

Artigos

Viabilidade técnica do uso de *Swietenia macrophylla* e *Theobroma grandiflorum* em sistema agroflorestal

Technical feasibility of the use of *Swietenia macrophylla* and *Theobroma grandiflorum* in agroforestry system

Rafael Moysés Alves^I 
Saulo Fabrício da Silva Chaves^{II} 
Leticia Maria Viana Negrão^{III} 

^IEmbrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, Brasil

^{II}Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

^{III}Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil

RESUMO

Uma das principais dificuldades na implantação dos sistemas agroflorestais está na escolha das espécies componentes. Esta pesquisa objetivou verificar a viabilidade de utilização de duas espécies amazônicas em sistema agroflorestal, quantificando a possível interferência da espécie dominante (mogno-brasileiro) sobre a espécie do dossel inferior (cupuaçuzeiro). O experimento foi conduzido por 14 anos, em uma propriedade comercial em Tomé-Açu, PA. Foram estabelecidos quatro níveis de espaçamento entre as árvores de cupuaçuzeiro e mogno: Nível 1 = 2,3 m; Nível 2 = 5,5 m; Nível 3 = 7,3 m; Nível 4 = 8,8 m. Avaliaram-se o desenvolvimento vegetativo inicial do cupuaçuzeiro, a produção durante 12 safras e a taxa de mortalidade. Para o mogno, mensurou-se o vigor das plantas e realizaram-se estimativas de produção de madeira. Ademais, estimaram-se alguns parâmetros morfométricos para verificar a adaptação do mogno ao ambiente de SAF e sua influência sobre o cupuaçuzeiro. Os resultados demonstraram que o cupuaçuzeiro teve um bom desenvolvimento vegetativo, mostrando não ter sido prejudicado pela competição com as árvores de mogno. A produção de frutos também não foi afetada pelo consórcio, assim como não houve diferenças nas taxas de mortalidade nos diferentes níveis de proximidade das espécies. O mogno teve crescimento vigoroso, beneficiado pelos tratamentos culturais dispensados, normalmente, em pomares de cupuaçuzeiro, como adubação anual e aporte hídrico. Pelas evidências obtidas, conclui-se que o SAF constituído por mogno-brasileiro e cupuaçuzeiro, nos espaçamentos aqui utilizados, oferece condições apropriadas ao desenvolvimento de ambas as espécies, e poderá ser uma alternativa aos sistemas de produção convencionais na Amazônia, bem como para incrementar a restauração de áreas antropizadas com espécies nativas.

Palavras-chave: Cupuaçuzeiro; Mogno-brasileiro; Sistemas de uso do solo

ABSTRACT

One of the main difficulties in implementing agroforestry systems is the choice of component species. This research aimed to verify the feasibility of using two Amazonian species in an agroforestry system, quantifying the possible interference of the dominant species (Brazilian mahogany) on the lower canopy species (cupuassu tree). The experiment was conducted for 14 years, on a commercial property in Tomé-Açu, PA. Four levels of spacing between cupuassu tree and mahogany trees were established: Level 1 = 2.3 m; Level 2 = 5.5 m; Level 3 = 7.3 m; Level 4 = 8.8 m. The initial vegetative development of the cupuassu tree, the production during 12 harvests, and the mortality rate were evaluated. For mahogany, the vigor of the plants was measured and wood production estimates were made. In addition, some morphometric parameters were estimated to verify the adaptation of mahogany to the SAF environment and its influence on cupuassu tree. The results showed that the cupuassu tree had a good vegetative development, showing that it was not harmed by the competition with the mahogany trees. Fruit production was also not affected by the consortium, just as there were no differences in mortality rates at different levels of species proximity. Mahogany grew vigorously, benefiting from the cultural treatments normally provided in cupuassu tree orchards, such as annual fertilization and water supply. Based on the evidence obtained, it can be concluded that the SAF made up of Brazilian mahogany and cupuassu tree, in the spaces used here, offers appropriate conditions for the development of both species, and could be an alternative to conventional production systems in the Amazon, as well as, to increase the restoration of anthropized areas with native species.

Keywords: Cupuassu tree; Brazilian mahogany; Soil use systems

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAF) são sistemas tradicionais ancestrais de uso da terra que têm sido utilizados pelas populações ribeirinhas dos rios amazônicos, sobretudo na forma de quintal e pomar doméstico, e vêm sendo aperfeiçoados ao longo do tempo (MILLER; NAIR, 2006). Esses sistemas são uma importante alternativa à monocultura, opondo-se à artificialização do ambiente ao integrar diferentes espécies vegetais e, às vezes, animais, promovendo a diversificação do cultivo e otimização do uso do solo (PALUDO; COSTABEBER, 2012).

Diversos benefícios no uso dos SAFs podem ser destacados, que perpassam desde fatores ambientais até fatores socioeconômicos. Ressalte-se o grande potencial no sequestro de carbono, sendo considerado como um dos sistemas mais eficientes nesta ação (FROUFE; RACHWAL; SEOANE, 2011; LORENZ; LAL, 2014). Além disso, esse tipo de sistema intensifica o rendimento de uso da terra, por utilizar vários

componentes que, teoricamente, utilizariam espaços diferentes, agrupando-os em um mesmo local (TORRALBA *et al.*, 2016). Dessa forma, há um retorno financeiro escalonado e diversificado tanto durante o ano quanto durante o período em que o sistema ocupar a área (ARMENGOT *et al.*, 2016).

No Estado do Pará, o município de Tomé-Açu tem sido referência na utilização de SAFs, sobretudo aqueles que visam retorno econômico. Neles, a utilização do cupuaçuzeiro e do mogno-brasileiro, as duas espécies envolvidas neste estudo, é bastante frequente (BARROS *et al.*, 2009).

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) é uma espécie arbórea frutífera, nativa da Amazônia. O fruto apresenta dois produtos de valor comercial: as amêndoas e a polpa que as recobre. A polpa, ácida e com aroma intenso, é utilizada principalmente na indústria alimentícia para fabricação de sucos e doces (PUGLIESE *et al.*, 2013). As amêndoas prestam-se tanto à indústria alimentícia, principalmente na fabricação do cupulate, o chocolate de cupuaçu, quanto para indústria cosmética e farmacêutica, dadas suas propriedades antioxidantes (GONÇALVES; LAJOLO; GENOVESE, 2010).

O mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King.) é uma espécie florestal nativa de regiões tropicais, como alguns países da Ásia, América Central e do Sul (MOGHADAMTOUSI *et al.*, 2013). Em condições de mata nativa, apresenta porte avantajado, que pode atingir 70 metros de altura, com até 3,5 metros de diâmetro. Nessa espécie, a madeira é muito valorizada, principalmente no mercado internacional, por se prestar à fabricação de inúmeros produtos (KRISNAWATI; KALLIO; KANNINEN, 2011). Essa valorização fez com que a espécie fosse intensamente explorada, o que causou a remoção de, aproximadamente, 95% dos indivíduos adultos das florestas primárias, sem que houvesse a devida reposição (FREE *et al.*, 2014). Portanto, a utilização da espécie em SAFs torna-se uma opção apropriada, tendo em vista a necessidade urgente de adoção de sistemas alternativos de exploração em que espécies agrícolas componentes poderão dar suporte econômico ao produtor, durante o longo período

de imaturidade da espécie florestal (VIÉGAS *et al.*, 2012). No Brasil, a exploração de mogno-brasileiro está condicionada ao Decreto 4.722/2003 (BRASIL, 2003).

