folhas ausentes
Luminosidade (L%)		Posição sociológica (ps)	
1	Copa 100% iluminada – dossel	1	Dossel
2	Copa 75% dossel e 25 % sombreada	2	Intermediária
3	Copa 50 % dossel e 50 % sombreada	3	Inferior
4	Copa 25% dossel e 75% sombreada		
5	Copa 100 % sombreada		

**2.6. Estatística comparativa**

Foram realizados testes de Qui-quadrado em dois momentos, o primeiro para verificar a existência de associação entre a frequências das categorias das variáveis biométricas qualitativas de qf, sf, qc, L% (Tabela 1) com os tratamentos T1 e T2, e no segundo momento para verificar a existência de associação entre a sobrevivência das espécies com os respectivos tratamentos.

Á exceção da altura comercial (Hc), para comparar as semelhanças das variáveis biométricas quantitativas CAP, H e V com fator de forma de 0,6 entre indivíduos de igual e diferentes espécies em função dos tratamentos T1 e T2, foram verificadas as distribuições normais pelo teste de Shapiro-Wilk e a análise de homogeneidade de variância pelo teste de Levene. Não constatado estes pressupostos, foram aplicadas a estatística não paramétrica de Mann-Withney em nível de significância ( $\alpha$ ) de 5% (CRAWLEY, 2013). Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente estatístico R versão 3.5.2 (R CORE TEAM, 2019).

**2.7. Estatística multivariada**

Para relacionar o conjunto das variáveis biométricas qualitativas (nf, qf, sf, qc, L% e ps) e variáveis biométricas quantitativas (CAP, H, Hc e V) de cada espécie em função dos tratamentos, foram realizadas as análises de variância multivariada (MANOVA) e análise discriminante (FERREIRA, 2018). Para avaliar o efeito da interação, 10 espécies *versus* 2 tratamentos (densidades de plantios) foi aplicada MANOVA em esquema fatorial. Identificada a significância desses fatores, a diferença entre eles foi avaliada por meio da análise discriminante, com objetivo de separar os grupos (Grupos de espécies) em cada tratamento. As estatísticas avaliadas na MANOVA foram de Traço de Pillai

Wilks, Lambda de Wilks, Traço de Hotelling e Maior raiz de Roy. As estatísticas avaliadas na análise de discriminantes foram Lambda de Wilks, Qui-quadrado, matriz de estruturas (correlação entre a função discriminante e a variável original) e o centróide das funções discriminantes para cada espécie, dentro de cada tratamento. A análise discriminante foi realizada por tratamento, uma vez que na análise de MANOVA foi identificada interação significativa dos fatores (espécies e densidades de plantio). Assim, essa análise permitiu identificar os grupos das espécies e avaliar qual era o comportamento médio das espécies em relação aos tratamentos. Os dados foram processados na versão de avaliação do software SPSS.

### 3. RESULTADOS

Nos dois hectares do experimento, existiam no ano de 2019, 1.821 indivíduos sobreviventes com densidade de 954 ind.ha<sup>-1</sup> no T1 e 867 ind.ha<sup>-1</sup> no T2. Foram observadas diferenças estatísticas na densidade dos indivíduos entre os tratamentos ( $X^2=185$  e  $p=0,0001$ ).

A sobrevivência e a mortalidade dos indivíduos estão apresentadas na Tabela 2, valores que refletem nas falhas e áreas de clareira presentes na floresta. Quatro espécies, em ambos os tratamentos, apresentaram taxas críticas de mortalidade, *S. multijuga*, *H. alchorneoides*, *M. bimucronata* e *C. myrianthum*, todas acima dos 80%. A espécie *I. marginata* registrou alta mortalidade apenas no tratamento T2. As espécies com maior percentagem de sobrevivência foram *A. glandulosa*, *I. laurina*, *I. edulis* e *M. coriacea*.

Tabela 2. Estágio inicial do experimento (2005/2006) e atual (2019) no T1 e T2, na Reserva Natural da Guaricica.

Table 2. Experiment initial stage (2005/2006) and current (2019) in T1 and T2, in Guaricica Natural Reserve.

Nome científico	NI	NI	S	NI	NI	S
	2006	2019	(%)	2006	2019	(%)
	Tratamento 1			Tratamento 2		
<i>Alchornea glandulosa</i>	250	187	74,8	172	172	100
<i>Citbarexylum myrianthum</i>	250	45	18	248	36	14,5
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	250	19	7,6	172	25	14,5
<i>Inga edulis</i>	250	165	66	422	235	55,7
<i>Inga laurina</i>	250	170	68	172	151	87,8
<i>Inga marginata</i>	250	81	32,4	250	27	10,8
<i>Mimosa bimucronata</i>	250	38	15,2	298	32	10,7
<i>Myrsine coriacea</i>	250	156	62,4	172	93	54,1
<i>Schizolobium paralyba</i>	250	84	33,6	172	64	37,2
<i>Senna multijuga</i>	250	9	3,6	422	10	2,4
	2500	954	38,2	2500	867	34,7

NI (número de indivíduos); S (%) – Percentagem de sobrevivência.

#### 3.1. Variáveis biométricas qualitativas

Foram observadas na Tabela 3, diferenças significativas entre os tratamentos apenas para as variáveis número de fustes (nf), qualidade de fuste (qf) e luminosidade (L%). Cerca de 64,03% e 26,74% dos indivíduos apresentaram um e dois fustes no tratamento T1 respectivamente e 72% e 21,86% no T2. As espécies *H. alchorneoides* ( $X^2=4,085$ ,  $p=0,045$ ), *I. laurina* ( $X^2=16,67$ ;  $p=0,001$ ), *I. edulis* ( $X^2=21,42$ ;  $p=0,001$ ) e *I. marginata* ( $X^2=12,97$ ;  $p=0,005$ ) apresentaram diferenças no número de fustes em função dos tratamentos. Tabela 3. Valores de probabilidade do teste Qui-quadrado das variáveis biométricas qualitativas, nos plantios experimentais da Reserva Natural da Guaricica.

Table 3. Probability Values of Chi-square test of qualitative biometric variables in experimental plantations of Guaricica Natural Reserve.

Variáveis qualitativas	X <sup>2</sup>	df	p
Número de fustes (nf)	16,16	5	0,0064*
Qualidade de fuste (qf)	24,32	4	6,89e <sup>-5</sup> *
Qualidade da copa (qc)	0,7633	4	0,9488
Sanidade de fuste (sf)	2,730	4	0,6038
Luminosidade (L%)	12,625	4	0,0133*
Posição sociológica (ps)	31,66	4	0,075

p: probabilidade obtida no teste; \* valores menores que 0,05 indicam diferenças significativas.

