

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

STEFANNY DINIZ TAVARES

MÉTODOS DE REGENERAÇÃO DA *Acacia mangium* WILLD

ITACOATIARA - AM

2022

STEFANNY DINIZ TAVARES

MÉTODOS DE REGENERAÇÃO DA *Acacia mangium* WILLD

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos.

ITACOATIARA - AM

2022

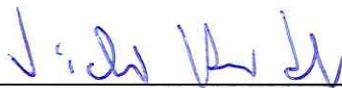
STEFANNY DINIZ TAVARES

**Métodos de regeneração da *Acacia mangium* WILLD**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito obrigatório para a obtenção do título de bacharela em Engenharia Florestal.

Itacoatiara-AM, 20 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA



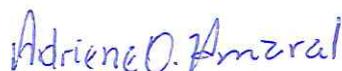
---

Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos, Dr.  
(CESIT/UEA – Orientador)



---

Louri Klemman Junior, Dr.  
(CESIT/UEA – Membro)



---

Adriene de Oliveira Amaral, Me.  
(CESIT/UEA – Membro)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta monografia a minha mãe e meu pai por toda ajuda e incentivo na conclusão do curso, que sempre acreditaram em mim, permitindo que chegasse até aqui, além de serem exemplos de força, coragem e determinação, sendo minha fonte de inspiração e primordiais nessa etapa.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço infinitamente a Deus, pela saúde, força e coragem concedida para prosseguir até aqui.

À minha família por sempre me apoiar e acompanhar de perto todo o processo e vivenciar todos os momentos ao meu lado, sendo minha base.

Enfatizo imensa gratidão aos meus pais e ao meu amigo excepcional Rafael Pedreno Viana por sempre me acompanhar nas execuções dos projetos e me ajudar da melhor maneira possível, e a todos os meus amigos que a Universidade me presenteou, além de ajudarem e contribuírem nessa caminhada, de ordem cronológica, José Carlos Rodrigues Soares, João Serafim Almeida da Costa Júnior, Antônio Thiago Soares de Almeida, Gustavo Henrique Ferreira Maia, Rubia Pereira Ribeiro, Alícia Monteiro Cursino, Gelson Oliveira, Jaylene Marques da Silva, Noeme da Costa Santos, Érika Freire de Sousa.

E aos meus melhores amigos da vida, Joyce Batista Barbosa, Emily Thaís Lopes de Souza, Thaís Evellen Araújo Freire, Edriely Souza Vilamil e Marcos Laércio Rabelo Siqueira que estiveram me apoiando a todo momento.

À Litiara Industria Cerâmica Da Amazônia Ltda. por ter disponibilizado a área de realização da pesquisa.

Por fim, ao meu orientador Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos que foi indispensável para execução dessa etapa de conclusão, contribuindo de forma relevante para meu crescimento profissional e pessoal.

## RESUMO

Os povoamentos florestais de espécies exóticas estão gradativamente crescendo no mundo todo devido a benefícios econômicos e ambientais. Existem poucos estudos sobre os melhores métodos de regeneração de povoamentos florestais dessas espécies para se encontrar um método mais acessível e proveitoso. No Brasil, o plantio de espécies florestais exóticas cresce a cada ano, tendo como destaque a espécie exótica *Acacia mangium*. O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho produtivo de plantios de *A. mangium* regenerados via plantio de mudas e condução da regeneração do banco de sementes do solo. O estudo foi executado na empresa Litiara Indústria de Cerâmicas do Amazonas Ltda., localizada na rodovia AM-010, zona rural do município de Itacoatiara (Am). Foram avaliados três povoamentos da empresa, estabelecidos via dois métodos de regeneração: plantio de mudas, com 12 e 24 meses de idade, e regeneração espontânea do banco de sementes do solo com 27 meses de idade. Os povoamentos com 24 e 27 meses de idade foram mensuradas dentro de cinco parcelas circulares com raio de 12,62 m (área de 500 m<sup>2</sup>), e o de 12 meses utilizou-se cinco parcelas retangulares de 20 x 25 m (área de 500 m<sup>2</sup>). O sistema de amostragem utilizado foi o aleatório simples. Em cada parcela foram mensurados os valores de circunferência a altura do peito (CAP), altura total (At) e número de árvores vivas. Em seguida, foram calculados os valores de diâmetro à altura do peito (DAP), densidade de árvores por hectare, volume individual e volume por hectare. Os valores médios de diâmetro à altura do peito (12,95 cm), altura total (11,66 m), volume individual (0,075 m<sup>3</sup>) e volume por hectare (107,25 m<sup>3</sup>) foram maiores no povoamento regenerado via plantio de mudas com 24 meses de idade. No entanto, no povoamento regenerado espontaneamente foi observado um maior valor médio de densidade de árvores por hectare (4032 árvores). Embora o volume individual por árvores tenha sido reduzido na regeneração espontânea (0,021 m<sup>3</sup>), a elevada densidade de árvores promoveu um elevado volume por hectare (84,21 m<sup>3</sup>). A regeneração de povoamentos de *A. mangium* pode ser realizado tanto pelo plantio de mudas quanto pela regeneração do banco de sementes do solo. Esses resultados aumentam as possibilidades de regeneração dos povoamentos dessa espécie, principalmente, para pequenos produtores que não possuem alta capacidade de investimento para plantio de mudas.

Palavras-chave: Espécies florestais pioneiras. Banco de sementes do solo. Biomassa.

## ABSTRACT

The increase in forest stands of exotic species is gradually growing worldwide due to several economic and environmental benefits. There are few studies on the best methods of regenerating forest stands of these species to find a more accessible and profitable method. In Brazil, the planting of exotic forest species grows every year, with emphasis on the exotic species *Acacia mangium*. The objective of this work was to compare the productive performance of *A. mangium* plantations regenerated by planting seedlings and conducting the regeneration of the soil seed bank. The study was carried out at the company Litiara Indústria de Cerâmicas do Amazonas Ltda., located on the AM-010 highway, in the rural area of the municipality of Itacoatiara (Am). Three stands of the company were evaluated, established via two regeneration methods: planting seedlings, at 12 and 24 months of age, and spontaneous regeneration of the soil seed bank at 27 months of age. The stands at 24 and 27 months of age were measured within five circular plots with a radius of 12.62 m (area of 500 m<sup>2</sup>), and the 12-month-old plots were measured in five rectangular plots of 20 x 25 m (area of 500 m<sup>2</sup>). The sampling system used was simple random. In each plot, the values of circumference at breast height (CBH), total height (At) and number of living trees were measured. Then, the values of diameter at breast height (DBH), density of trees per hectare, individual volume and volume per hectare were calculated. The mean values of diameter at breast height (12.95 cm), total height (11.66 m), individual volume (0.075 m<sup>3</sup>) and volume per hectare (107.25 m<sup>3</sup>) were higher in the stand regenerated by planting seedlings at 24 months of age. However, in the spontaneously regenerated stand, a higher mean value of tree density per hectare (4032 trees) was observed. Although the individual volume per tree was reduced in spontaneous regeneration (0.021 m<sup>3</sup>), the high density of trees promoted a high volume per hectare (84.21 m<sup>3</sup>). The regeneration of *A. mangium* stands can be carried out either by planting seedlings or by regenerating the soil seed bank. These results increase the possibilities of regeneration of stands of this species, especially for small producers who do not have a high investment capacity for planting seedlings.

Keywords: Fast growing forest species. Soil seed bank. Biomass.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>9</b>
1.1.1 Objetivo geral.....	9
1.1.2 Objetivos específicos .....	9
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1 <i>Acacia mangium</i> Willd</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2 Silvicultura de <i>Acacia mangium</i> Willd</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3 Métodos de regeneração de povoamentos florestais</b> .....	<b>13</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1 Descrição da área</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2 Características dos plantios</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 Amostragem</b> .....	<b>16</b>
<b>3.4 Análise dos dados</b> .....	<b>18</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 Diâmetro à altura do peito (DAP)</b> .....	<b>19</b>
<b>4.2 Altura total (H)</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3 Densidade</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4 Volume por árvore</b> .....	<b>24</b>
<b>4.5 Volume por hectare</b> .....	<b>25</b>
<b>4.6 Implicações Silviculturais</b> .....	<b>28</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>30</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais as espécies florestais exóticas estão sendo utilizadas para regeneração de povoamentos florestais devido à alta produtividade, menor incidência de pragas e doenças. Desse modo, povoamentos florestais de espécies exóticas estão, progressivamente, se tornando mais abundantes em todo mundo, gerando benefícios econômicos e ambientais (ATTIAS; SIQUEIRA; BERGALLO, 2013). Dentre as espécies exóticas plantadas no Brasil, destaca-se a *Acacia mangium* conhecida popularmente como Acácia-australiana ou Acácia-mangium, pertencente à família Fabaceae; e de ocorrência natural na Austrália, Papua Nova Guiné, Nova Guiné Ocidental e outras ilhas próximas (ATTIAS; SIQUEIRA; BERGALLO, 2013).

No Brasil, a *A. mangium* foi inserida de modo experimental pela EMBRAPA por volta de 1979 e, logo após a comprovação da sua adaptabilidade ao clima e solo, ocorreram plantios para fins comerciais em todo Brasil. Atualmente, encontram-se plantios dessa espécie principalmente nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Roraima, Amapá e Amazonas (FERREIRA; SILVA; YARED; CAPITANI; FILHO, 1990; MADURO; SILVA; MACIEL; CABRAL, 2020). A *A. mangium* apresenta diferentes tipos de usos, dessa maneira, existe uma grande escala de plantios no mundo todo para comercialização como produtos madeireiros e não madeireiros (KOUTIKA; RICHARDSON, 2019).