Os benefícios indiretos promovidos pelos SAFs, como mencionado anteriormente, muitas vezes não são levados em consideração pelo produtor, quando este se encontra na fase de planejamento da atividade (TSONKOVA *et al.*, 2012), necessitando, primordialmente, que haja viabilidade econômica. Para que isso aconteça, é fundamental a escolha correta das espécies e variedades que compõem os sistemas, especialmente, que sejam adaptadas à região de cultivo e à competição promovida pelo consórcio. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho e a interação entre mogno-brasileiro e cupuaçuzeiro, visando atestar a viabilidade biológica deste consórcio.

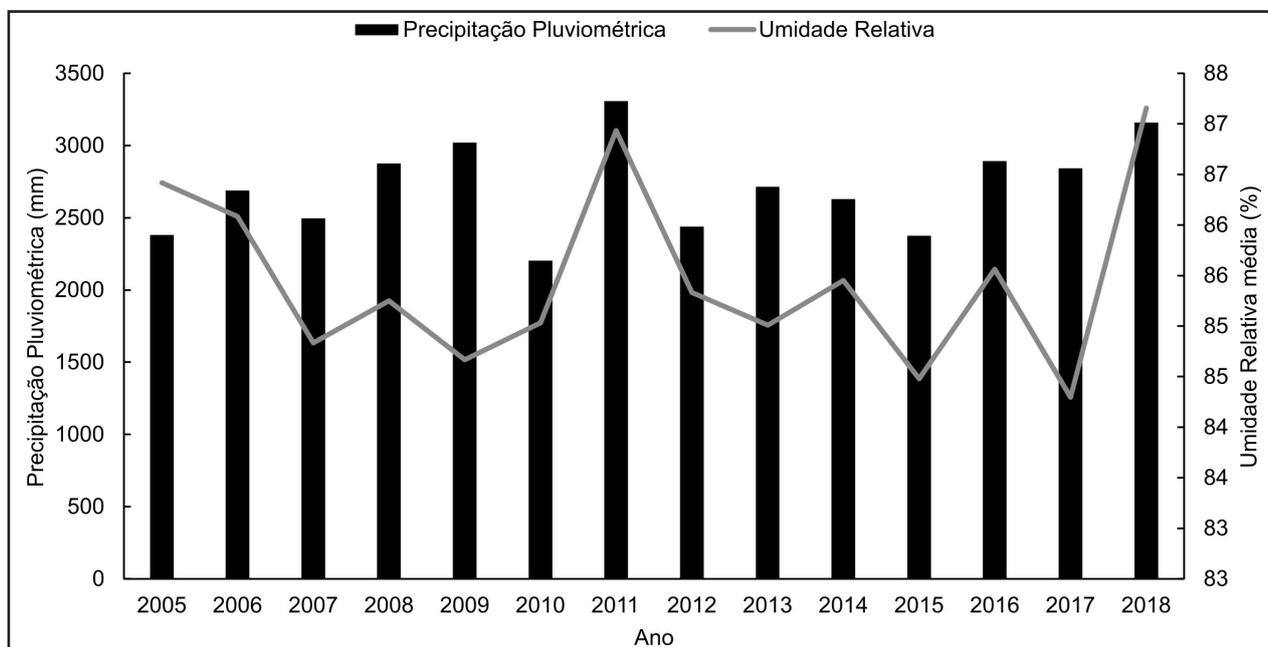
2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, no período de 2005 a 2019, em plantio comercial numa pequena propriedade rural no município de Tomé-Açu, Estado do Pará. Esse município apresenta tipo climático Ami, pela classificação de Köppen, e B2 rAa' na classificação de Thornthwaite. O solo é do tipo Latossolo Amarelo, apresentando elevada acidez e baixa fertilidade natural. Possui, ainda, granulometria média a grossa, com elevação gradativa do teor de argila nas camadas subsuperficiais.

A Figura 1 retrata a distribuição de chuvas e umidade relativa do ar no decorrer dos 14 anos do ensaio. Verificou-se determinados anos com precipitação pluviométrica acima de 3.000 mm, e anos menos chuvosos, com pouco mais de 2.000 mm. A umidade relativa do ar também variou ao longo dos anos, porém, sempre foi superior a 84%.

O SAF foi instalado, inicialmente, com três espécies, plantadas simultaneamente após limpeza mecânica da área: mogno-brasileiro, a espécie florestal, em espaçamento 20 m x 10 m; cupuaçuzeiro, a espécie agrícola, com plantas espaçadas em 5 m x 5 m; e maracujazeiro (*Passiflora edulis* L.), a cultura temporária, em espaçamento 5 m x 2,5 m. Esta última foi retirada da área após o terceiro ano de campo, ao finalizar o ciclo produtivo.

Figura 1 – Precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar média na região do município de Tomé-Açu, Pará, durante os 14 anos do experimento



Fonte: Autores (2020)

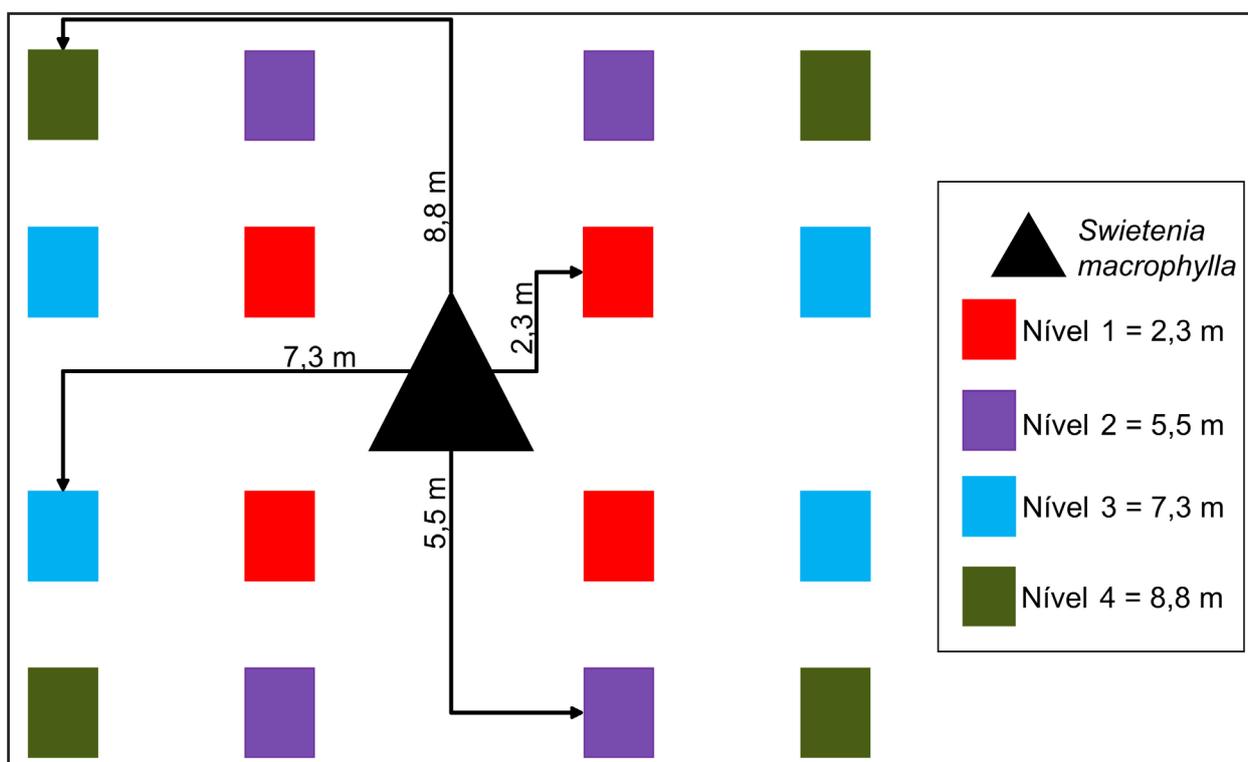
Em que: Estação Agroclimática da Embrapa Amazônia Oriental – Base Física de Tomé-Açu.