Os tratamentos produziram efeito sobre a qualidade dos fustes no experimento (Tabela 3), sendo que no tratamento T2 foi observado o melhor perfil dos fustes no plantio.

A percentagem de luminosidade entre os tratamentos T1 e T2 foram estatisticamente significativas (Tabela 3). Adicionalmente, foram observadas diferenças da percentagem de incidência de luz solar sobre a copa em função dos tratamentos para *A. glandulosa* ( $X^2=31,66$ ,  $p=2,22e^{-6}$ ), *I. edulis* ( $X^2=21,29$ ,  $p=3e^{-4}$ ) e *I. laurina* ( $X^2=31,66$ ,  $p=4,1e^{-8}$ ).

#### 3.2. Variáveis biométricas quantitativas

As espécies *C. myrianthum*, *H. alchorneoides* e *I. laurina* apresentaram diferenças para a variável CAP em função dos tratamentos. Os tratamentos influenciaram na altura e no volume das espécies *I. edulis* e *I. laurina*, sendo a última pertencente ao grupo de espécies com baixo crescimento volumétrico na área (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de probabilidade do teste Mann Whitney das variáveis biométricas quantitativas dos tratamentos, na Reserva Natural da Guaricica.

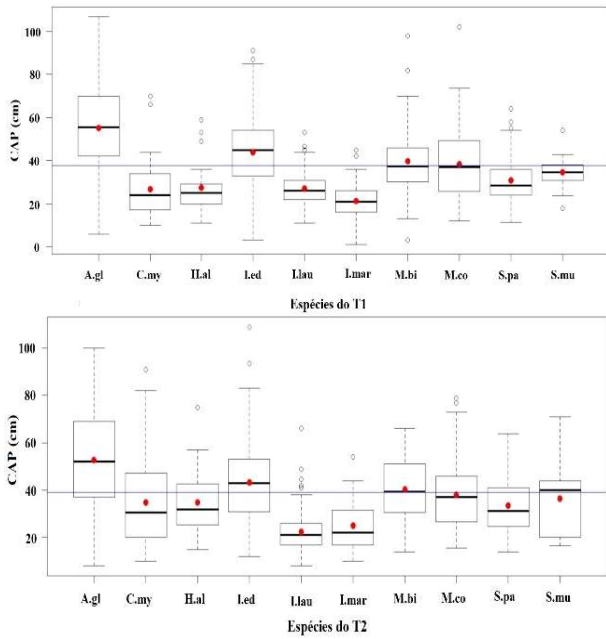
Table 4. Probability Values of Mann Whitney test of quantitative biometric variables of treatments, in Guaricica Natural Reserve.

Espécies	CAP (cm)	H (m)	V (m <sup>3</sup> )
<i>Alchornea glandulosa</i>	0,238	0,269	0,492
<i>Citbarexylum myrianthum</i>	0,021*	0,055	0,067
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	0,039*	0,983	0,962
<i>Inga edulis</i>	0,576	0,0069*	3,58e <sup>-5</sup> *
<i>Inga laurina</i>	8,56e <sup>-10</sup> *	0,0003*	7,66e <sup>-9</sup> *
<i>Inga marginata</i>	0,069	0,795	0,213
<i>Mimosa bimucronata</i>	0,076	0,420	0,981
<i>Myrsine coriacea</i>	0,817	0,899	0,989
<i>Schizolobium paralyba</i>	0,086	0,1689	0,180
<i>Senna multijuga</i>	0,525	0,188	0,660

p: probabilidade obtida no teste; \* valores menores que 0,05 indicam diferenças significativas.

Para o conjunto de dados geral (sem considerar as espécies), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para a variável CAP ( $p=0,1003$ ), H ( $p=0,3755$ ) e V ( $p=0,637$ ), conforme teste de Mann-Whitney (Figura 2, Figura 3 e Figura 4, respectivamente).

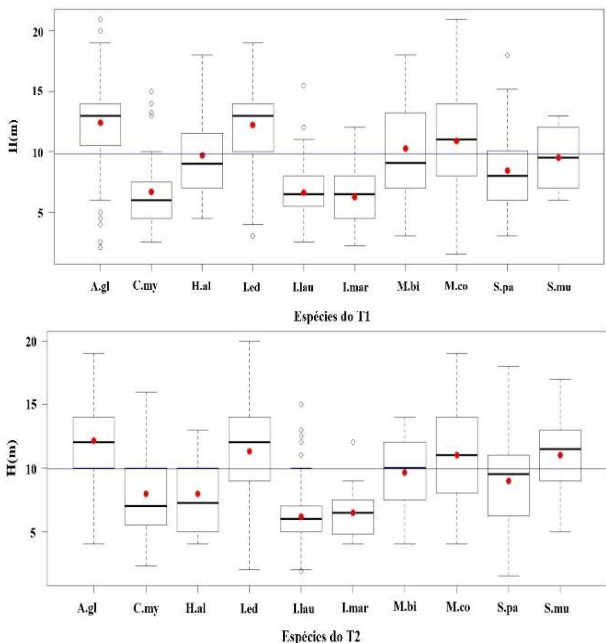
O valor médio de CAP dos indivíduos (Figura 2) foi de 39,8 cm, com os maiores valores observados em *M. bimucronata*, (90,8 cm no T1 e 94,9 cm no T2), seguido de *A. glandulosa* (79,9 cm no T1 e 74,9 cm no T2) e *I. edulis* (77,4 no T1 e 62,3 cm no T2).



Legenda: A.gl - *Alchornea glandulosa*, C.my - *Citharexylum myrianthum*, H.al - *Hieronyma alchorneoides*, I.ed - *Inga edulis*, I.lau - *Inga laurina*, I.mar - *Inga marginata*, M.bi - *Mimosa bimucronata*, M.co - *Myrsine coriacea*, S.pa - *Schizolobium paralyba*, S.mu - *Senna multijuga*.

Figura 2. Boxplot da variável biométrica CAP (cm) das 10 espécies no plantio misto de baixa diversidade, no T1 e T2 na Reserva Natural da Guaricica.

Figure 2. CAP (cm) biometric variable boxplot of 10 species in a mixed planting low diversity, in T1 and T2, at Guaricica Natural Reserve.



Legenda: A.gl - *Alchornea glandulosa*, C.my - *Citharexylum myrianthum*, H.al - *Hieronyma alchorneoides*, I.ed - *Inga edulis*, I.lau - *Inga laurina*, I.mar - *Inga marginata*, M.bi - *Mimosa bimucronata*, M.co - *Myrsine coriacea*, S.pa - *Schizolobium paralyba*, S.mu - *Senna multijuga*.