Por ser uma espécie originalmente de clima tropical, a *A. mangium* se adaptou bem às condições brasileiras, principalmente na Amazônia, onde as condições favorecem o bom estabelecimento e desenvolvimento da espécie. A espécie *A. mangium* consegue se adaptar em diferentes tipos de solos e contém pouca exigência nutricional, pois possui capacidade de se associar com bactérias e fungos que ajudam as raízes na absorção de água, nitrogênio e fósforo. Essa característica permite que a espécie seja usada na recuperação de áreas degradadas com objetivos de melhoria das características do solo (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003).

A *A. mangium* é uma espécie pioneira com elevada produção de sementes que ficam dormentes no solo (CORREIA; MARTINS, 2015). A espécie produz anualmente cerca de 5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> a 10 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de serrapilheira, sendo formada, majoritariamente, por folhas (68% a 75%), mas, também por 42 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de sementes, aproximadamente, 4,1 milhões de sementes ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (SAHARJO; WATANABE, 2000). Essa característica da espécie pode ser utilizada para se propor

métodos alternativos para regeneração de povoamentos. Por exemplo, a condução da regeneração natural do banco de sementes do solo em plantios de *A. mangium* recém-colhidos pode ser um método de regeneração do povoamento que dispensa a produção de mudas e todo preparo da área demandado por esse método artificial de plantio de mudas. Buscar os melhores métodos de regeneração de povoamento natural, se tornou imprescindível, para se obter um método mais viável e vantajoso. No presente projeto serão comparados, no que se refere à produção volumétrica via mensurações dendrométricas, dois métodos de regeneração de povoamentos de *A. mangium*, condução do banco de sementes do solo e plantio de mudas.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Comparar a performance produtiva de plantios de *A. mangium* regenerados via plantio de mudas e condução da regeneração do banco de sementes do solo.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- a) Verificar se o crescimento em diâmetro e altura da *A. mangium* depende do método de regeneração (plantio de mudas e banco de sementes do solo).
- b) Investigar se o volume dos povoamentos de *A. mangium* é influenciado pelo método de regeneração do banco de sementes quando comparado ao plantio de mudas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Acacia mangium* Willd

A *A. mangium* é uma árvore tropical, originária da Indonésia, Papua Nova Guiné e Austrália, de rápido crescimento, pioneira e heliófita, pertencente à família Fabaceae e subfamília Mimosoideae (MITLÖHNER; SEIN, 2011). Quanto a morfologia reprodutiva, as inflorescências são no formato de espigas, pequenas, de coloração branca e creme. Logo após o período de floração, os frutos, que são vagens secas deiscentes, se desenvolvem entre 5 e 7 meses (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). As sementes são dispersas durante o período de baixa precipitação, principalmente, por ornitocoria a longos percursos, por hidrocoria em percursos mais curtos e de forma natural através do fruto após a deiscência (SANTOS; SILVA, 2020). As sementes apresentam dormência tegumentar e, portanto, a espécie apresenta capacidade de formação de banco de sementes no solo (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003).

As folhas verdadeiras da *A. mangium* estão presentes apenas no estágio de plântula, e são o primeiro par de folhas que surge após a germinação (MADURO; SILVA; MACIEL; CABRAL, 2020). Quando as folhas verdadeiras caem, surgem os filódios, folhas “falsas” oriundas do desenvolvimento do pecíolo (MADURO; SILVA; MACIEL; CABRAL, 2020). Na base dos filódios é produzido néctar extrafloral durante o ano todo, sendo considerado alimentos de diversos animais, como abelhas, vespas e formigas (MADURO; SILVA; MACIEL; CABRAL, 2020). Desse modo, a apicultura é economicamente viável e promissora em áreas de plantios de *A. mangium* (MADURO; SILVA; MACIEL; CABRAL, 2020).

A espécie, em geral, possui fuste reto, com ramificações que iniciam do meio da altura total, e copa variando de globular a cônica em maiores e menores espaçamentos, respectivamente (HEGDE; PALANISAMY; YI, 2013). *A. mangium* produz madeira de boa qualidade, com baixas proporções de células parenquimáticas e vasos (HEGDE; PALANISAMY; YI, 2013). O alburno é estreito e apresenta coloração clara, enquanto, o cerne é amarronzado e mais escuro (HEGDE; PALANISAMY; YI, 2013). A madeira é dura e resistente aos ataques de cupins (HEGDE; PALANISAMY; YI, 2013). A madeira de *A. mangium* é considerada ideal para extração de celulose, fabricação de painéis, madeira serrada para produção de móveis e, pelo seu poder calorífico de 4800-4900 kcal, torna-se bastante utilizada para

lenha e carvão. Ademais, os usos não-madeireiros da espécie abrangem a produção de adesivos e mel (KRISNAWATI; KALLIO; KANNIEN, 2011).

*Acacia mangium* tem um grande potencial em se adaptar aos mais variados solos e condições ambientais, além de associar-se com micorriza, ou seja, microrganismos do solo auxiliando as raízes das árvores na absorção da água e nutrientes essenciais que estão no solo, como fósforo e nitrogênio (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). Sendo muito utilizada para recuperação de áreas degradadas, por melhorar a fertilidade do solo, devido a fixação do nitrogênio em simbiose com bactérias (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). As condições ambientais da Amazônia contribuem para adaptação dessa espécie, com temperatura ideal e precipitações que superam a 2000 mm ao ano (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). Em condições ideais, a espécie consegue alcançar de 25 a 30 m de altura; no entanto, em condições inadequadas, longos períodos de seca, não conseguem alcançar 10 m de altura, com crescimento diminuto ou estagnado (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003).

## **2.2 Silvicultura de *Acacia mangium* Willd**

As plantações têm expandido a distribuição da espécie *A. mangium* para vários locais no mundo, significativamente distantes da sua área nativa. As primeiras experiências de plantio da espécie tinham por objetivos a formação de aceiros para proteção de outros cultivos (KOUTIKA; RICHARDSON, 2019). No entanto, após ser observado o rápido crescimento da *A. mangium*, o potencial para a produção de madeira, se consolidou e as plantações se expandiram (KOUTIKA; RICHARDSON, 2019). No ano 2000, por exemplo, países como Malásia e Indonésia haviam obtido aproximadamente 850.000 ha de plantações dessa espécie (KOUTIKA; RICHARDSON, 2019). Com isso, *A. mangium* passou a ser cultivada em diversas partes do mundo, para diferentes fins, como plantios comerciais para produção de celulose, lenha e carvão vegetal, incluindo programas de recuperação de áreas degradadas, inclusive no Brasil (SIMÕES; ZILLI; COSTA; TONINI; BALIEIRO, 2010). Em diferentes regiões do Brasil, existem plantações de *A. mangium* para fabricação de celulose (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). No norte do país, mais especificadamente em Roraima, *A. mangium* foi inserida comercialmente na década de 1990 (TONINI; VIEIRA; SILVA, 2010). Nos dias de hoje, a espécie apresenta

30.000 ha plantados (TONINI; VIEIRA; SILVA, 2010).

A espécie *A. mangium* tem um importante papel no cenário florestal, pois fornece produtos para fins madeireiros ou não-madeireiros, ajudando a reduzir a tensão sobre as florestas naturais (SEIN; MITLÖHNER, 2011). Por exemplo, a espécie atualmente obteve uma grande importância ecológica para restauração de áreas degradadas, principalmente aquelas áreas perturbadas pelo uso de pecuária extensiva, devido ao seu rápido crescimento, tolerância a solos muito pobres, e simbiose com bactérias e fungos micorrízicos que ajudam na fixação de nitrogênio e absorção de fósforo (PEGORARO; SILVA; NOVAIS; BARROS; CANTARUTTI; FONSECA, 2014). A rotação de cultura com plantas que auxiliam na fixação de nitrogênio atmosférico, ajuda de forma relevante o aumento da concentração de nitrogênio no solo e, indiretamente, na estabilização do carbono na matéria orgânica do solo (PEGORARO; SILVA; NOVAIS; BARROS; CANTARUTTI; FONSECA, 2014). Dessa maneira, *A. mangium* em monocultivo ou cultivos mistos com eucalipto, pode apresentar potencial de recuperação da qualidade do solo (PEGORARO; SILVA; NOVAIS; BARROS; CANTARUTTI; FONSECA, 2014).

Quanto a propagação de mudas de *A. mangium* para regeneração dos plantios, a espécie possui elevado potencial de produção de sementes. As sementes são tolerantes ao calor, além da capacidade de dispersão a longa distância por ornitocoria, e com dormência de longa duração (KOUTIKA; RICHARDSON, 2019). A dormência, do tipo física proporcionada pela impermeabilidade tegumentar, pode ser facilmente superada com a imersão em água fervente (SMIDERLE, 2010). Nas condições descritas anteriormente, três dias após a semeadura ocorre a germinação (SMIDERLE, 2010). Portanto, após o tratamento de superação da dormência pode se produzir plântulas em canteiros, semeando em uma camada de areia de modo que a semente fique a 0,5 cm de profundidade (SMIDERLE, 2010). O transplante para sacos de mudas ocorrerá assim que as primeiras folhas estiverem expandidas e o tempo de produção médio, para formação de uma muda com 25 a 30 cm, é de 3 meses (SMIDERLE, 2010).