Os tratamentos foram estabelecidos em função das distâncias das plantas de cupuaçuzeiro ao mogno-brasileiro, para verificar a possível concorrência promovida pela espécie florestal. Assim, plantas de cupuaçuzeiro foram estratificadas em quatro distâncias das plantas de mogno: Nível 1 = 2,3 m; Nível 2 = 5,5 m; Nível 3 = 7,3 m; Nível 4 = 8,8 m. Compunham cada nível de avaliação quatro plantas de cupuaçuzeiro. Assim, 16 plantas foram mensuradas em relação a cada mogno, totalizando 320 plantas de cupuaçuzeiro no ensaio. Das 48 árvores de mogno plantadas, uma amostra de 20 plantas foi utilizada, pois atendia aos requisitos do modelo de distribuição dos quatro níveis no campo (Figura 2).

As avaliações do cupuaçuzeiro tiveram início no segundo ano das plantas no campo, considerando como variáveis de resposta: altura da planta (m) e diâmetro do caule a 50 cm do solo (cm). Durante 12 safras foram mensurados: o número de frutos

e peso médio de frutos, obtendo-se a estimativa de produção de frutos de cada planta (kg/planta/safra). Também foi estimada a taxa de mortalidade final das plantas de cupuaçuzeiro, nos quatro níveis de proximidade com o mogno.

Figura 2 - Esquema, em campo, de distribuição das plantas do SAF, que definiram os quatro níveis de distância das plantas de cupuaçuzeiro (Nível 1 = 2,3 m; Nível 2 = 5,5 m; Nível 3 = 7,3 m; Nível 4 = 8,8 m), em relação às árvores de mogno-brasileiro

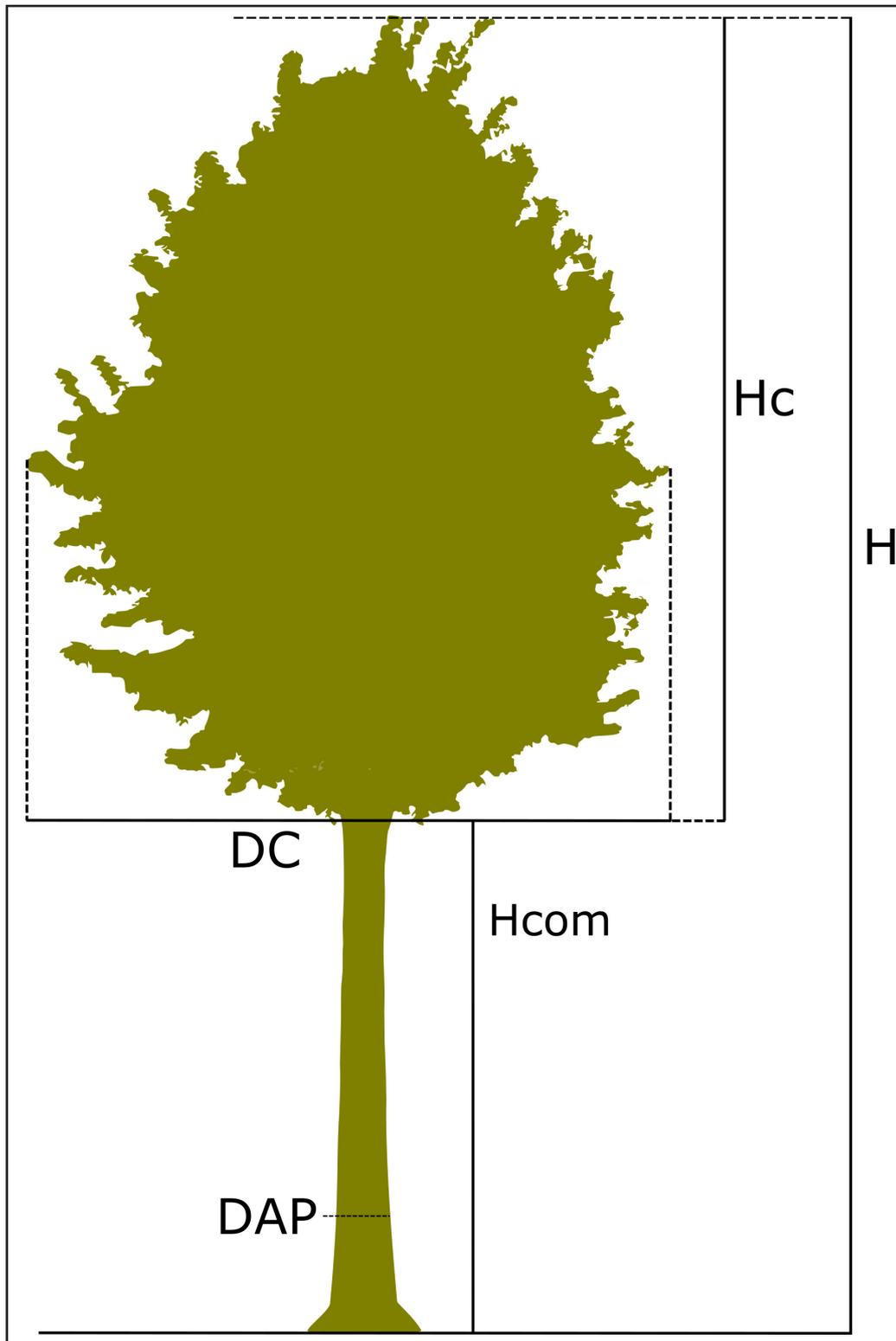


Fonte: Autores (2021)