Figura 3. Boxplot da variável biométrica altura total H (cm) das 10 espécies no plantio misto de baixa diversidade, no T1 e T2 na Reserva Natural da Guaricica.

Figure 3. Total height H (cm) biometric variable boxplot of 10 species in a mixed planting low diversity, in T1 and T2, at Guaricica Natural Reserve.

No conjunto de dados gerais da variável H (sem considerar as espécies), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, obtendo-se as médias de 9,8 m e 9,9 m para os tratamentos T1 e T2, respectivamente.

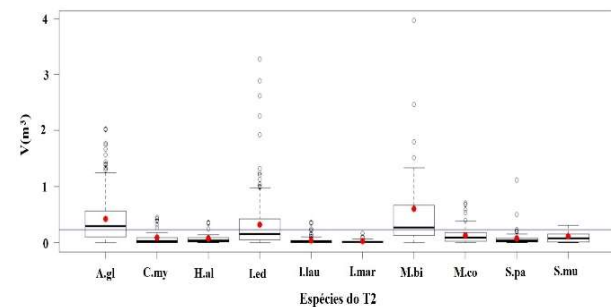
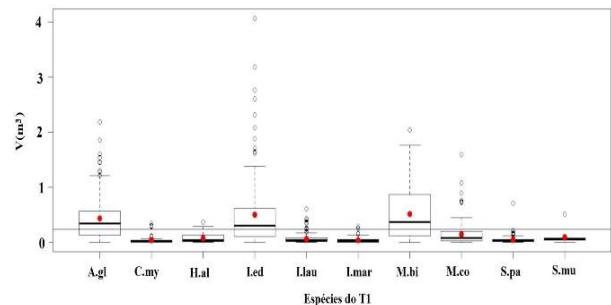
Observando a Figura 3, *A. glandulosa*, *I. edulis*, *M. coriacea* e *M. bimucronata* registraram valores de crescimento superiores à altura média dos plantios.

Cerca de 297 indivíduos (15,8%) encontram-se no estrato inferior (EI, com menos de 6 m de altura), 1204 (64,1%) no estrato médio (EM, entre 6 m < H < 14 m) e 376 (20%) pertencem ao estrato superior (ES).

O ES foi representado por *A. glandulosa* e *I. edulis*, o EM por *I. laurina*, *I. edulis*, *A. glandulosa* e *M. coriacea* e o EI por *C. myrianthum*.

No conjunto de dados gerais da variável V (m<sup>3</sup>). (sem considerar as espécies), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Na Figura 4, observa-se que as espécies *A. glandulosa*, *I. edulis* e *M. bimucronata*, registraram valores volumétricos superiores à média dos plantios em ambos os tratamentos.



Legenda: A.gl - *Alchornea glandulosa*, C.my - *Citharexylum myrianthum*, H.al - *Hieronyma alchorneoides*, I.ed - *Inga edulis*, I.lau - *Inga laurina*, I.mar - *Inga marginata*, M.bi - *Mimosa bimucronata*, M.co - *Myrsine coriacea*, S.pa - *Schizolobium paralyba*, S.mu - *Senna multijuga*.

Figura 4. Boxplot da variável biométrica volume v (m<sup>3</sup>) das 10 espécies no plantio misto de baixa diversidade, no T1 e T2 na Reserva Natural da Guaricica.

Figure 4. Volume v (m<sup>3</sup>) biometric variable boxplot of 10 species in a mixed planting low diversity, in T1 and T2, at Guaricica Natural Reserve.

### 3.3 Análise de discriminante

Os resultados da MANOVA (Tabela 5) indicam que houve diferenças estatísticas entre as 10 espécies, densidades de plantios e a interação entre eles.

Foram definidas 9 funções discriminantes para representar 100% da variância total, contudo, as duas primeiras foram suficientes para representar a variância total dos dados. Ambas as funções assimilaram 77,2% e 81,3% da variância total (Tabela 6), possuindo as maiores correlações canônicas. Adicionalmente, os testes de Wilks' Lambda e

Qui-quadrado indicaram que somente as 4 primeiras funções foram significativas.

Tabela 5. Resultados da análise de variância multivariada dos tratamentos, na Reserva Natural da Guaricica.

Table 5. Multivariate analysis of variance results of treatments, in Guaricica Natural Reserve.

Efeito		Valor	F	Significância
Tratamento	Rastreio de Pillai	0,028	4,642 <sup>b</sup>	<0,000
	Lambda de Wilks	0,972	4,642 <sup>b</sup>	<0,000
	Traço de Hotelling	0,029	4,642 <sup>b</sup>	<0,000
	Maior raiz de Roy	0,029	4,642 <sup>b</sup>	<0,000
Espécies	Traço de Pillai	1,026	21,033	<0,000
	Lambda de Wilks	0,284	24,968	<0,000
	Traço de Hotelling	1,599	28,892	<0,000
	Maior raiz de Roy	0,910	148,793 <sup>c</sup>	<0,000
Tratamento x Espécies	Traço de Pillai	0,139	2,573	<0,000
	Lambda de Wilks	0,868	2,586	<0,000
	Traço de Hotelling	0,143	2,591	<0,000
	Maior raiz de Roy	0,047	7,612 <sup>c</sup>	<0,000

Tabela 6. Autovalores e demais estatísticas das funções discriminantes dos tratamentos avaliados na Reserva Natural Guaricica.

Table 6. Eigenvalues and other statistics of discriminant functions of treatments, evaluated in Guaricica Natural Reserve.

Autovalores do Tratamento 1					Autovalores do Tratamento 2				
F	Auto valor	% de Var	% Cum.	CoC	F	Auto valor	% de Var	% Cum.	CoC
1	1,060 <sup>a</sup>	52,8	52,8	0,717	1	0,781 <sup>a</sup>	58,0	58,0	0,662
2	0,488 <sup>a</sup>	24,3	77,2	0,573	2	0,314 <sup>a</sup>	23,3	81,3	0,489
3	0,234 <sup>a</sup>	11,7	88,8	0,436	3	0,147 <sup>a</sup>	10,9	92,2	0,358
4	0,089 <sup>a</sup>	4,5	93,3	0,287	4	0,050 <sup>a</sup>	3,7	95,9	0,218
5	0,042 <sup>a</sup>	2,1	95,4	0,201	5	0,031 <sup>a</sup>	2,3	98,2	0,173
6	0,038 <sup>a</sup>	1,9	97,3	0,191	6	0,011 <sup>a</sup>	0,8	99,0	0,106
7	0,025 <sup>a</sup>	1,3	98,6	0,157	7	0,011 <sup>a</sup>	0,8	99,8	0,104
8	0,018 <sup>a</sup>	0,9	99,4	0,132	8	0,002 <sup>a</sup>	0,1	100	0,040
9	0,011 <sup>a</sup>	0,6	100,0	0,105	9	0,001 <sup>a</sup>	0,0	100	0,025

F = Função, % de Var = Percentagem de variância, % Cum = Percentagem cumulativa da variância, CoC = Correlação canônica.