O plantio de *A. mangium* pode ser realizado em diversos espaçamentos, dependendo do objetivo, mas os espaçamentos mais utilizados por empresas que destinam a madeira da espécie para produção de lenha, carvão e celulose são de 2 m x 2 m ou 2,5 m x 2,5 m (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). Convém destacar que, para usos que dependem de madeiras com maiores dimensões, os espaçamentos

menores servem para reduzir a tendências de ramificação da espécie, sendo necessária a realização de desbastes para que ocorra o crescimento em diâmetro das árvores (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003).

Na Amazônia, têm sido observados resultados relevantes para produção madeireira da espécie *A. mangium*. em 4 anos, cultivada em solos ácidos e com baixo teor de P, a espécie obteve valores 10 cm de diâmetro, altura de 14 m e volume de lenha de 310 st/ha, resultados relevantes em comparação com 25 espécies diferentes (ROSSI; ATAYDE; CAMPELLO, 2003). No entanto, a espécie demonstrou forte propensão à bifurcação, o que restringe o uso para algumas aplicações (e.g. madeira serrada), mas fins comerciais de lenha não se torna um impedimento (ROSSI; ATAYDE; CAMPELLO, 2003). Nas condições citadas anteriormente, o tempo de rotação da espécie variou de 4 a 6 anos (ROSSI; ATAYDE; CAMPELLO, 2003). As árvores de *A. mangium* para usos comerciais podem ocorrer para cortes rasos de 7 a 10 anos, desbastes de forma intermediária ou corte final de 15 a 20 anos (FOELKEL, 2012).

### **2.3 Métodos de regeneração de povoamentos florestais**

As plantações florestais exercem um indispensável papel no combate ao desmatamento, mudanças climáticas e crise de energia (CUONG; CHINH; ZHANG, XIE, 2020). Com isso, investigar como ocorre a recuperação da vegetação de forma natural se tornou indispensável para o êxito do manejo de determinada floresta. Existem métodos de regeneração de povoamentos florestais dependentes de processos naturais (banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes, rebrota) e artificiais de regeneração (plantio de mudas e semeadura direta).

Dentre os processos naturais, os mais comuns são a chuva de sementes, banco de sementes do solo, banco de plântulas e rebrota de tecidos vegetais. O banco de sementes do solo é o conjunto de todas as sementes que são consideradas viáveis no solo e se estabelece, de forma dinâmica com entrada de sementes através da chuva de sementes e dispersão de sementes (CALDATO; FLOSS; CROCE; LONGHI, 1996). A *A. mangium* produz uma grande quantidade de sementes, que são dispersas por animais, principalmente aves (SANTOS; SILVA, 2020). Por exemplo, a espécie na fase adulta, com 14 anos, produz em média 0,4 kg de sementes por árvore a cada ano, mas consegue produzir até 1 kg ano<sup>-1</sup> de sementes por árvore; as sementes

viáveis podem ser obtidas em plantios com 24 meses de idade (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983; TONINI; VIEIRA, 2010). Esse fator, aliado com a dormência tegumentar tornam a espécie promissora para regeneração via banco de sementes no solo (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). A presença dessa espécie em áreas abertas, algumas vezes considerada invasora, ocorre por meio da regeneração natural das sementes que estão no solo (KOUTIKA; RICHARDSON, 2019). Portanto, existem evidências sobre o potencial de uso desse processo natural para regeneração da espécie.

A habilidade de rebrota dos tecidos vegetais é considerada uma resposta, de forma fisiológica do vegetal, à danos por pragas, doenças, incêndios, cortes e entre outros (MEYER, 2015). Quando surgem brotos no vegetal são os primeiros indícios de enfermidades na planta, portanto, em locais com distúrbios frequentes o método de rebrota se torna o meio principal de reprodução de plantas lenhosas (MEYER, 2015). A *A. mangium* possui a capacidade de rebrota após o corte, portanto apresenta potencial para regeneração de povoamentos via talhadia (FERREIRA; SILVA; SILVA; YARED; CAPITANI; FILHO, 1990). No entanto, a rebrota da *A. mangium* é considerada baixa, nem todas as árvores conseguem rebrotar, em poucos casos as plantas mais jovens conseguem rebrotar e a resistência das brotações é considerada, de modo geral, menor do que o das mudas e o da regeneração natural (TONINI, 2010). Desse modo, na prática a silvicultura não aplica a talhadia (condução de brotações), ou seja, a cada colheita, um novo povoamento precisa ser replantado (FOELKEL, 2012).

No que se refere a *A. mangium*, os métodos artificiais de regeneração dos povoamentos através do plantio mudas ou semeadura direta têm apresentado êxito. Resultados experimentais indicaram que o plantio de mudas apresenta uma taxa superior de sobrevivência quando comparada com a semeadura direta, pois a viabilidade da semeadura direta quando em locais de pastagens demanda muitos tratamentos silviculturais (SULAIMAN, 1986).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Descrição da área

O estudo foi realizado em povoamentos florestais de *A. mangium* da empresa Litiara Indústria de Cerâmica da Amazônia LTDA, localizada na Rodovia AM 010, KM200 – Zona Rural, Itacoatiara, Amazonas (-3,03° S; -58,56° O; Figura 1). Na empresa, os plantios de Acácia são destinados a geração de energia para fabricação de produtos cerâmicos no geral.

Quanto às características edáficas do sítio, onde estão estabelecidos os povoamentos, o solo predominante é o Latossolo Amarelo Distrófico com textura variando de moderada a muito argilosa (SILVA, 2003). A classificação climática da região, de acordo com o sistema de classificação de Köppen, é Af - tropical e sem estação seca definida (ALVARES; STAPE; SENTELHAS; GONÇALVES; SPAROVEK, 2014). A série histórica (1991- 2021) - obtida no banco de dados da estação meteorológica convencional de Itacoatiara (3,14°S; 58,44°O) do Instituto Nacional de Meteorologia - referente a temperatura média mensal (amplitude de 26,5 - 28,4°C) e umidade do ar (amplitude 77,8% - 86,8%) variam pouco ao longo do ano, enquanto a precipitação atinge uma média anual de 2520 mm com os maiores valores observados entre janeiro e abril e os menores valores (< 100 mm) entre agosto e setembro (INMET, 2021). A vegetação típica da região é a floresta ombrófila densa (IBGE, 2012) com uma abundância média de 350 árvores por hectare; riqueza de 159 espécies de árvores por hectare, sendo as espécies mais frequentes a *Eschwellera odora* e *Scleronema micranthum* (PRANCE; RODRIGUES; SILVA, 1976).

#### 3.2 Características dos plantios

A empresa possui, aproximadamente, 200 hectares ocupados pelos povoamentos de *A. mangium*, com diferentes idades, e regenerados por dois métodos: plantio de mudas (~190 ha) e condução da regeneração natural do banco de sementes do solo (~20 ha). O plantio de mudas é realizado em áreas abertas, preteritamente ocupados por povoamentos de Acácia ou vegetação secundária. Antes do plantio é feito o preparo físico do solo, tais como, remoção de tocos e gradagem; e o preparo químico com a calagem e adubação de plantio. Como a espécie apresenta

rápido crescimento e prematuro fechamento do dossel, geralmente, não são necessárias práticas de manutenção, por exemplo, controle da matocompetição e adubação de cobertura. Quanto aos povoamentos regenerados via banco de sementes do solo, a abundante emergência de mudas, que ocorre de forma espontânea após a colheita do povoamento anterior, não exige preparo do solo, sendo que o único trato silvicultural aplicado é um desbaste aos quatro meses para reduzir a competição intraespecífica.