Nas árvores de mogno-brasileiro, foram mensurados (Figura 3): altura total de planta (H) (m), diâmetro do tronco à altura do peito (DAP) (m) e diâmetro da copa (DC) (m), o qual foi utilizado para cálculo da área da copa (AC) (m²) – Equação (1), bem como a taxa de sobrevivência no campo.

$$AC = \frac{DC^2 * \pi}{4} \quad (1)$$

Figura 3 – Variáveis mensuradas no mogno-brasileiro: altura total da planta (H) (m), altura da copa (Hc) (m), altura comercial (Hcom) (m), diâmetro do tronco à altura do peito (DAP) (cm) e diâmetro de copa (DC) (m)



Fonte: Autores (2021)

Foram mensuradas, nos dois últimos anos, as alturas de copa (H_c) (m) e comercial (H_{com}) (m), a qual foi utilizada para estimação do volume comercial de madeira (VC) (m^3), através da equação proposta por Fernandes *et al.* (2017) (Equação 2):

$$VC = -9,38450 + 2,06586 * \ln(DAP) + 0,72929 * \ln(H_{com}) \quad (2)$$

Nos dois últimos anos, também foram estimados alguns parâmetros para auxiliar na verificação da adaptação das árvores de mogno ao ambiente de cultivo, bem como sua influência sobre o cupuaçuzeiro, por meio da inferência do espaço ocupado por cada indivíduo. Estes parâmetros foram:

- Proporção da copa (PC): indicativo da fração que a copa abrange em relação à árvore, em que, segundo Durlo e Denardi (1998), quanto maior a porcentagem de copa, mais vital e produtiva será a árvore. É estimado por (Equação 3):

$$PC = \frac{H_c}{DAP} * 100 \quad (3)$$

- Grau de esbeltez (GE): afere uma relação entre a altura total da árvore e o DAP, em que uma relação superior à unidade é indicativa de crescimento em diâmetro reduzido em relação à altura (DURLO; DENARDI, 1998). É obtido por meio do estimador (Equação 4):

$$GE = \frac{H}{DAP} \quad (4)$$

- Formal da copa (FC): índice que auxilia na classificação da forma da copa da árvore, permitindo inferências sobre concorrência interespecífica (e intraespecífica em plantios silviculturais), funcionando como critério para marcação de desbastes (BOBROWSKI; BIONDI, 2017). Sua fórmula é (Equação 5):

$$FC = \frac{DC}{H_c} \quad (5)$$

- Índice de abrangência (IA): é uma razão entre o diâmetro da copa e a altura total da árvore. Permite a análise dos diferentes padrões de crescimento ao longo da vida da árvore, quando há priorização para o crescimento vertical ou lateral, sendo, também, indicador de desbaste ao longo da vida do povoamento (DURLO; DENARDI, 1998). É estimado por (Equação 6):

$$IA = \frac{DC}{H} \quad (6)$$

- Índice de saliência (IS): mostra quantas vezes o diâmetro da copa é maior que o DAP. Além de ser, juntamente com IA, um indicativo de estabilidade da árvore no campo, ele também pode ser utilizado como marcador de desbaste caso o critério não seja a idade, mas sim o diâmetro atingido (DURLO; DENARDI, 1998). Seu estimador é (Equação 7):

$$IS = \frac{DC}{DAP} \quad (7)$$

Os dados referentes ao desenvolvimento vegetativo e produção de frutos do cupuaçuzeiro foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguido do teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade. Essas análises foram realizadas no programa estatístico GENES, versão 2014.6.1 (CRUZ, 2016). Os demais dados foram organizados e analisados através das ferramentas do programa Microsoft Excel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase inicial do SAF, não foi observado prejuízo ao desenvolvimento das plantas de cupuaçuzeiro, independentemente do nível de proximidade das árvores de mogno (Tabela 1). Esse comportamento pode ser explicado pelo curto tempo de estabelecimento das espécies no campo. Os anos iniciais configuram-se como um

período de aclimação das plantas às condições edafoclimáticas do cultivo. Por esse motivo, a competição radicular e entre copas é imperceptível, não provocando efeitos relevantes no desenvolvimento vegetativo, como aqui observado. Vale ressaltar que nos primeiros três anos de campo é fundamental que haja sombreamento parcial do cupuaçuzeiro, pois a restrição de luz inibe o sistema reprodutivo, ao mesmo tempo que estimula o desenvolvimento vegetativo, auxiliando a adaptação das plantas ao cultivo (SOUZA, 2007). Neste estudo, além do mogno, o sombreamento parcial foi fornecido pelo maracujazeiro.

Tabela 1 – Dados médios do vigor vegetativo de plantas de cupuaçuzeiro, reportados pela altura da planta e diâmetro do caule, nos dois primeiros anos de campo, em função de quatro níveis de distância das árvores de mogno-brasileiro. Tomé-Açu - PA, 2020

Nível	Altura (m) ¹		Diâmetro (cm) ¹	
1	1,76	a	2,99	A
2	1,75	a	2,99	a
3	1,68	a	2,93	a
4	1,75	a	3,05	a
Média	1,73		2,98	
C.V. (%)	9,39		9,12	

Fonte: Autores (2021)

Em que: Distanciamento no Nível 1 = 2,3 m; Nível 2 = 5,5 m; Nível 3 = 7,3 m; Nível 4 = 8,8 m; ¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, à significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Independente dos níveis de concorrência, acompanhando-se a evolução da produção de frutos do cupuaçuzeiro ao longo das 12 safras avaliadas (Figura 4), observou-se baixa produção nos anos iniciais, fator não relacionado à competição, mas sim às características intrínsecas à espécie. Na maioria dos ensaios, constatam-se incrementos mais acentuados somente após a quarta safra (ALVES *et al.*, 2018a). Neste ensaio, essa tendência confirmou-se, visto que a partir dessa mesma safra

houve um acréscimo substancial na produção, tendo a décima safra como a mais produtiva. A oscilação ao longo dos anos foi promovida, provavelmente, por alterações nas condições climáticas que, em alguns anos, devem ter interferido na floração e frutificação (VENTURIERI, 2011), e em outros favoreceram a disseminação de doenças, principalmente a vassoura de bruxa, com reflexos diretos na produção de frutos.

O comportamento das plantas de cupuaçuzeiro submetidas a maior ou menor concorrência permaneceu relativamente estável ao longo de todas as safras (Figura 4), pois quase não houve diferença na produção de frutos (kg/planta/safra) entre plantas nos quatro níveis, tanto nos anos iniciais de produção como nas últimas safras. Portanto, infere-se que a concorrência foi branda, não interferindo significativamente no desempenho produtivo do cupuaçuzeiro, independentemente das condições durante as safras. A exceção coube às safras 2014/2015 e 2017/2018 em que as plantas de cupuaçuzeiro mais próximas ao mogno tiveram a produção ligeiramente reduzida. Os resultados globais apresentados sugerem que o espaçamento utilizado entre as plantas das duas espécies foi adequado.