De acordo com os valores da Tabela 7, a análise das correlações entre as variáveis originais e as funções discriminantes no T1, demonstra que na função 1 as variáveis com maior carregamento foram: posição sociológica (ps), altura total (H), luminosidade (L%) e circunferência à altura do peito (CAP). Já na função 2: número de fustes (nf), altura comercial (hc) e qualidade do fuste (qf). No T2, as variáveis com maior carregamento na função 1 foram a posição sociológica (ps) e a altura total (H); e na função 2: número de fustes (nf), a sanidade de fuste (sf) e a área basal (ab). As demais variáveis carregaram em outras funções, com baixo poder discriminante. Denota-se que as variáveis da função 1 revelam uma estrutura de variável latente a respeito do porte da árvore e exposição a luz solar, enquanto as da função 2 revelam uma variável latente a respeito das avaliações sobre a caracterização dos fustes.

Valendo-se das funções discriminantes mais importantes, foram obtidos os centroides para cada espécie em cada densidade de plantio (Figura 5). Isso permitiu observar a formação de 4 grupos de espécies para ambos os tratamentos.

Tabela 7. Matriz de estruturas das variáveis biométricas dos tratamentos na Reserva Natural da Guaricica.

Table 7. Structures matrix of biometric variables of treatments, in the Guaricica Nature Reserve.

Matriz de estruturas							
Função							
	Tratamento 1			Tratamento 2			
	1	2	3	1	2	3	
ps	-,804*	,007	,172	ps	,851*	,226	-,223
H	,737*	-,125	-,120	L%	,714*	,235	,193
L%	-,644*	,137	,131	nf	-,126	,619*	,498
CAP	,572*	,474	-,276	sf	-,059	,585*	-,499
V	,494*	,314	-,150	ab	-,450	,514*	,492
ab	,463*	,429	-,131	V	-,466	,387	,501*
nf	,076	,631*	-,170	qf	-,050	,443	,253
Hc	,411	-,629*	,066	H	,104	-,020	,069
qf	,003	,567*	-,135	qc	,131	,344	-,406
sf	,013	,294	,750*	Hc	-,112	,202	,226
qc	-,115	,165	,492	CAP	-,214	,122	,369

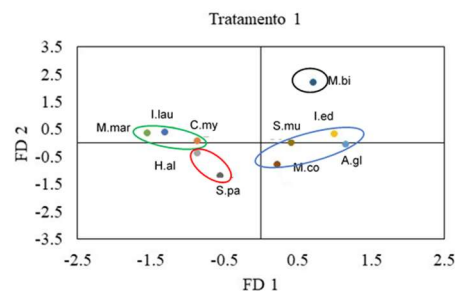


Figura 5.1 - Funções discriminantes canônicas para o Tratamento 1 (T1)

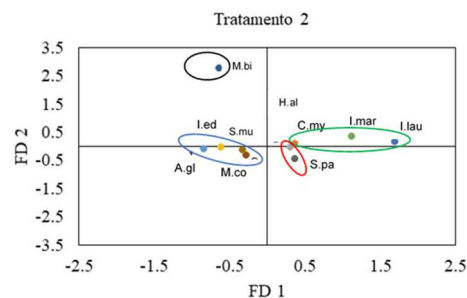


Figura 5.2 - Funções discriminantes canônicas para o Tratamento 2 (T2)

Legenda: A.gl - *Alchornea glandulosa*, C.my - *Citharexylum myrianthum*, H.al - *Hieronyma alchorneoides*, I.ed - *Inga edulis*, I.lau - *Inga laurina*, I.mar - *Inga marginata*, M.bi - *Mimosa bimucronata*, M.co - *Myrsine coriacea*, S.pa - *Schizolobium parabyba*, S.mu - *Senna multijuga*.

Figura 5. Funções discriminantes das 10 espécies nativas do plantio nos tratamentos, na Reserva Natural da Guaricica.

Figure 5. Discriminant functions of 10 native species of the planting treatments, at Guaricica Natural Reserve.

Os grupos de espécies, para ambos os tratamentos, foram definidos pelas seguintes composições: Grupo I - *M. bimucronata*; Grupo II - *C. myrianthum*, *I. laurina* e *I. marginata*; Grupo III - *H. alchorneoides* e *S. parabyba*; e Grupo IV - *A. glandulosa*, *I. edulis*, *M. coriacea* e *S. multijuga*.

Os grupos de espécies foram os mesmos para ambos os tratamentos, entretanto, os valores discriminantes para as espécies foram diferentes, revelando uma relação inversa entre os tratamentos T1 e T2 (Figura 5). Os valores discriminantes obtidos no T1 foram mais dispersos em relação ao T2, indicando maior heterogeneidade entre a biometria das espécies.

Os grupos formados revelam afinidades entre os fatores, em que o fator 1 (FD1) é associado a *A. glandulosa*, *I. edulis*, *M. coriacea* e *S. multijuga*. Tais espécies dominam o ES, com ps elevada, alta L% e valores de CAP e H acima da média do experimento.

O agrupamento de *C. myrianthum*, *H. alchorneoides*, *I. laurina*, *I. marginata* e *S. parahyba* apresentaram CAP e H abaixo da média no experimento. Contudo, as espécies *M. bimucronata*, *A. glandulosa* e *I. edulis* apresentam volume superior ao valor médio da floresta nos T1 e T2.

O fator 2 (FD2) representa as variáveis nf, hc e qf, em que *M. bimucronata* destacou-se com maior crescimento em CAP, contudo, a espécie contém a maior percentagem de indivíduos sobreviventes com múltiplos fustes. No T1 foi observado em média dois fustes em *M. bimucronata* e um fuste *I. edulis*, *I. laurina* e *I. marginata*. Porém, no T2 foi encontrada maior variação no nf entre as espécies, sendo três fustes para *M. bimucronata* e dois fustes para as outras três espécies.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Variáveis biométricas qualitativas

#### 4.1.1. Densidade e sobrevivência

Houve uma alta redução da densidade do plantio em ambos os tratamentos na ordem dos 61,84% o equivalente a 10,48 m<sup>2</sup>.indivíduo<sup>-1</sup> no T1, e 65,32%, representando 11,53 m<sup>2</sup>.indivíduo<sup>-1</sup> para T2, neste período. Resultados semelhantes foram observados por Salomão et al. (2014) em área de fragmento de Floresta Ombrófila Densa com plantio adensado misto (2.500 ind. ha<sup>-1</sup>), aos 13 anos, no qual foram registrados 1.038 ind. ha<sup>-1</sup> (9,63 m<sup>2</sup>.indivíduo<sup>-1</sup>).