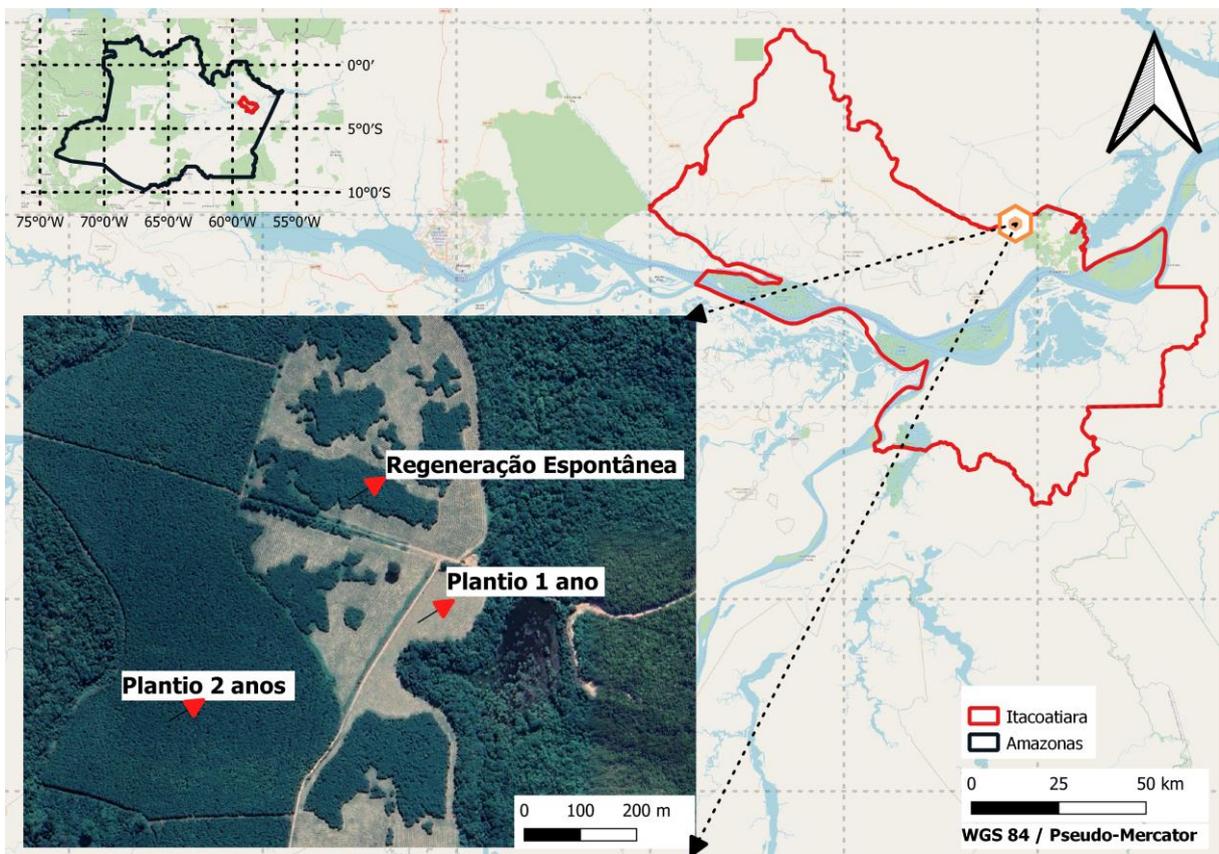


Figura 1. Localização da área experimental, destacando os povos avaliados.

Fonte: do autor.

### 3.3 Amostragem

Foram avaliados três povoamentos, dois regenerados via plantio de mudas, com diferentes idades, sendo de 12 meses e 24 meses, com uma área de 3,1 hectares e 22,75 hectares, respectivamente. Os espaçamentos de plantio foram 2,5 x 1,5 m e 3 x 2 m, respectivamente, para os povoamentos com 12 e 24 meses. O terceiro povoamento foi regenerado via condução do banco de sementes do solo - a partir de

agora denominado apenas “regeneração espontânea”, que ocupa uma área de 2,5 hectares (Figura 2). As áreas com os povoamentos regenerados espontaneamente e plantio de mudas com 24 meses de idade foram abertas em setembro de 2019, com a colheita dos povoamentos de *A. mangium* com 4,5 anos de idade. A área com o povoamento regenerado via plantio de mudas, com 12 meses de idade, foi aberta em setembro de 2020, também com a colheita de povoamentos anteriores. O plantio das mudas foi realizado em janeiro de 2021 (povoamento com 12 meses) e janeiro de 2020 (povoamento com 24 meses). A regeneração espontânea já estava presente na área no final do mês de outubro de 2020, portanto, no momento do inventário, o povoamento possuía 27 meses de idade.



Figura 2 – Povoamentos de *A. mangium* regenerados via banco de sementes do solo com 27 meses de idade (Regeneração Espontânea) e plantio de mudas com 12 e 24 meses de idade, no município do Itacoatiara, Amazonas.

Fonte: Do autor

Em janeiro de 2022, em cada povoamento, as árvores foram mensuradas dentro de 5 parcelas. Para a regeneração espontânea e plantio de mudas com 24 meses de idade foram utilizadas parcelas circulares com raio de 12,62 m e área de 500 m<sup>2</sup>; e no plantio de mudas, com idade de 12 meses, as parcelas possuíam forma retangular de 20 x 25 m, também com uma área de 500 m<sup>2</sup>. A parcela circular não foi utilizada no plantio de mudas com 12 meses de idade devido à dificuldade de leitura da distância com a trena laser. O sistema de amostragem foi o aleatório simples e, para tanto, as áreas foram divididas em áreas menores, do tamanho das parcelas,

numeradas e sorteadas (Figura 2).

Em cada parcela foram mensurados os valores de *circunferência a altura do peito* (CAP), com auxílio de uma fita métrica, e *altura total* (At) das árvores com auxílio de um nível de Abney (plantio de mudas com 24 meses e regeneração espontânea) e régua hipsométrica. Quando utilizado o nível de Abney, foram mensuradas as alturas de 20 árvores e, a partir dessas medidas, ajustada uma equação hipsométrica para estimativa das alturas das demais árvores da parcela.

Com os valores de CAP e altura total mensurados em campo, foram calculados os seguintes parâmetros:

$$\text{Diâmetro à altura do peito - DAP} = \text{CAP}/\pi \quad \text{Eq. 1}$$

$$\text{Volume total das árvores - } V_t = 0,25 \times \pi \times \text{DAP}^2 \times \text{At} \times 0,45 \quad \text{Eq. 2}$$

A equação de volume foi validada para estimativa do volume de plantios comerciais da espécie (HARDIYANTO; NAMBIAR, 2014). O volume foi representado como valor médio por árvore ( $\text{m}^3 \text{ arv}^{-1}$ ) e valor médio por hectare ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). O cálculo do volume médio por hectare foi obtido pela multiplicação do valor médio por árvores e densidade de árvores por hectare. A densidade foi calculada utilizando o número de árvores mensuradas por parcela multiplicado pelo fator de correção da parcela (20).

### 3.4 Análise dos dados

Para cada situação de regeneração avaliada (plantio de mudas com 12 e 24 meses, e regeneração espontânea), os valores de diâmetro à altura do peito, altura total, volume individual e volume por hectare foram representados por média e intervalo de confiança. A hipótese de diferença entre os métodos de regeneração, para todas as características citadas, foi testada com o test t de Student, considerando uma probabilidade de 5% para o erro tipo 1. Os testes foram realizados comparando Regeneração espontânea vs Plantio de mudas com 12 meses; e Regeneração espontânea vs Plantio de mudas com 24 meses.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Diâmetro à altura do peito (DAP)

O maior valor médio de diâmetro à altura do peito (DAP) foi observado no povoamento regenerado via plantio de mudas com 24 meses de idade (Tabela 1 e Figura 3). Neste povoamento, o diâmetro foi 2 vezes maior que o observado no plantio de mudas com 12 meses de idade e 1,8 vezes superior ao valor médio registrado no povoamento regenerado de forma espontânea via banco de sementes do solo. Na comparação do valor médio de DAP da regeneração espontânea com os povoamentos estabelecidos via plantio de mudas, as evidências foram significativas para um maior valor de DAP no plantio de mudas com 24 meses (7,17 cm vs 12,95 cm;  $t$  crítico bicaudal = 2,31;  $P < 0,01$ ), porém não significativas para o plantio com 12 meses (7,17 cm vs 6,2 cm;  $t$  crítico bicaudal = 2,31;  $P = 0,07$ ).

**Tabela 1** - Diâmetro à altura do peito (DAP), altura, densidade, volume por árvore e volume por hectare de três povoamentos de *Acacia mangium* no município de Itacoatiara (AM). Valores estão representados pela média  $\pm$  intervalo de confiança (distribuição *t-Student* 95%).

	Regeneração espontânea (27 meses)	Plantio de mudas (12 meses)	Plantio de mudas (24 meses)
<b>DAP (cm)</b>	7,17 $\pm$ 0,29	6,20 $\pm$ 1,28	12,95 $\pm$ 0,49
<b>Altura (m)</b>	9,66 $\pm$ 0,13	3,77 $\pm$ 0,38	11,66 $\pm$ 0,13
<b>Densidade (árvores/ha)</b>	4032 $\pm$ 411	1724 $\pm$ 212	1420 $\pm$ 105
<b>Volume por árvore (m<sup>3</sup>)</b>	0,021 $\pm$ 0,0019	0,006 $\pm$ 0,0026	0,075 $\pm$ 0,0062
<b>Volume por hectare (m<sup>3</sup>)</b>	84,51 $\pm$ 6,17	10,72 $\pm$ 3,51	107,25 $\pm$ 5,61

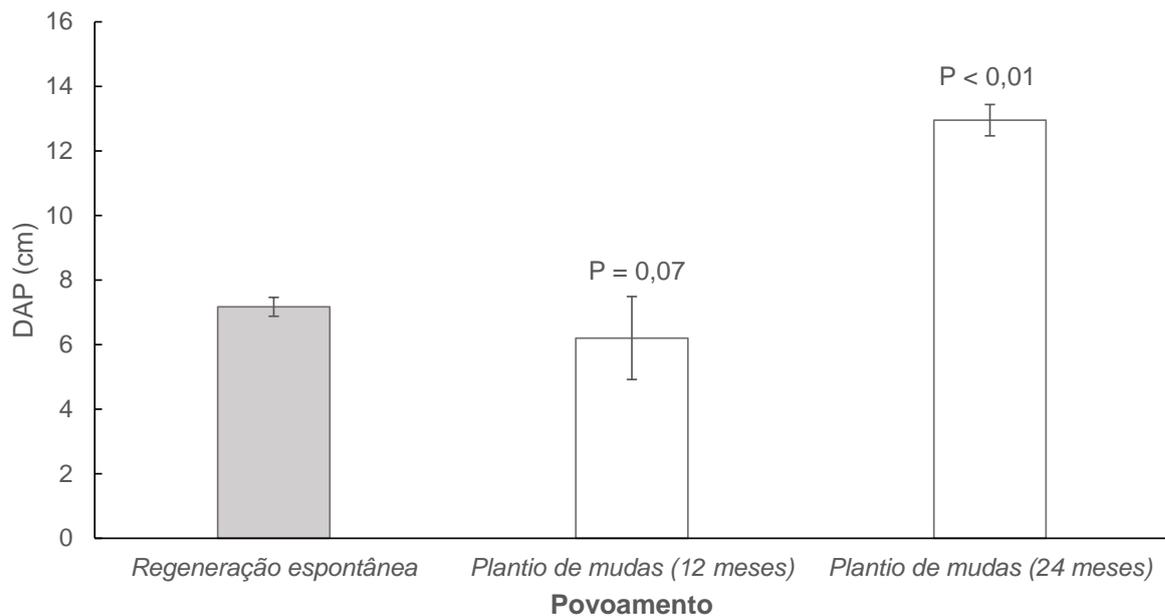
Fonte: Do autor.