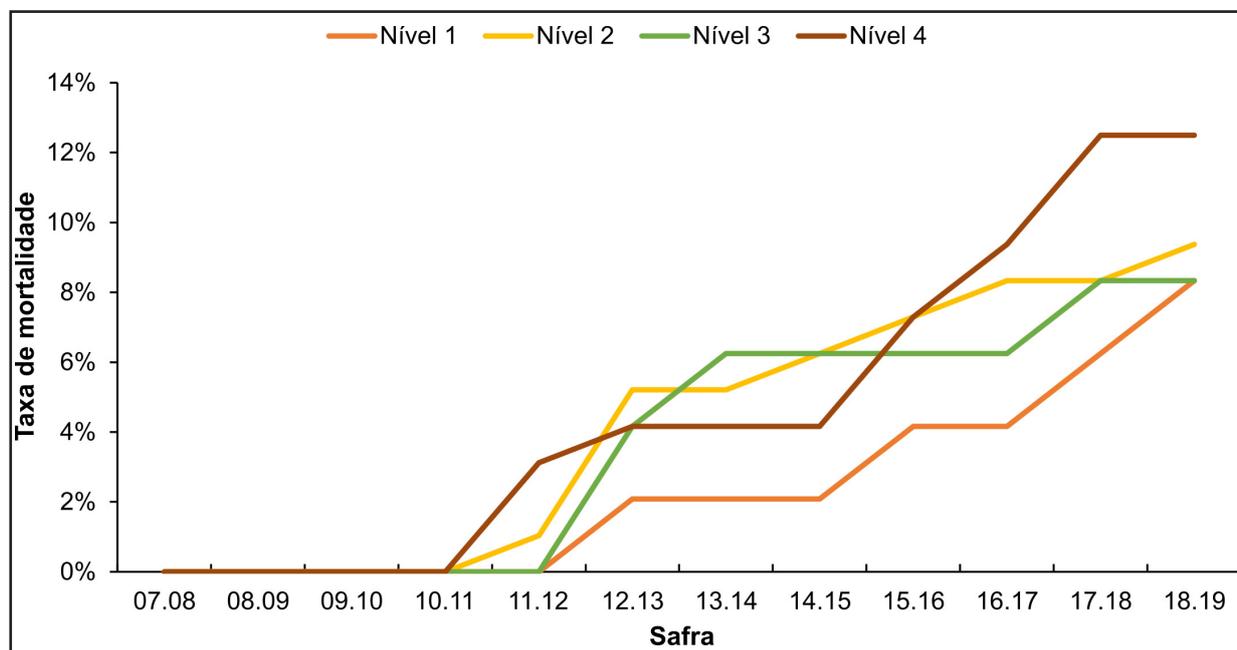
Não foi observada mortalidade de plantas de cupuaçuzeiro nas primeiras quatro safras (Figura 4). A partir dessa etapa, além da vassoura de bruxa (*Moniliophthora perniciosa* Stahel & Phillips-Mora), que já ocorria na área experimental desde os primeiros anos, foi observado o aparecimento de outras duas doenças recorrentes nos pomares de Tomé-Açu, e que podem ocasionar a morte de plantas: morte progressiva, ocasionada pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae* (ALVES *et al.*, 2018b), e a podridão do pé, causada pelo fungo *Phytophthora palmivora*. Essas doenças incidiram nas plantas de forma aleatória dentro do ensaio, provocando, possivelmente, as falhas reportadas. Foram anotadas perdas anuais com taxas médias que variaram de 0,4% a 2,9%.

Não foram encontradas diferenças significativas na mortalidade de plantas localizadas nos níveis mais próximos ao mogno nos oito anos seguintes, o que leva a descartar a hipótese de que as perdas tenham sido provocadas pela concorrência interespecífica. O maior sombreamento provocado pelas árvores de mogno nas plantas de cupuaçuzeiro mais próximas, níveis 1 e 2, aparentemente não favoreceu

o incremento de doenças, o que representa outro indicio do sucesso do consórcio, se comparado com o que foi relatado por Alves *et al.*, (2018a), que encontraram taxas de mortalidade em torno de 20%, nos níveis em que o cupuaçuzeiro ficava mais próximo da espécie do dossel superior (mogno-africano).

A combinação das espécies em um sistema agroflorestal é um fator preponderante para o seu sucesso. Fletcher *et al.* (2012) reiteram a importância tanto da escolha das espécies componentes, quanto do delineamento do sistema, de modo a mitigar a competição sob e sobre o solo. Alves *et al.* (2018a) relatam um consórcio bem balanceado, envolvendo cupuaçuzeiro e outra espécie frutífera, o taperebazeiro (*Spondias mombin* L.), onde houve pouca influência de uma espécie sobre a outra.

Figura 4 – Taxa de mortalidade de plantas de cupuaçuzeiro, no decorrer de doze safras, em função dos quatro níveis de concorrência estabelecidos com o mogno-brasileiro. Tomé-Açu - PA, 2020



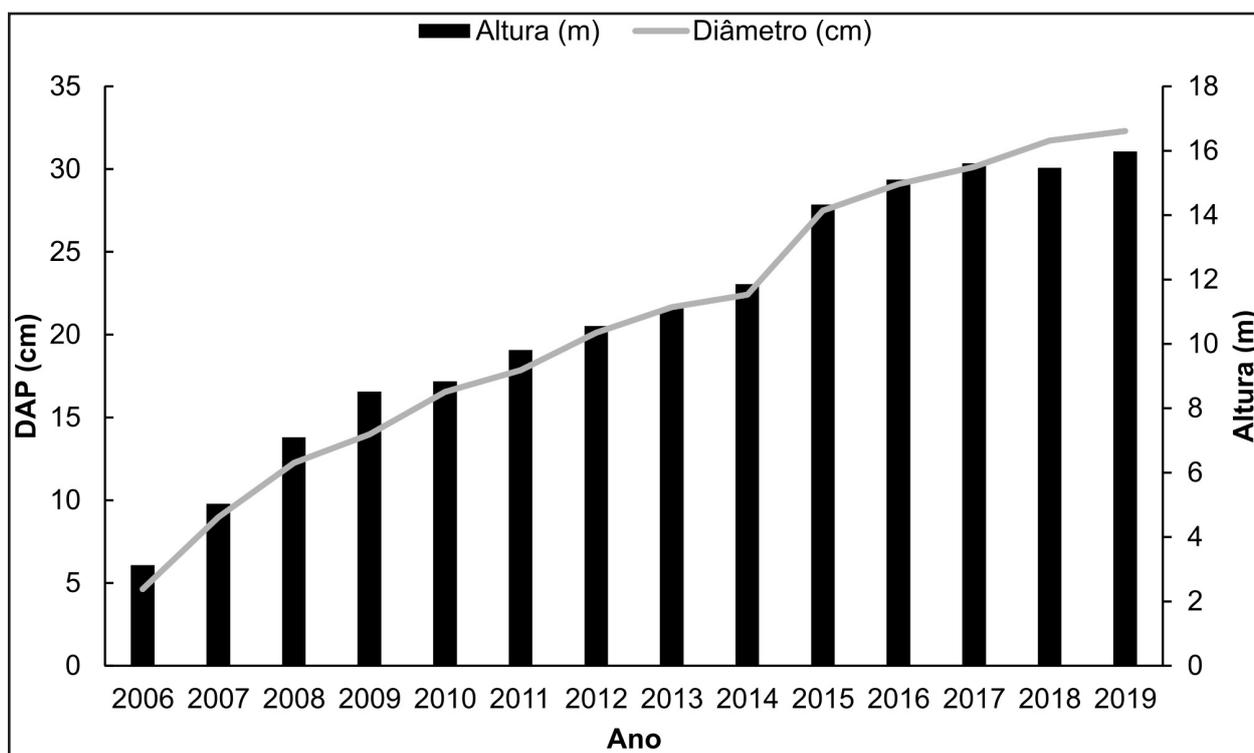
Fonte: Autores (2021)