Os resultados demonstraram que o plantio mais adensado possuiu uma dinâmica natural de auto desbaste, fatos que corroboram com estudos realizados por Zhang e Tielbörger (2020). Este processo segue a trajetória sucessional esperada numa floresta nativa, a qual inicia com o domínio de espécies pioneiras de rápido crescimento (CHAZDON, 2016), seguido pela competição pelo espaço e luz que conduz a redução da densidade na área e gradativamente a ocupação por espécies de sucessão avançada de crescimento mais lento (BRANCALION et al., 2015). Nota-se que crescimento, competição pelo espaço e luz estão relacionadas com as variáveis que carregaram nos fatores das funções discriminantes, ainda, que a influência é distinta para as densidades de plantio.

A competição entre as espécies do plantio pelo espaço e luz influenciaram no crescimento das espécies e estão relacionadas com as variáveis que carregaram nos fatores das funções discriminantes, ainda, que a influência é distinta para as densidades de plantio.

#### 4.1.2. Sobrevivência

Mattar (2016) em área próxima ao estudo, observou resultados semelhantes de sobrevivência entre 50% a 69% para *I. laurina*, *I. edulis* e *M. coriacea* e 49% para as demais espécies. Schäffer et al. (2020), em plantios com 10 anos de idade, registraram valores semelhantes aos deste estudo, sendo 10,49% para *S. multijuga*, 32,21% para *I. marginata*, 45,53% para *S. parahyba*, 50,51% para *I. edulis*, 53,71% para *C. myrianthum* e 76% para *M. coriacea*.

Rodrigues et al. (2015) consideram povoamentos com alta sobrevivência aqueles com valores acima de 70%, contudo, com 14 anos de idade este plantio registrou a média

de 38,18% no T1 e 34,7% no T2. Esta percentagem de sobrevivência é reflexo da quantidade de indivíduos plantados que saíram do sistema devido à competição ou morte pela natureza ecológica da espécie.

#### 4.1.3. Posição sociológica e luminosidade

Este experimento demonstrou que a estratificação da floresta para a restauração pode ser obtida com plantios adensados mistos com baixa riqueza de espécies. Contudo, não foram suficientes para produzir efeitos diferenciados na distribuição das espécies nos estratos da floresta, todavia, as espécies existentes nos diferentes estratos exerceram o seu papel ecológico no sombreamento do solo e redução de cobertura de gramíneas no estrato inferior. Segundo Chazdon (2016) a estratificação promove o desenvolvimento de outras espécies florestais de crescimento mais lento e intolerantes a luz. Segundo Brancalion et al. (2015), o plantio adensado misto na restauração pressupõe a formação precoce de estratos na floresta, por isso recorre ao uso de espécies de diferentes grupos ecológicos, como pioneiras, secundárias iniciais e tardias. Segundo Brancalion et al. (2015) a formação do dossel e a variação em estratos (multicamadas) ocorre ao longo da formação da floresta entre 10 a 20 anos de pós plantio. Esta transformação promove a troca e substituição gradual das espécies em relação aos grupos sucessionais ao longo da restauração florestal (MENDONÇA et al. 2017).

O domínio de espécies secundárias iniciais (SI) segundo também classificadas como espécies não pioneiras (NP) como *A. glandulosa*, *I. edulis* e *M. coriacea* no dossel superior (ES) em relação ao EM (intermediário) demonstra que decorreu a substituição das espécies pioneiras *M. bimucronata*, *S. multijuga* e *S. parahyba* e que a área se encontra em fase de estruturação florestal.

Salomão et al. (2014) referiram que espécies com altas taxas de crescimento, embora tenham isso como estratégia de ocupação do ambiente, afetam o crescimento de espécies vizinhas durante as fases de estabelecimento; fato que promove até certo grau a estruturação da floresta. Neste caso, podemos justificar o domínio de *I. laurina* e *C. myrianthum* no estrato inferior da floresta.

Segundo Valladares et al. (2016) este resultado é indicativo de que estas espécies NP e SI no processo de estruturação ao longo da sucessão florestal, tem seu desenvolvimento sob influência da competição entre espécies, o que pode afetar nas relações de crescimento e desenvolvimento delas. Contudo, este crescimento em maior ou menor grau das suas características, sofre influências tanto pela diminuição da luminosidade, por serem espécies tolerantes à sombra e também pelas condições edáficas da área.

#### 4.1.4. Qualidade de fuste

O espaçamento do plantio tem um papel importante no estabelecimento e crescimento das árvores. Em áreas de plantios adensados, o crescimento aumenta a competição entre plantas por água, luz, nutrientes e afeta o crescimento radicular e a fotossíntese (SUGANUMA et al., 2017). Esta competição precoce ao longo do desenvolvimento do povoamento reduz o crescimento dos indivíduos na copa, na área basal passando a ocorrer investimento no crescimento em altura (MENDONÇA et al., 2017), tais variáveis neste estudo estão presentes nas funções discriminantes, revelando

como esses fatores determinaram na formação de 4 grupos de espécies e como afetaram as estruturas das árvores.

No geral, o plantio apresentou fustes com baixa tortuosidade (<50% tortuoso), fato explicado pelo plantio adensado do povoamento, contudo, foi no T2 onde registrou-se o maior número de indivíduos plantados com fuste reto. Segundo Mattos (2003) a claridade exerce influência sob a tortuosidade das espécies em florestas nativas, pois, as árvores tendem a ir em busca da luz quando estão no interior da floresta. Ainda o mesmo autor, refere que a concorrência na busca por luz propicia o desenvolvimento de árvores mais altas e retas. Embora os plantios tenham iniciado com a mesma densidade (2500 ind./ha), foi no T2 onde ocorreu a maior redução de densidade, originando maior espaçamento entre os indivíduos e, por consequência, maior incidência luminosa.

Por outro lado, a existência de um considerável número de indivíduos com múltiplos fustes, com bifurcação abaixo de 1,30 m do solo no T1, (29%), é indicativo de que o crescimento inicial das árvores ocorreu em condições ambientais de estresse, como a exposição à luz solar intensa e ao calor em fase mais juvenil ou ainda indicação de que existem variações de material genético dentro da população (DENNEY et al., 2020).