Os valores de diâmetro à altura do peito observados para os três povoamentos analisados podem ser considerados bons; pois, segundo tabela de produção para plantios de *A. mangium*, em área de Savana em Roraima, o diâmetro médio das árvores atinge, em sítios bons, valores de 3,4 cm e 9,4 cm aos 12 e 32 meses de idade, respectivamente (TONINI et al., 2010).

Na análise do diâmetro também convém destacar o elevado índice de múltiplos troncos das árvores em povoamentos regenerados via plantio de mudas, quando comparados com o povoamento regenerado de forma espontânea. Embora essa seja uma característica não analisada formalmente na presente pesquisa, na Figura 2 é

possível observar a grande diferença entre os povoamentos no que se refere à essa característica e merece destaque para trabalhos futuros. A *Acacia mangium* é uma espécie com forte tendência à formação de múltiplos troncos, principalmente, quando as árvores estão crescendo em ambientes com menor competição intra e interespecífica e em sítios de maior fertilidade do solo, pois o crescimento é mais acelerado (HEGDE; PALANISAMY; YI, 2013; TONINI; VIEIRA, 2010). Portanto, as condições de maior competição intraespecífica - maior densidade (vide tópico 4.3, *Densidade*) e menor fertilidade do solo - o solo nos povoamentos regenerados via banco de sementes não são fertilizados da mesma forma que nos povoamentos estabelecidos via plantio de mudas (vide tópico 3.2. *Características dos plantios*) – favoreceram o menor índice de troncos múltiplos em árvores de *A. mangium* quando crescendo em condições de regeneração espontânea.

Quando a finalidade do plantio é a produção de madeira para utilização da biomassa das árvores como fonte de energia (e.g. calor específico para secagem de tijolos), a qualidade do fuste não influenciará na produtividade do plantio. Por outro lado, se o plantio de *A. mangium* for realizado para produção de madeira com fustes de qualidade superior (e.g. desdobro em serraria), a presença de múltiplos fustes prejudicará o rendimento da produção de madeira (MEAD; MILLER, 1991). Nessas ocasiões, é necessária a realização de uma desbrota antes que as árvores atinjam 1,5 m de altura, ou seja, logo no primeiro ano do plantio (TONINI, 2010). No presente trabalho, fica evidente que a condução de um povoamento via condução da regeneração espontânea pode ser favorável para produção de árvores com fustes únicos, característica desejável para produção de madeira serrada.



**Figura 3** - Gráfico de barras dos valores médios ( $\pm$  intervalo de confiança, distribuição *t-Student* 95%) do diâmetro à altura do peito (DAP) de três povoaamentos de *Acacia mangium* no município de Itacoatiara (AM). Os valores de *P* referem-se ao teste *t-Student*, para as comparações Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudanças (12 meses) e Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudanças (24 meses).

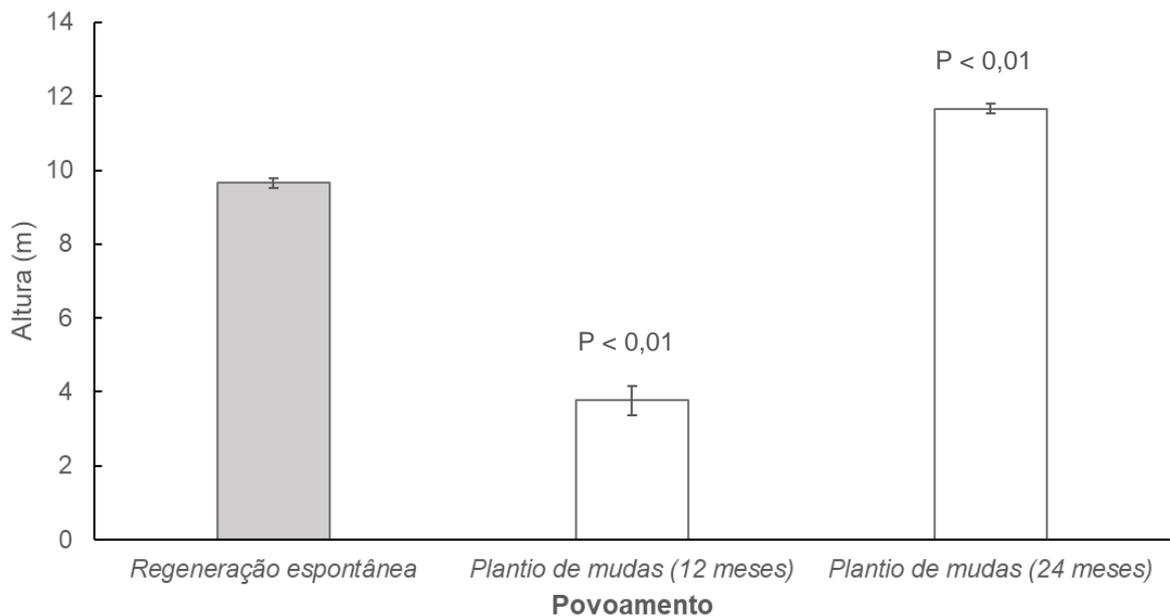
#### 4.2 Altura total (H)

Na análise da altura (H) das árvores o valor médio superior foi notado no plantio de mudas com 24 meses de idade (Tabela 1 e Figura 4). Neste plantio, a altura apresentou ser 3 vezes maior quando comparado com o plantio de mudas de 12 meses de idade e 1,2 vezes superior ao valor médio registrado na regeneração espontânea via banco de sementes do solo. A partir da averiguação do valor médio da altura da regeneração espontânea com os povoaamentos estabelecidos via plantio de mudas, foi constatado diferenças significativas para um valor superior de altura do plantio com 24 meses (9,66 m vs 11,66 m; *t crítico bicaudal* = 2,31;  $P < 0,01$ ) e um valor inferior para o plantio com 12 meses, (9,66 m vs 3,77 m; *t crítico bicaudal* = 2,31;  $P < 0,01$ ).

Os valores médios de altura nos três povoaamentos podem ser considerados bons, pois, assim como foi observado para os valores de diâmetro à altura do peito, são maiores do que os relatados em tabelas de produção para plantios de *A. mangium*, em sítios bons, aos 12 (3,4 m) e 32 (11,1 m) meses de idade (TONINI et al., 2010).

A diferença dos valores de altura das árvores da regeneração espontânea e as

árvores do plantio de mudas com 24 meses de idade foram menores (1,2 vezes; Figura 4 e Tabela 1) do que os valores médios de diâmetro (1,8 vezes, Figura 3 e Tabela 1). Esses resultados são explicados pelo efeito da densidade dos povoamentos sobre a altura e diâmetro das árvores. Esse resultado já é bastante reportado na literatura e refere-se ao maior efeito da densidade de plantio sobre o diâmetro das árvores em comparação com a altura (BOTELHO, 1997). Deste modo, as árvores de *A. mangium* no povoamento regenerado espontaneamente estão, provavelmente, sob forte competição intraespecífica. Esse fator está conduzindo as árvores para um maior crescimento em altura em detrimento do diâmetro. Essas afirmações se tornam mais evidentes quando considerada a alta exigência por luz da espécie (CORREIA; MARTINS, 2015) e também a elevada densidade desse povoamento, discutida a seguir.



**Figura 4** - Gráfico de barras dos valores médios ( $\pm$  intervalo de confiança, distribuição *t-Student* 95%) altura (H) de três povoamentos de *Acacia mangium* no município de Itacoatiara (AM). Os valores de *P* referem-se ao teste *t-Student*, para as comparações Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudanças (12 meses) e Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudanças (24 meses).