No primeiro ano de campo, as árvores de mogno atingiram, em média, quase 4 m de altura (Figura 5). O crescimento manteve-se constante, até o quarto ano, quando as árvores atingiram média próxima a 8,5 m. O rápido crescimento do mogno-

brasileiro, verificado nos anos iniciais, está em grande parte relacionado à exposição da copa à radiação solar, também reportado por King, Davies e Noor (2006). Esse rápido desenvolvimento em altura das árvores permitiu, provavelmente, que as plantas não fossem atacadas pela broca (*Hypsipyla grandella*), a qual promove perda da dominância apical, causando superbrotas e, conseqüentemente, redução do volume de madeira comercial (LUNZ *et al.*, 2009). Nos anos seguintes, ainda foram observadas taxas de crescimento positivas, porém mais reduzidas. O incremento médio anual verificado, nos 14 anos de observações, foi de 1,14 m.

O diâmetro à altura do peito (DAP) seguiu o mesmo padrão de crescimento da altura (Figura 5). Entretanto, após os 13 anos de campo, o DAP não estabilizou e continuou apresentando novos incrementos. Esta variável teve taxa de incremento médio anual de 2,3 cm.

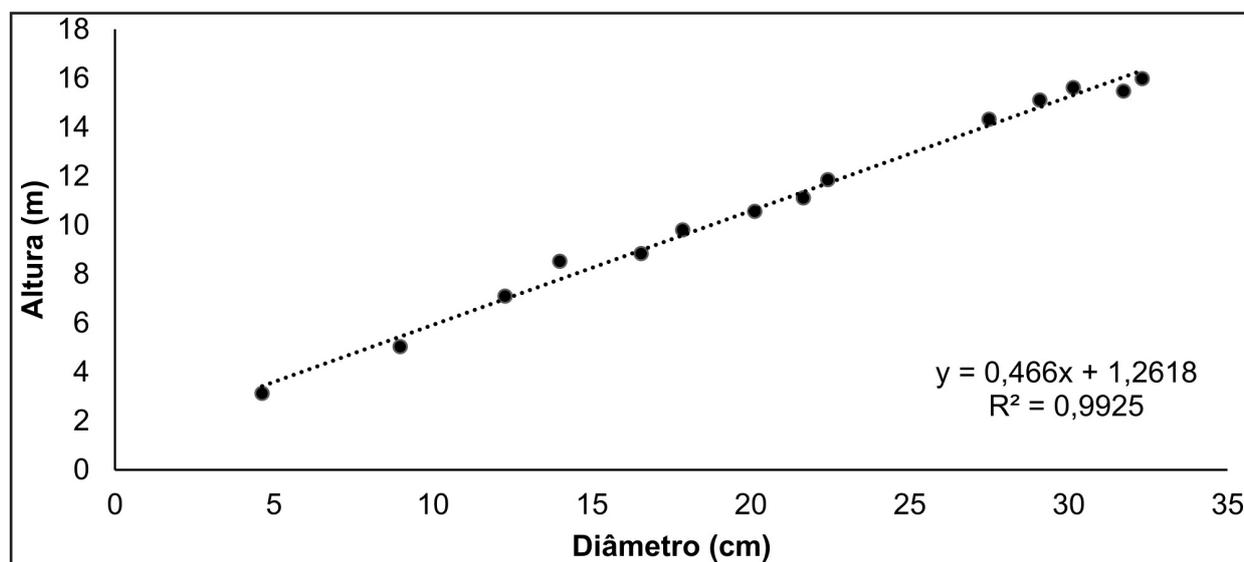
Figura 5 - Desenvolvimento vegetativo do mogno-brasileiro: altura total e diâmetro à altura do peito (DAP), durante 14 anos de avaliação, estabelecido em SAF com cupuaçuzeiro. Tomé-Açu - PA, 2020



Fonte: Autores (2021)

A análise de regressão estabelecida entre essas duas variáveis (Figura 6) corrobora as informações anteriores. Observa-se uma perfeita concordância entre o desenvolvimento em altura e o DAP, representada pelo alto coeficiente de determinação (R^2). Como altura de árvore de grande porte exige o uso de aparelho sofisticado para medi-la, e para medir o DAP basta uma trena, será suficiente coletar o DAP para estimar o vigor da árvore.

Figura 6 – Regressão entre as variáveis “altura total” e “diâmetro à altura do peito”, com dados médios coletados durante 14 anos de avaliação de árvores de mogno, estabelecidas em SAF com cupuaçuzeiro. Tomé-Açu - PA, 2020

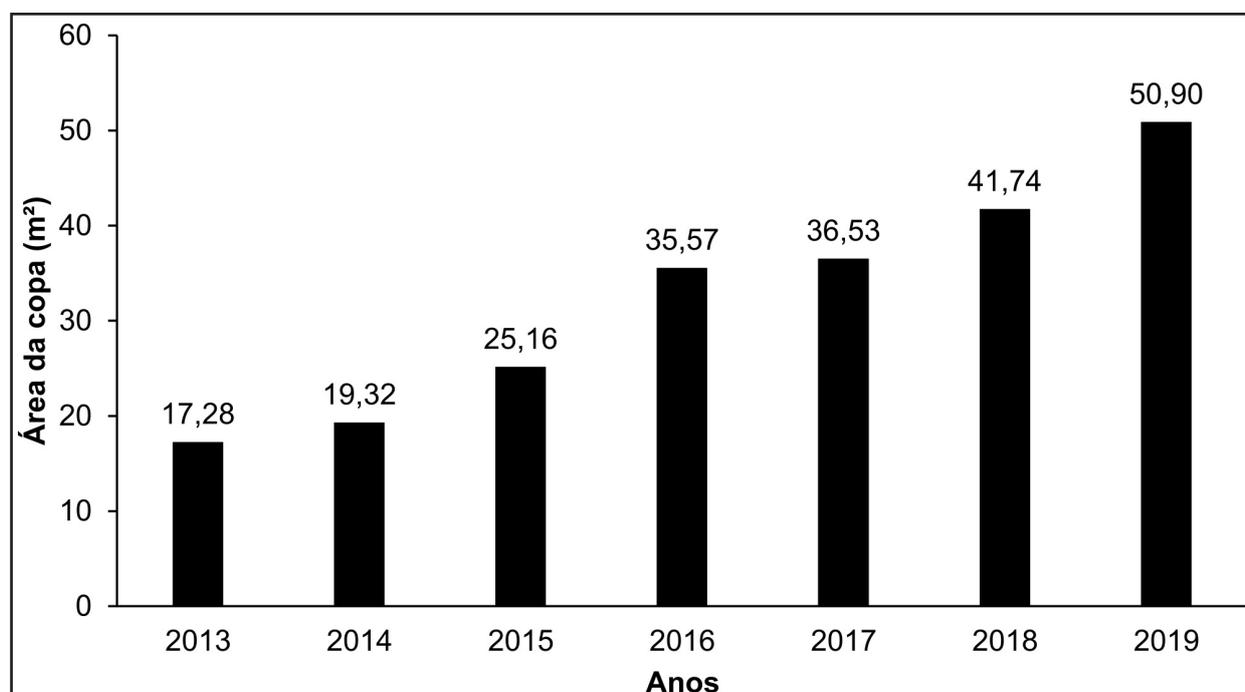


Fonte: Autores (2021)