#### 4.1.5. Sanidade de fuste

As espécies não apresentaram problemas na fitossanidade, não existem indícios que relacionam a alta mortalidade das espécies com ataque por pragas ou doenças, constatando-se até ao momento que as condições não propiciam a proliferação de pragas e doenças. LE et al. (2020), referiram que plantios mistos de espécies nativas, estruturalmente assemelham-se à florestas tropicais naturais, pois tendem a estabelecer um equilíbrio entre as diferentes constituintes do ecossistema na medida que reduz morte das árvores por ataque de pragas e/ou doenças.

#### 4.1.6. Cobertura e qualidade da copa

Cerca de 75% dos indivíduos sobreviventes apresentaram a copa bem formada e densa, contudo o T2 apresentou áreas com maior percentagem de clareiras, reflexo da baixa densidade dos indivíduos, contribuindo desta forma para a diferenciação da percentagem de cobertura do solo. Contudo, observa-se uma redução na dominância de gramíneas nas áreas de plantio comparativamente as áreas abertas. Nota-se que a área basal foi uma das variáveis mais importantes nas funções discriminantes desse tratamento, refletindo o espaço vital disponível para o crescimento dessa variável.

A combinação de pioneiras de copa curta (*S. parahyba* e *S. multijuga*) como grupo de plantio (preenchimento), e secundárias iniciais de copa larga (*A. glandulosa* e *I. marginata*) como grupo de diversidade (Almeida, 2016), sombreou e protegeu os estratos inferiores, favorecendo a formação de sub-bosque denso. Catterall (2020) ressalta que espécies pioneiras são facilitadoras pois recriam o ambiente favorável para o desenvolvimento do sub-bosque, inibindo o crescimento de plantas indesejáveis.

As espécies *S. multijuga* e *M. bimucronata* são recomendadas para áreas degradadas da região bioclimática de Paranaguá, litoral norte paranaense (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 2006). Mattar (2019) e Schaffer et al. (2020), encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo, os quais demonstraram que na região estas espécies em plantio

adensado misto permaneceram no sistema entre 10 e 14 anos. Pelo tempo de vida no sistema e a estrutura dos indivíduos adultos plantados, podemos aferir que estas espécies cumpriram seu papel ecológico na sucessão inicial pelo rápido crescimento, sombreamento, por propiciar a recuperação do solo através de deposição de matéria orgânica, abrigo para a fauna generalista e pela contribuição no incremento de diversidade. Assim sendo, Andrade et al. (2018) referem que a permanência de espécies plantadas no sistema ao longo dos anos cria condições para o desenvolvimento de outras espécies que dependem principalmente de maior sombreamento e de uma melhor condição do solo para seu desenvolvimento.

## 4.2. Variáveis biométricas quantitativas

### 4.2.1. Circunferência, altura e volume

Existem poucos estudos de florestas plantadas com espécies nativas em áreas em restauração que monitoram o crescimento em intervalos de tempo de cinco ou mais anos. Embora tivessem a mesma idade (população equiânea), a amplitude elevada no CAP (cm), H (m) e V(m<sup>3</sup>) entre árvores da mesma espécie no mesmo tratamento indica heterogeneidade no crescimento, mesmo em condições de solo homogêneo. Contudo, as variáveis permaneceram indiferentes quando comparadas entre os tratamentos em uma mesma espécie, que segundo Costa et al. (2015) esta é uma característica comum em áreas de plantação nos trópicos. Nota-se, que essas variáveis tiveram carregamentos consideráveis nas funções discriminantes.

O domínio de *C. myrianthum* no EI e a ausência de *S. parahyba* no ES indica que esta espécie exige solos com boa fertilidade e drenagem, como relataram Cardoso et al. (2012), sendo inadequado o plantio em solos rasos ou com baixa fertilidade, como o que ocorre na presente área.

Shimamoto et al. (2016), constataram que o ritmo de crescimento de *C. myrianthum* é mais sensível às alterações das estações do ano, pois o crescimento em circunferência é maior em dias mais longos nas estações mais quentes do ano. As espécies não pioneiras como *C. myrianthum*, *I. laurina* e *I. marginata* revelaram melhor desempenho em sucessão florestal mais avançada, apresentando menor e mais lento crescimento em relação às demais espécies.

A *I. laurina* e *I. marginata* apresentaram valores inferiores à *I. edulis*, embora pertençam ao mesmo gênero e classe de sucessão, também apresentaram comportamento diferenciado em condições de plantio adensado no T1 e T2. Esta variação pode sugerir que as diferentes espécies possuem requerimentos ecológicos distintos e que respondem de maneira desigual aos estímulos ambientais (SALOMÃO et al., 2014).

Almeida (2016), refere tais espécies como secundárias iniciais que necessitam de baixa luminosidade ou sombreamento médio para seu desenvolvimento. Contudo, o melhor desenvolvimento de *I. edulis* em CAP (cm) e H (m) sugere que tenha se beneficiado das condições de plantio no T1, sendo mais tolerante e competitiva ao sombreamento acima da média que *I. laurina* e *I. marginata*, situação reduzida no T2 pela mortalidade de *S. multijuga* e *M. bimucronata* que abriram espaço para mais clareiras, permitindo uma maior entrada de luz.

Brancalion et al. (2015) afirmaram que a competição inicial é de ordem física, pelo espaço e ocorre em pequenas áreas, intensificando a competição por luz, favorecendo o crescimento da planta na fase inicial. Em seguida, o ciclo de



desenvolvimento ocorre sob influência da diminuição da luminosidade, onde espécies mais tolerantes à sombra iniciam o seu crescimento (CHAZDON, 2016). Neste momento, o processo de restauração envolve o desenvolvimento da estrutura florestal, a criação de relações de coexistência, diferenciação e o estabelecimento das funcionalidades entre espécies para manter a sustentabilidade local da floresta (FERRAZ et al., 2020).

Independentemente da idade e do tratamento do plantio, as espécies, do estudo apresentaram crescimento relativamente baixo nas variáveis biométricas quantitativas em comparação aos estudos realizados em outros fragmentos de FODTB. Donha (2016) registrou valor médio de CAP para *A. glandulosa* de 109 cm e H (m) de 11,54 m. Os resultados do presente estudo são inferiores em função das condições do solo da área ser ácido e propenso a períodos longos de saturação hídrica, além de ter um histórico de degradação iniciado pelo desmatamento seguido do uso intensivo com pastagem de búfalos, o que contribuiu para a compactação e redução da sua fertilidade (CARDOSO et al., 2012). Ferreira (2006) em seu estudo no Cerrado em plantio com 13 anos, em solos de predomínio de textura média e com pH 5,5 a 6,9, registrou valores superiores aos do presente estudo para *I. marginata* (CAP=70,5 cm e H=7,0 m), *M. bimucronata* (CAP=40,2 cm e H=7,6 m) e *S. multijuga* (CAP=33,5 cm e H=7,6 m).