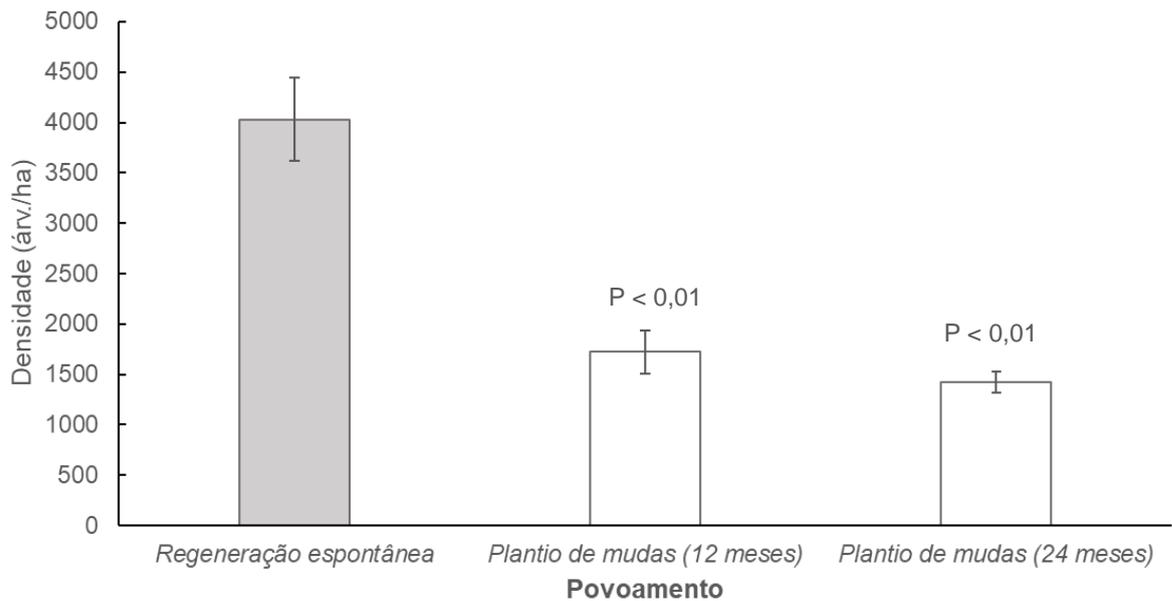
### 4.3 Densidade

Em relação aos resultados da densidade, foi observado um maior valor médio no povoamento via regeneração espontânea com 27 meses de idade (Tabela 1 e

Figura 5). O valor de densidade observado para regeneração espontânea foi 2,3 vezes maior quando comparado com o plantio de mudas com 12 meses de idade e 2,8 vezes superior ao valor médio registrado no povoamento regenerado via plantio de mudas com 24 meses. A partir da análise comparativa do valor médio da densidade da regeneração espontânea com os povoamentos estabelecidos via plantio de mudas foram observadas diferenças significativas para a densidade no plantio de mudas com 24 meses (4032 árvores/ha vs 1420 árvores/ha; *t crítico bicaudal* = 2,31; *P* < 0,01), e 12 meses (4032 árvores/ha vs 1724 árvores/ha; *t crítico bicaudal* = 2,31; *P* < 0,01).

A densidade de um povoamento refere-se à quantidade de árvores presentes em um hectare (10000 m<sup>2</sup>). O valor de densidade de um povoamento é influenciado pela densidade inicial, número de mudas plantadas ou regeneradas artificialmente, e pela mortalidade. No presente trabalho, os povoamentos regenerados via plantio de mudas, com 12 e 24 meses de idade, possuíam uma densidade inicial de 2667 e 1667 árvores por hectare, considerando o espaçamento de 1,5 x 2,5 m e 3 x 2 m, respectivamente. Analisando a densidade inicial e a densidade observada no momento da avaliação, a mortalidade média no povoamento de 12 meses de idade foi de 35,36% e no povoamento com 24 meses foi de 14,81%. Segundo relatos de um funcionário da empresa, uma forte estiagem após o plantio do povoamento de 12 meses foi a causa da maior mortalidade das mudas.

O valor de densidade no povoamento regenerado espontaneamente foi sobremaneira superior ao observado nos povoamentos estabelecidos via plantio de mudas. Mesmo com um desbaste logo no início da regeneração, o povoamento regenerado espontaneamente apresentava, aos 27 meses de idade, 4032 árvores por hectare. Esse valor é resultado da expressiva produção de sementes da espécie que, conforme registros na literatura, pode chegar à 4,1 milhões de sementes por hectare (SAHARJO; WATANABE, 2000). Conforme será discutido nos tópicos a seguir, a alta densidade de árvores no povoamento regenerado espontaneamente é um fator determinante para sua competitividade, em termos de produtividade de volume de madeira por hectare, com o plantio de mudas.



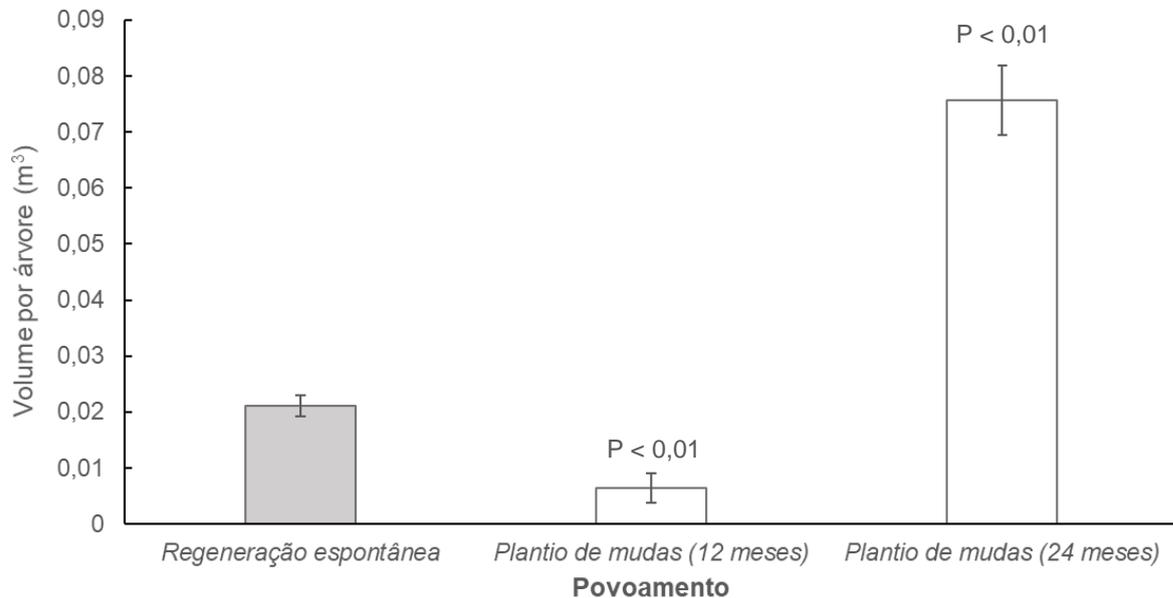
**Figura 5** - Gráfico de barras dos valores médios ( $\pm$  intervalo de confiança, distribuição *t-Student* 95%) de densidade de três povoamentos de *Acacia mangium* no município de Itacoatiara (AM). Os valores de *P* referem-se ao teste *t-Student*, para as comparações Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudanças (12 meses) e Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudanças (24 meses).

#### 4.4 Volume por árvore

O plantio de mudas de 24 meses apresentou o maior valor médio do volume por árvore (Tabela 1 e Figura 6). Para este povoamento o volume médio por árvore foi 12,5 vezes maior que o observado no plantio de mudas com 12 meses de idade e 3,5 vezes superior ao valor médio registrado no povoamento regeneração espontânea com 27 meses de idade. Na comparação estatística do valor médio do volume por árvore da regeneração espontânea com os povoamentos estabelecidos via plantio de mudas, as evidências foram significativas para um maior valor de volume por árvore no plantio de mudas com 24 meses ( $0,021 \text{ m}^3$  vs  $0,075 \text{ m}^3$ ; *t* crítico bicaudal = 2,31;  $P < 0,01$ ), e significativas para um menor volume no plantio com 12 meses ( $0,021 \text{ m}^3$  vs  $0,006 \text{ m}^3$ ; *t* crítico bicaudal = 2,31;  $P < 0,01$ ).

O volume individual de uma árvore é função do crescimento em altura e diâmetro ( $Vt = 0,25 \times \pi \times \text{DAP}^2 \times \text{At} \times 0,45$  Eq. 2). O volume médio das árvores no povoamento regenerado via plantio de mudas com 24 meses foi expressivamente superior ao observado para o plantio de mudas com 12 meses, pois, a *A. mangium*

apresenta uma taxa de crescimento menor no primeiro ano, se comparada a outras espécies de rápido crescimento (ATIPANUMPAI, 1989; TONINI, 2010)



**Figura 6** - Gráfico de barras dos valores médios ( $\pm$  intervalo de confiança, distribuição *t-Student* 95%) volume por árvore de três povoaamentos de *Acacia mangium* no município de Itacoatiara (AM). Os valores de *P* referem-se ao teste *t-Student*, para as comparações Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudás (12 meses) e Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudás (24 meses).