Observou-se, ao final dos 14 anos de campo, uma taxa de sobrevivência de 79% das árvores de mogno, sendo o tombamento das plantas o principal causador da mortalidade desse componente do SAF. Esse tombamento decorreu, provavelmente, da necessidade de alinhar as árvores no espaçamento do delineamento agroflorestal para permitir entrada de luz, em distâncias superiores ao que teriam em um plantio silvicultural. Assim, durante as ventanias, as árvores não contavam com a sustentação e apoio promovidos pelas árvores vizinhas, devido o distanciamento entre elas, vindo algumas a tombar (COSTA *et al.*, 2009).

Numa condição de SAF, torna-se fundamental conhecer a área que a copa da espécie dominante ocupa, pois essa variável interfere na entrada de luz tangencial no sistema. A área da copa evoluiu de 17 m², no sétimo ano de campo, para 50 m² ao final do ensaio, no décimo terceiro ano (Figura 7). Devido ao fato do mogno brasileiro não ter uma copa tão volumosa e as árvores terem tido crescimento acentuado em altura, atingindo 16 m no décimo quarto (Figura 5), houve possibilidade de entrada satisfatória de luz no dossel inferior do SAF, diminuindo a concorrência com o cupuaçuzeiro.

Figura 7 – Evolução da área da copa (m²) de árvores de mogno-brasileiro estabelecidas em SAF com cupuaçuzeiro, nos sete últimos anos de campo. Tomé-Açu – PA, 2020



Fonte: Autores (2021)

No último ano do ensaio, a altura média comercial do fuste por planta foi de 5 m, correspondendo a 0,37 m³ em volume comercial de madeira (Tabela 2). Como o espaçamento estabelecido de 20 x 10 m resulta numa densidade de 50 árvores por hectare, a estimativa total do volume de madeira de mogno produzida seria de 14,6 m³/ha, já computada a perda pela mortalidade de 21% das árvores, após 14 anos das árvores no campo. Fica evidenciada a potencialidade da espécie na produção de

madeira de alta qualidade, em condições de cultivo em SAF. Justamente essa qualidade da madeira motivou a exploração indiscriminada das árvores do ambiente natural, gerando forte erosão genética da espécie, com a supressão de populações inteiras da natureza. Por esse motivo, o mogno-brasileiro foi incluído no apêndice II da CITES (Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção), onde encontram-se as espécies que, mesmo não estando em risco iminente de extinção, necessitam de uma regularização no comércio, de modo a evitar essa ameaça (GROGAN; LOVELESS, 2013).

Ademais, atualmente, no Brasil, a espécie é protegida por lei, sendo obrigatório o manejo sustentável em florestas nativas, primitivas ou regeneradas, conforme o Decreto 4.722/2003 (BRASIL, 2003). A exploração da espécie em SAF, portanto, não isenta a necessidade de um projeto para manejo sustentável.

A proporção de copa apresentou variação de até 20% entre as plantas, sendo observados valores entre 25% e 45%, com a média estabilizando em 34% nos dois últimos anos (Tabela 2). O grau de esbeltez demonstrou tendência à queda nos últimos anos, indicando maior estabilidade das plantas no campo. Valores altos neste parâmetro observados nos anos iniciais podem estar correlacionados à taxa de mortalidade, visto que uma maior instabilidade das plantas culmina em uma maior suscetibilidade às ações climáticas, como por exemplo ao vento. O formal da copa observado nos dois últimos anos a classifica como elíptica vertical, considerando a classificação proposta por Bobrowski e Biondi (2017) ($0,25 < FC < 0,9$). Os índices de abrangência e saliência, relativamente baixos, revelam um crescimento lateral da copa moderado, inferindo-se que esta espécie é adequada pra utilização em SAFs, visto que sua copa permite a passagem de luz para os estratos inferiores.

Condé *et al.* (2013) ressaltam que o conhecimento dos parâmetros morfométricos proporciona uma melhor quantificação do espaço ocupado pelas árvores, auxiliando na dinâmica de desbaste, visando diminuição da competição. Esses autores observaram valores superiores aos encontrados neste estudo, provavelmente em decorrência de diferenças genéticas, delineamento das plantas no campo e condições edafoclimáticas

distintas. Comparando-se com resultados obtidos em outras espécies florestais, como mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.), seringueira (*Hevea brasiliensis* L.), teca (*Tectona grandis* L.f.) e castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), reportados por Costa *et al.* (2009) e Carmona *et al.* (2018), percebe-se, no presente estudo, valores mais discretos para as variáveis morfométricas do mogno-brasileiro, o que, relacionado à diminuta competição com o cupuaçuzeiro observada em campo, permite inferir que a espécie é indicada para a utilização em sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro.

Tabela 2 – Médias por planta da altura comercial (Hcom) (m), altura da copa (Hc) (m) e volume comercial estimado (m³), além dos parâmetros morfométricos: proporção de copa (PC), grau de esbeltez (GE), formal da copa (FC), índice de abrangência (IA) e índice de saliência (IS) de árvores de mogno-brasileiro, estabelecidas em SAF com cupuaçuzeiro, nos dois últimos anos de campo. Tomé-Açu, 2020

Ano	Altura comercial (m)	Altura da copa (m)	Volume comercial estimado (m ³)	Proporção de copa (PC)	Grau de esbeltez (GE)	Formal da copa (FC)	Índice de abrangência (IA)	Índice de saliência (IS)
2018	4,66	10,83	0,33	34,13	49,46	0,67	0,47	22,98
2019	5,03	11,03	0,37	34,14	48,76	0,73	0,5	24,91

Fonte: Autores (2021)