#### 4.3. Análise de discriminante

A análise multivariada identificou a relação existente entre variáveis biométricas qualitativas e quantitativas e quais as espécies com maior similaridade entre si, observando-se a formação de 4 grupos em ambos os tratamentos. Os diferentes grupos são resultado da heterogeneidade no crescimento das espécies arbóreas, que é característica comum em plantios das regiões tropicais (SHIMAMOTO et al., 2016). Por outro lado, a formação dos mesmos grupos, seja para o T1 ou T2, segundo Costa et al. (2015) é indicio de que algumas espécies, quando submetidas a condições diferentes daquelas encontradas naturalmente, podem passar por uma mudança de comportamento ecológico para suportarem as condições adversas do ambiente e assim garantir maior tempo de sobrevivência no sistema.

Segundo Chazdon (2016), espécies nativas arbóreas diferentes na floresta tropical exploram diferentes nichos ecológicos em relação ao ambiente a qual estão inseridas, e como comunidade lenhosa os indivíduos distribuem-se em diferentes estratos da floresta.

Neste estudo, as espécies *A. glandulosa*, *I. edulis*, *M. coriacea* e *S. multijuga*, embora de grupos diferentes, foram as que exploraram melhor o nicho ecológico do ES (ps) com alta L% resultando em valores acima da média para CAP e H.

Donha (2016), descreveu que existe uma relação entre altura e diâmetro, e essa evidência com a idade dos indivíduos. Contudo, estas variáveis são também influenciadas por diversos fatores, resultando em competição inter e intraespecífica permitindo comportamentos diferenciados. Este comportamento foi observado nas espécies *C. myrianthum*, *I. laurina* e *I. marginata*, pois estas tiveram melhor desempenho em áreas com o nicho ecológico mais sombreado do que *H. alborneoides* e *S. parahyba*.

O fato do plantio em T2 ter sido constituído em 68,8% por *I. edulis* (NP e SI) e *S. multijuga* (P) e 19,2% com *M. bimucronata* (P) a mais que T1, gerou um gradiente de densidade diferente entre os tratamentos, principalmente

após a mortalidade elevada dos indivíduos de *S. multijuga* e *M. bimucronata*. A priori estas pioneiras de rápido crescimento teriam um ciclo de vida curto, contudo, neste experimento o nível de degradação dos solos além de reduzir o crescimento das variáveis biométricas quantitativas, também acelerou a saída destas espécies do sistema.

Segundo Almeida (2016), a redução da densidade no plantio origina clareiras, permitindo precocemente mais entrada de luz em áreas de plantio, e a retomada da fase inicial de sucessão, retardando assim a evolução da sucessão florestal em área em restauração, conforme foi observado em T2.

Nestas circunstâncias, o tratamento T1, foi o que mais se aproximou das características de uma floresta nativa no conjunto das 9 variáveis analisadas, pois promoveu um maior desenvolvimento heterogêneo entre indivíduos e espécies do plantio. Brancalion et al. (2015) revelaram que a expressiva redução de densidade e riqueza ao longo da sucessão influencia o crescimento dos indivíduos de espécies secundárias iniciais que necessitam consolidar e amadurecer em condições de menor irradiação solar (mais sombreadas).

Os resultados do presente estudo refletem como ocorre o processo de consolidação de espécies em florestas nativas, demonstrando a importância do dossel inicial na estruturação da floresta e a necessidade que este se desfaça gradualmente, formando poucas e pequenas clareiras regularmente espalhadas. Esse dossel inicial promove nestas áreas uma condição microclimática para que as espécies secundárias iniciais pré-existentes no sub-bosque se desenvolvam em ambiente sombreado, com densidade adequada e se distribuam pela área, tal que os indivíduos jovens com porte pequeno não sejam agredidos pela forte irradiação prejudicando o seu desenvolvimento. Por outro lado, o plantio adensado promoveu a competição, impulsionando o desenvolvimento inicial dos indivíduos e encontra-se na fase de estruturação da floresta, fenômeno que está decorrendo em período relativamente menor ao esperado (14 anos de pós-plantio), comparado a outras áreas em restauração.

#### 5. CONCLUSÕES

A proporção dos indivíduos plantados por espécie influenciou na sobrevivência das espécies e na biometria das espécies, sendo o tratamento T1 o que propiciou um desenvolvimento mais heterogêneo no conjunto das variáveis biométricas ps, L%, H e CAP.

O plantio adensado misto com número reduzido de espécies, em ambos os tratamentos avaliados promoveram a formação de uma floresta estratificada.

Embora o desempenho silvicultural das espécies seja relativamente baixo para as variáveis biométricas quantitativas em comparação aos demais estudos realizados ao longo da FODTB, recomenda-se o T1 como estratégia a ser adotada para os programas de recuperação de áreas degradadas em condições edafoclimáticas semelhantes às da planície litorânea paranaense.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico Profissional e Instituto de Bolsas de Moçambique pelo apoio financeiro. À Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental pela concessão da área de estudo e apoio logístico, a EMBRAPA, em especial os pesquisadores que implantaram o