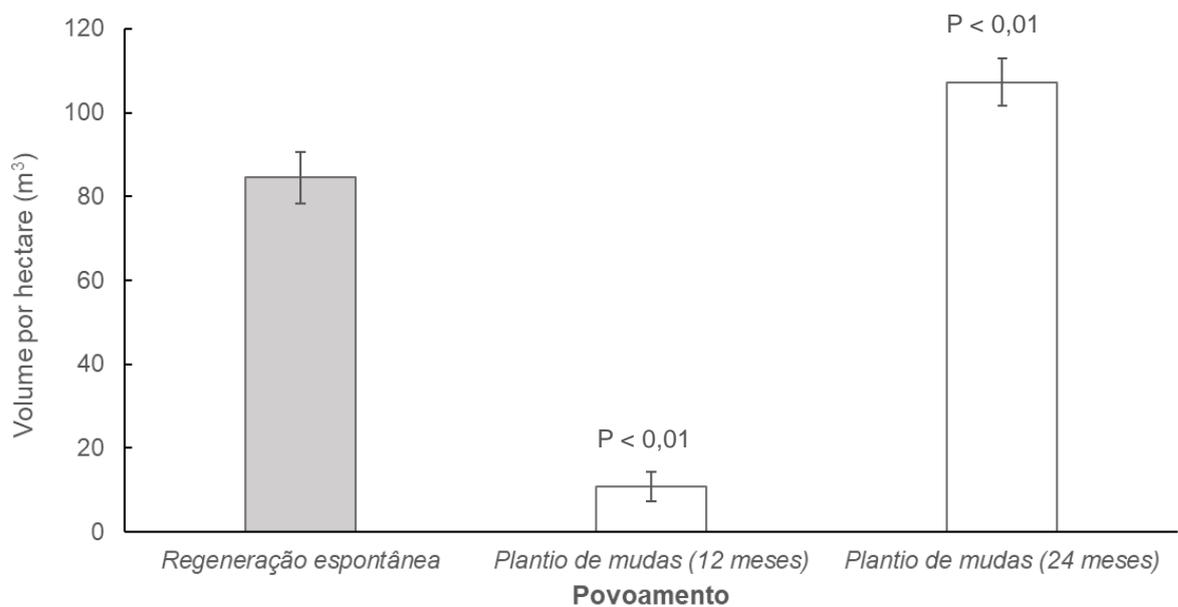
#### 4.5 Volume por hectare

O maior valor médio do volume por hectare foi observado no povoamento via plantio de mudas com 24 meses de idade (Tabela 1 e Figura 7). Neste povoamento, o volume por hectare foi 10 vezes maior que o observado no plantio de mudas com 12 meses de idade e 1,3 vezes superior ao valor médio registrado no povoamento regenerado espontaneamente. Na comparação do valor médio do volume por hectare da regeneração espontânea com os povoaamentos estabelecidos via plantio de mudas, as evidências foram significativas para um maior valor de volume por hectare no plantio de mudas com 24 meses ( $84,51 \text{ m}^3$  vs  $107,25 \text{ m}^3$ ; *t* crítico bicaudal = 2,31;  $P < 0,01$ ), e menor volume para o plantio com 12 meses ( $84,51 \text{ m}^3$  vs  $10,72 \text{ m}^3$ ; *t* crítico bicaudal = 2,31;  $P < 0,01$ ).

O volume por hectare é formado pelo produto da densidade e volume individual

das árvores, portanto, um povoamento apresentará maior volume por hectare quanto maior for o volume individual das árvores e quanto maior for o número de árvores por hectare. Nos povoamentos de *A. mangium* avaliados no presente trabalho foram observados elevados valores de volume individual por árvore no povoamento com 24 meses regenerado via plantio de mudas (Figura 6) e superiores valores de densidade no povoamento que regenerou espontaneamente via banco de sementes do solo (Figura 5). Portanto, os dois povoamentos apresentaram elevados valores de volume por hectare, porém por diferentes motivos.

As maiores produtividades - incremento volumétrico médio anual (IMA) de  $40 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  - de *A. mangium* têm sido observadas em plantios realizados em sítios férteis, de elevada precipitação pluviométrica e temperatura do ar (TURNBULL, 1986). Embora a espécie esteja adaptada e apresente crescimento vigoroso em sítios pobres, o incremento volumétrico médio anual fica em torno de  $20 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Se considerada a idade do povoamento regenerado via plantio de mudas com 24 meses e da regeneração espontânea (27 meses) o incremento volumétrico anual foi, respectivamente,  $53,62 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  e  $37,56 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Para ambos os povoamentos, essas podem ser consideradas produtividade altas se comparadas com outros plantios da espécie ao longo da região tropical (Tabela 2).



**Figura 7** - Gráfico de barras dos valores médios ( $\pm$  intervalo de confiança, distribuição *t-Student* 95%) volume por hectare de povoamentos de *Acacia mangium* no município de Itacoatiara (AM). Os valores de *P* referem-se ao teste *t-Student*, para as comparações Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudanças (12 meses) e

## Regeneração Espontânea vs Plantio de Mudas (24 meses).

**Tabela 2** - Incremento médio anual em diâmetro (IMAd), altura (IMAh) e volume (IMAv), e sobrevivência de povoamentos de *Acacia mangium* em diferentes regiões, idades e espaçamentos de plantio.

FONTE	Local	Espaçamento (m)	Idade (anos)	S%	IMAd	IMAh	IMAv
1	Malásia	2,1 x 2,7	4	93,8	3	4	-
2	Indonésia	3 x 3	2,5	100	4,8	4,5	19,67
2	Indonésia	3 x 3	2,5	93	5,2	4,8	22,71
3	Indonésia	3 x 3	6	100	2,5	3,11	-
4	Indonésia	3 x 3	2,2	99,5	5,45	4,91	42,13
4	Indonésia	3 x 3	2,2	99	3,76	3,68	15,8
5	Haváí	2,5 x 2	1,6	-	3,4	4,6	15,7
6	Bangladesh	2 x 2	8,4	81	-	1,94	32,33
7	Belterra, PA	3 x 2	4,5	97,6	-	2,6	22,91
8	Belo Oriente, MG	3 x 4	5,3	82,8	2,85	2,34	61,31
8	Cel. Fabriciano, MG	3 x 3	5,3	69,6	1,85	2,13	26,47
9	Manaus, Am	3 x 2	4	100	2,4	3,6	45,3
10	Rio Branco, Ac	1,50 x 1,50	4	80	4,98	2,91	-
11	Iranduba, Am	4 x 4	2	-	5,25	3,83	-
12	Costa Rica	3 x 3	3	77,3	5,9	3,6	-
13	Costa Rica	3 x 3	3	83	6,2	3,7	-
14	Cantá, RR	3 x 2	6	25,6	2,05	1,9	12,79
15	Jacitara, RR	3,60 x 2	4	84,4	2,45	2,7	14,43
16	Serra-da-lua, RR	3,60 x 2	4	91,4	2,65	2,6	16,21

Fonte: 1 – Lim (1988); 2 – Turvey (1996); 3 – Saharjo e Watanabe (2000); 4 – Tuomela et al. (1996); 5 – Cole et al. (1996); 6 – Kabir e Webb (2005); 7 – Ferreira et al. (1990); 8 – Silva et al. (1996); 9 – Souza et al. (2004); 10 – Miranda e Valentim (2000); 11 – Azevedo et al. (1998); 12 – Tilki e Fisher; 13 – Butterfield (1995). 14, 15, 16 – Tonini (2010).

A elevada produtividade dos povoamentos em ambos os métodos, regenerados via plantio de mudas e espontaneamente do banco de sementes do solo, podem ser um reflexo das condições locais do sítio de plantio. Os povoamentos estão estabelecidos em uma região com elevada altura pluviométrica anual (2520 mm) e apenas dois meses de baixa precipitação (agosto e setembro) quando o acumulado mensal de precipitação fica abaixo de 100 mm (INMET, 2021). Os solos da região são considerados de baixa fertilidade, com baixo pH, elevada saturação por alumínio e reduzidos teores de fósforo e bases trocáveis (K, Ca, Mg), no entanto, essa limitação parece ser superada nos povoamentos regenerados via plantio de mudas, onde ocorre correção da acidez e adição de cálcio e magnésio com a calagem. Ademais, mesmo em condições em que a fertilidade do solo não foi novamente condicionada após a colheita, caso do povoamento regenerado via banco de sementes do solo, a espécie ainda apresentou bom desempenho produtivo.

A *A. mangium* é uma espécie pioneira rústica, de rápido crescimento, de regiões úmidas a muito úmidas, de terras baixas a altitudes de 300 m acima do nível do mar (ALVARADO, 2016). A espécie apresenta alto consumo diário de água, portanto o melhor crescimento ocorre em regiões com período seco de curta duração. Em condições que o período seco ultrapassa três meses, as árvores tendem a morrer após o segundo e terceiro ano de plantio, provavelmente, em decorrência de embolismo, uma vez que, as árvores não são decíduas (OCAÑA 1994; ILSTEDT et al. 2004). Quanto ao solo, *A. mangium* não tolera elevados índices de salinidade (MARTÍNEZ 1987; SÁNCHEZ 1994), porém tolera solos ácidos com pH entre 3,4 e 5,0 (OTSAMO et al. 1995), baixos teores de matéria orgânica (NIRSATMANTO et al. 2004; KIM et al. 2008) e baixas concentrações do fósforo (RIBET; DREVON, 1996). Além disso, a espécie pode crescer bem em solos arenosos e resíduos de áreas de mineração, no entanto, o crescimento é severamente impactado em solos com densidade entre 1,35 e 1,52 cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup> (MAJID et al. 1998).