4 CONCLUSÃO

Em razão do desenvolvimento vegetativo e produtivo satisfatórios das espécies e diminuta competição interespecífica observada em campo, foi possível inferir que sistemas agroflorestais constituídos por mogno-brasileiro e cupuaçuzeiro são biologicamente apropriados para ambas as espécies. Assim, poderão ser uma alternativa de cultivo para pequenas propriedades amazônicas, incrementando a restauração de áreas antropizadas com espécies nativas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. M.; BASTOS, A. J. R.; CHAVES, S. F. S.; FERNANDES, J. R. Q. *Spondias mombin* and *Theobroma grandiflorum* in agroforestry system: productivity implications. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 6, 2018a.
- ALVES, R. M.; BENCHIMOL, R. L.; OLIVEIRA, R. P.; CHAVES, S. F. S. **Resistência de genótipos de cupuaçuzeiro a *Lasiodiplodia theobromae***. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2018b. 24 p.
- ARMENGOT, L.; BARBIERI, P.; ANDRES, C.; MILZ, J.; SCHNEIDER, M. Cacao agroforestry systems have higher return on labor compared to full-sun monocultures. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 36, n. 4, 2016.
- BARROS, A. V. L. de; HOMMA, A. K. O.; TAKAMATSU, J. A.; TAKAMATSU, T.; KONAGANO, M. Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipo-brasileiros do município de Tomé-Açu, estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 5, n. 9, p. 121-151, jul./dez. 2009.
- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Morfometria de espécies florestais plantadas nas calçadas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 12, n. 1, p. 1-16, 2017.
- BRASIL. Decreto nº 4.722, de 5 de junho de 2003. Estabelece critérios para exploração da espécie *Swietenia macrophylla* King (mogno), e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 12, 6 jun. 2003.
- CARMONA, I. N.; AQUINO, M. G. C.; ROCHA, D. I. S.; SILVA, J. J. N.; FICAGNA, A. G.; BALONEQUE, D. D.; OTAKE, M. Y. F.; PAULETTO, D. Variáveis morfométricas de três espécies florestais em sistema agroflorestal. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v. 10, n. 1, p. 131-144, 2018.
- CONDÉ, T. M.; LIMA, M. L. M.; LIMA NETO, E. M.; TONINI, H. Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 18-27, 2013.
- COSTA, J. R.; CASTROS, A. B. C.; WANDELLI, E. V.; CORAL, S. C. T.; SOUZA, S. A. G. Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55, 1998.
- FERNANDES, A. M. V.; GAMA, J. R. V.; RODE, R.; MELO, L. O. Equações volumétricas para *Carapa guianensis* Aubl. e *Swietenia macrophylla* King em sistema silvipastoril na Amazônia. **Revista Nativa**, Sinop, v. 5, n. 1, p. 73-77, jan./fev. 2017.
- FLETCHER, E. H.; THETFORD, M.; SHARMA, J.; JOSE, S. Effect of root competition and shade on survival and growth of nine woody plant taxa within a pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] alley cropping system. **Agroforestry systems**, [s.l.], v. 86, n. 1, p. 49-60, 2012.
- FREE, C. M.; LANDIS, R. M.; GROGAN, J.; SCHULZE, M. D.; LENTINI, M.; DUNISCH, O. Management implications of long-term tree growth and mortality rates: A modelling study of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, [s.l.] v. 330, p. 46-54, 2014.

FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEOANE, C. E. S. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 143-154, 2011.

GENOVESE, M. I.; LANNES, S. C. S. Comparison of total phenolic content and antiradical capacity of powders and "chocolates" from cocoa and cupuassu. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 810-814, 2009.

GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 8, p. 4666-4674, 2010.

GROGAN, J.; LOVELESS, M. D. Flowering phenology and its implications for management of big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* in Brazilian Amazonia. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 100, n. 11, p. 2293-2305, 2013.

KING, D. A.; DAVIES, S. J.; NOOR, N. S. Md. Growth and mortality are related to adult tree size in a Malaysian mixed dipterocarp forest. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 223, n. 1-3, p. 152-158, 2006.

KRISNAWATI, H.; KALLIO, M. H.; KANNINEN, M. **Swietenia macrophylla King**: ecology, silviculture and productivity. Bogor: CIFOR, 2011. 15 p.

LORENZ, K.; LAL, R. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 34, n. 2, p. 443-454, 2014.

LUNZ, A. M.; THOMAZINI, M. J.; MORAES, M. C. B.; NEVES, E. J. M.; BATISTA, T. F. C.; DEGENHARDT, J.; SOUSA, L. A.; OHASHI, O. S. *Hypsipyla grandella* em mogno (*Swietenia macrophylla*): situação atual e perspectivas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 59, p. 45, 2009.

MILLER, R. P.; NAIR, P. K. R. Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today. **Agroforestry Systems**, [s.l.], v. 66, n. 2, p. 151-164, 2006.

MOGHADAMTOUSI, S. Z.; GOH, B. H.; CHAN, C. K.; SHABAB, T.; KADIR, H. A. Biological activities and phytochemicals of *Swietenia macrophylla* King. **Molecules**, Basel, v. 18, n. 9, p. 10465-10483, 2013.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J. A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012.

PUGLIESE, A. G.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; TRUCHADO, P.; GENOVESE, M. I. Flavonoids, proanthocyanidins, vitamin C, and antioxidant activity of *Theobroma grandiflorum* (Cupuassu) pulp and seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 11, p. 2720-2728, 2013.

SOUZA, A. G. C. **Boas práticas agrícolas da cultura do cupuaçuzeiro**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. 56 p.

TORRALBA, M.; FAGERHOLM, N.; BURGESS, P. J.; MORENO, G.; PLIENINGER, T. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 230, p. 150-161, 2016.

TSONKOVA, P.; BOHM, C.; QUINKENSTEIN, A.; FREESE, D. Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review. **Agroforestry Systems**, [s.l.], v. 85, n. 1, p. 133-152, 2012.

VENTURIERI, G. A. Flowering levels, harvest season and yields of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 41, n. 1, p. 143-152, 2011.

VIÉGAS, I. J. M.; LOBATO, A. K. S.; RODRIGUES, M. F. S.; CUNHA, R. L. M.; FRAZÃO, D. A. C.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; GUEDES, E. M. S.; ALVES, G. A. R.; SILVA, S. P. Visual symptoms and growth parameters linked to deficiency of macronutrients in young *Swietenia macrophylla* plants. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 937-940, 2012.

Contribuição de Autoria

1 – Rafael Moysés Alves

Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador

<https://orcid.org/0000-0002-9826-4690> • rafael-moyses.alves@embrapa.br

Contribuição: Conceituação, Curadoria dos dados, Administração do projeto, Metodologia, Supervisão, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – Saulo Fabrício da Silva Chaves

Engenheiro Agrônomo, Mestrando

<https://orcid.org/0000-0002-0694-1798> • saulo.chaves@ufv.br

Contribuição: Análise Formal, Validação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

3 – Leticia Maria Viana Negrão

Engenheira Florestal

<https://orcid.org/0000-0002-1820-2693> • leticianegrao.floresta@gmail.com

Contribuição: Validação, Visualização de dados: tabela, Visualização de dados: gráfico, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Alves, R. M.; Chaves, S. F. S.; Negrão, L. M. V. Viabilidade técnica do uso de *Swietenia macrophylla* e *Theobroma grandiflorum* em sistema agroflorestal. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 617-636, 2022. DOI 10.5902/1980509843268. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509843268>.