experimento Antônio Aparecido Carpanezzi e Edinelson José Maciel Neves e a Universidade Federal do Paraná – Departamento de Ciências Florestais.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. de. **Alguns princípios de sucessão natural aplicados ao processo de recuperação**. 3 ed. Ilhéus-BA: Editus, 2016. 200p.
- ANDRADE, G. K. O.; FERREIRA, R. A.; FERNANDES, M. M.; SILVA, T. R.; SOUZA, I. B. A.; MAGALHÃES, J. S. Regeneração natural em área de reflorestamento misto com espécies nativas no município de Laranjeiras, SE. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belem, v. 61, p. 1-9, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2779>.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. do; SILVA FILHO, D. F. da. **Quantificação de recursos florestais – árvores, arvoredos e florestas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 384p.
- BECHARA, F. C.; DICKENS, S.; FARRER, E. C.; LARIOS, L.; SPOTSWOOD, E. N.; MARIOTTE, P. SUDING, K. N. Neotropical rainforest restoration: comparing passive, plantation and nucleation approaches. **Biodiversity and Conservation**, Switzerland, v. 25, n. 11, p. 2021-2034, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-016-1186-7>.
- BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de textos, 2015. 432 p.
- BROADHURST, L.; DRIVER, M.; GUJA, L.; NORTH, T.; VANZELLA, B.; FIFIELD, G.; BRUCE, S.; TAYLOR D.; BUSH D. Seeding the future: The issues of supply and demand in restoration. **Ecological Management & Restoration**, v. 16, p. 29-32, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/emr.12148>.
- BRUEL, B. O.; MARQUES, M. C. M.; BRITTEZ, R. Survival and Growth of Tree Species under Two Direct Seedling Planting Systems. **Restoration Ecology**, v. 18; n. 4, p. 414-417, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1526100X.2009.00634.x>.
- CARDOSO F. C. G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. M. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant and Soil**, Holland, v. 354, n. 1-2, p. 269-281, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-1063-9>.
- CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná: em solos não degradados**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2006. 57p. (Documentos, 136)
- CATTERALL, C. P. Influencing Landscape-Scale Revegetation Trajectories through Restoration Interventions. **Current Landscape Ecology Reports**, Switzerland, v. 5, p. 116-126, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/doi:10.1007/s40823-020-00058-5>
- CHAZDON, R. L. **Renascimento de Florestas: regeneração na era do desmatamento**. São Paulo: Oficina de textos, 2016. 432 p.
- COSTA, M. S.; FERREIRA, K. E. B.; BOTOSSO, P. C.; CALLADO, C. H. Growth analysis of five Leguminosae native tree species from a seasonal semideciduous lowland forest in Brazil. **Dendrochronologia**, v. 36, p. 23-32, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2015.08.004>.
- COTARELLI, V. M. L.; NEVES, E. J. M.; CARPANEZZI, A. N.; SEOANE, C. E.; BRITTEZ, R. M. Comportamento de cinco espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica na restauração de áreas degradadas por pastagens em relevo de planície do litoral do Paraná, Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 7., 2008, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 147-162.
- CROWLEY, M. J. **The R book**. 2nd. West Sussex, UK: Wiley, 2012. 1080p.
- DENNEY, D. A.†; JAMEEL, M. I.†; BEMMELS, J. B.; ROCHFORD, M. E.; ANDERSON, J. T. Small spaces, big impacts: contributions of micro-environmental variation to population persistence under climate change. **AoB Plants**, v. 12, n. 2, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plaa005>.
- DONHA, C. G. **Dinâmica de crescimento e estoque de biomassa, carbono e nutrientes em espécies arbóreas da floresta atlântica no sul do Brasil**. 205 f. Tese (Doutoramento em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- FERRAZ, S.; BRANCALION, P. H. S.; GUILLEMOT, J.; MELI, P. On the need to differentiate the temporal trajectories of ecosystem structure and functions in restoration programs. **Tropical Conservation Science**, v. 13, p. 1-6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/1940082920910314>.
- FERREIRA, C. W. **Estabelecimento de mata ciliar de áreas degradadas e perturbada**. Dissertação. 133 f. (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras. 2006.
- FERRETI, A. R.; BRITTEZ, R. M. A restauração da floresta Atlântica no litoral do estado do Paraná: os trabalhos da SPVS. In: GALVÃO, A. P. M.; SILVA, P. (Ed.). **Restauração Florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 87-102.
- LE, H. D.; SMITH, C.; HERBOHN, J.; NGUYEN, H. A Comparison of Growth, Structure and Diversity of Mixed Species and Monoculture Reforestation Systems in the Philippines. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 40, n.4, p. 1-30, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/10549811.2020.1767145>.
- MACKEY, B.; KORMOS, C. F.; KEITH, H.; MOOMAW, W. R.; HOUGHTON, R. A.; MITTERMEIER, R. A.; HOLE, D.; HUGH, S. Understanding the importance of primary tropical forest protection as a mitigation strategy. **Adaptation Strategies for Global Change**, v. 25, p. 763-787, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09891-4>.
- MATTAR, E. A. **Regeneração natural em plantio misto de seis espécies arbóreas nativas na planície litorânea paranaense**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- MATTOS, R. B.; DURLO, M. A.; LÚCIO, A. D. Possibilidades de ganho de fuste em espécies euxilóforas nativas da região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p.111-120, 2003. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981747>
- MENDONÇA, G. C. de.; CHICHORRO, J. F.; MENDONÇA, G. C.; GUIMARÃES, L. A. O. P. Avaliação silvicultural de dez espécies nativas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p.

277-290, 2017. DOI:  
<https://doi.org/10.5902/1980509826466>.

- R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 22 ago. 2021
- SALOMÃO, R. P.; JÚNIOR, S. B.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 1-24, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000100001>.
- SANTOS, F. A. M. dos.; LELES, P. S. dos S.; RESENDE, A. da S.; NASCIMENTO, D. F. do.; SANTOS, G. R. dos. Estratégias de controle de braquiárias *Urochloa* spp. na formação de povoamento para restauração florestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 29-42, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509825559>.
- SCHÄFFER, L. H.; MATTAR, E. A.; NAKAJIMA, N. Y.; SILVA, S. A.; BORGES, R. A.; BORGES, A. V. P.; CARPANEZZI, A. A.; NEVES, E. J. M.; ANGELO, A. C.; DE BRITTEZ, R. M. Crescimento de espécies arbóreas nativas em recuperação de área degradada no litoral do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 40, p. 1-9, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.4336/2020.pfb.40e201801680>.
- SILVEIRA, S. B.; NEVES, E. J. M.; CARPANEZZI, A. A.; BRITTEZ, R. M. Avaliação silvicultural de *Rapanea ferruginea* e *Citharexylum myrianthum* plantadas em pastagens abandonadas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 99-102, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.410>.
- SHIMAMOTO C. Y.; BOTOSSO P. C.; AMANO, E.; MARQUES, M. C. M. Stem growth rhythms in trees of a tropical rainforest in Southern Brazil. **Trees**, Switzerland, v. 30, p. 99-111, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-015-1279-z>.
- SUGANUMA, M. S.; TOREZAN, J. M. D.; DURIGAN, G. Environment and landscape rather than planting design are the drivers of success in long-term restoration of riparian Atlantic Forest. **Applied Vegetation Science**, v. 21, n. 1, p. 76-84, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/avsc.12341>.
- TRETIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831647>.
- VALLADARES, F.; LAANISTO, L.; NIINEMETS, Ü.; ZAVALA, M. A. Shedding light on shade: ecological perspectives of understory plant life. **Plant Ecology & Diversity**, v. 9, n. 3, p. 237-251, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17550874.2016.1210262>.
- ZHANG, R.; TIELBÖRGER, K. Density-dependence tips the change of plant-plant interactions under environmental stress. **Nature Communications**, London, v. 11, e2532, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-16286-6>.