#### **4.6 Implicações Silviculturais**

A *A. mangium* é uma espécie arbórea de rápido crescimento, e os povoamentos dessa espécie podem ser estabelecidos com os mais diversos objetivos, tais como, plantios industriais para produção de madeira que será utilizada em serraria ou para produção de biomassa de uso energético, recuperação de áreas degradadas e plantios para pasto apícola (PANCEL, 2016). Devido ao rápido crescimento e múltiplos objetivos, os plantios de *A. mangium* tem aumentado ao longo de toda região tropical (KOUTIKA; RICHARDSON, 2019). Embora muito conhecimento já tenha sido acumulado sobre as melhores práticas silviculturais a serem adotadas para a regeneração, condução e colheita dessa espécie, nenhuma pesquisa, até o presente momento, analisou formalmente a possibilidade de regeneração da espécie via condução do banco de sementes do solo.

A alta produção de sementes, dispersão ornitocórica em longas distância dormência no banco de sementes e alta capacidade de germinação em áreas com alta disponibilidade de luz fez com que a *A. mangium* fosse considerada uma espécie invasora em algumas regiões, embora, esse assunto ainda seja motivo de intenso debate científico (KOUTIKA; RICHARDSON, 2019). Para longe da discussão sobre o potencial de espécie invasora, as características supracitadas podem ser altamente

favoráveis para o estabelecimento espontâneo, sem necessidade de plantio de mudas, de novos povoamentos após a colheita.

No presente trabalho, foi demonstrado que a performance produtiva de um povoamento de *A. mangium* regenerado espontaneamente via banco de sementes do solo, como 27 meses de idade, foi superior ao de um povoamento regenerado via plantio de mudas com 12 meses de idade, mas inferior a um com 24 meses. Embora o volume acumulado, por hectare, na regeneração espontânea tenha sido 22,75 m<sup>3</sup> inferior ao observado no plantio de mudas com 24 meses (84,51 m<sup>3</sup> vs 107,25 m<sup>3</sup>), convém destacar que quando comparado com plantios ao longo de toda região tropical, o povoamento regenerado espontaneamente apresentou uma boa produtividade (37,56 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>). A boa produtividade se deve ao crescimento das árvores individuais, mas, principalmente, à elevada densidade de árvores por hectare no povoamento regenerado via banco de sementes do solo (4032 árvores/ha).

Além da boa produtividade, conforme demonstrado no presente trabalho, a regeneração de povoamentos de *A. mangium* via regeneração espontânea do banco de sementes do solo pode ser uma opção mais viável economicamente que o plantio de mudas, pois, dispensa os custos associados com a produção de mudas e preparo do solo para o plantio. Para mais, a regeneração espontânea pode ser uma opção viável para a reforma (segunda rotação) de plantios da espécie para pequenos produtores que não possuem alta capacidade de investimento para o preparo do solo e produção de mudas. Novos estudos devem avaliar outros aspectos, tais como, razão custo e benefício, para que além da evidência técnica, a evidência financeira também seja acrescentada sobre a possibilidade de regeneração de povoamentos de *A. mangium* via banco de sementes do solo.

## 5 CONCLUSÕES

Povoamentos de *A. mangium* estabelecidos no município de Itacoatiara, Amazonas apresentam boa performance produtiva, independentemente do método de regeneração (plantio de mudas ou regeneração espontânea do banco de sementes do solo). Povoamentos regenerados via plantio de mudas apresentam elevada produtividade em volume por hectare, pois apresentam maior crescimento em diâmetro e volume médio por árvore após o primeiro ano de plantio. Povoamentos regenerados via regeneração espontânea do banco de sementes do solo são competitivos em termos produtivos com os povoamentos regenerados via plantio de mudas, pois, apresentam elevada densidade de árvores por hectare.

A regeneração de povoamentos de *A. mangium* pode ser realizado tanto pelo plantio de mudas quanto pela regeneração do banco de sementes do solo. Esses resultados aumentam as possibilidades de regeneração dessa espécie, principalmente para pequenos produtores que não possuem alta capacidade de investimento para plantio de mudas.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. D. M., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVARADO, Alfredo. Plant nutrition in tropical forestry. **Tropical forestry handbook**, v. 2, p. 1113-1202, 2015.
- ATTIAS, N.; SIQUEIRA, M. F.; BERGALLO, H. G. **Acácias Australianas no Brasil: Histórico, Formas de Uso e Potencial de Invasão**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Rio de Janeiro, 2013.
- ATIPANUMPAL, L. Acacia mangium: studies on the genetic variation in ecological and physiological characteristics of a fast-growing plantation tree species. **Acta Forestalia Fennica**, Helsinki, FL, v. 206, p. 92, 1989.
- AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; NEVES, E. J. M. Seleção e manejo de espécies florestais para fins energéticos na região de Iraduba – AM. **Pesquisa em Andamento**, Manaus, n. 4, p. 6, nov. 1998.
- BUTTERFIELD, R. P. Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v. 75, p. 111-121, Jan. 1995.
- BOTELHO, S.A. 1997. Espaçamentos. In: Scolforo, J.R.S. (Ed.). **Manejo Florestal**. UFLA/FAEPE, Lavras, p.381–406.
- CALDATO, S, L; FLOSS, P, A; CROCE, D, M; LONGHI, S, J. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na reserva genética florestal de Caçador, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p. 27-38, 1996.
- COLE, T. G.; YOST, R. S.; KABLAN, R.; OLSEN, T. Growth potential of twelve Acacia species on acid soils in Hawaii. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v.80, p.175-186, 1996.
- CORREIA, G, G, S; MARTINS, S, V. Banco de Sementes do Solo de Floresta Restaurada, Reserva Natural Vale, ES. **Floresta e Ambiente**. V. 22, n.1, p. 79-87 2015.
- CUONG, T; CHINH, T, T, Q; ZHANG, Y; XIE, Y. Economy Performance of Forest Plantations in Vietnam: *Eucalyptus*, *Acacia mangium*, and *Manglietia conifera*. **Forests**. V.11, n.3, p. 1-14, 2020.
- FERREIRA, C.A; SILVA, F.P; YARED, J.A; CAPITANI, L.R, SUITER-FILHO, W. *Acacia mangium* uma nova opção para reflorestamento?. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...Campos do Jordão:SBS**, 1990, p.564-567

FOELKEL, C. Os Eucaliptos e as Leguminosas: Parte 03: *Acacia mangium*. **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, 2012, 112p.

HEGDE, M; PALANISAMY, K; YI, S. J. *Acacia mangium* Willd. – A fast Growing Tree for Tropical Plantation. **Journal of Forest Science**, V. 29, N. 1, p. 1-4, 2013.

HARDIYANTO, E. B.; NAMBIAR, EK S. Productivity of successive rotations of *Acacia mangium* plantations in Sumatra, Indonésia: impacts of harvest and inter-rotation site management. **New Forests**, v. 45, n. 4, p. 557-575, 2014.

ILSTEDT U, MALNER A, NORDGREEN A, LIAU P (2004) Soil rehabilitation following tractor logging: early results on amendments and tilling in a second rotation *Acacia mangium* plantation in Sabah, Malaysia. **For Ecol Manage** 194:215–222

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de vegetação do Brasil**. 3º Edição, 2012. Disponível em: < <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa805>>. Acessado em: 22 nov. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados meteorológicos**. 2021. Disponível em: < <https://bdmep.inmet.gov.br/>> Acessado em: 22 nov. 2021.

KABIR, M. E.; WEBB, E. L. Productivity and suitability analysis of social forestry woodlot species in Dhaka Forest Division, Bangladesh. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v. 212, p. 243-252, 2005.

KIM, N; MATSUMURA, J; ODA, K; CUONG, N. Possibility of improvement in fundamental properties of wood of acacia hybrids by artificial hybridization. **J Wood Sci** 55(1):8–12, 2008.

KOUTIKA, L, S; RICHARDSON, D, M. *Acacia mangium* Willd: benefits and threats associated with its increasing use around the world. **Forest Ecosystems**, V 6, n.2, p. 1-13, 2019.

KRISNAWATI, H; KALLIO, M; KANNIEN, M. ***Acacia mangium* Willd.: Ecology, silviculture and productivity**. Center International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 2011. 26p.

LIM, M. T. Studies on *Acacia mangium* in Kemasul forest Malaysia: biomass and productivity. *Journal of tropical Ecology*, New York, v.4, p. 293-302, 1988.

MADURO, C; SILVA, S; MACIEL, E; CABRAL, G. **Produção de néctar e potencial para produção de mel de *Acacia mangium* Willd (Leguminosae, Mimosoidae) no estado de Roraima**. Boletim do Museu Integrado de Roraima (online). V. 13, p.1-17-2020.

MAJID, N, M; PAUDYAL, D, K; SHEBLI, Z, B, T. Survival and early growth of *Acacia mangium*, *Ceiba pentandra* and *Casuarina equisetifolia* in sandy tin tails. **Pertanika J Trop Agric Sci** 21(1):59–65, 1998.

MARTÍNEZ, H, A. **Silvicultura de algunas especies de árboles de uso múltiple II.** El Chasqui 13:16–23, 1987.

MEAD, D.J.; MILLER, R. R. The establishment and tending of *Acacia mangium*. In: TURNBULL, J. W. **Advances in tropical acacia research.** Canberra, AU: ACIAR, 1991.p. 116-122. (ACIAR Proceedings, n.35)

MEYER, E, A. **PRODUÇÃO DE MADEIRA EM REGIME DE TALHADIA NA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL.** 2015, 108p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências rurais. Santa Maria, RS, 2015.

MIRANDA, E. M.; VALENTIM, J. F. Desempenho de doze espécies arbóreas nativas e introduzidas com potencial de uso múltiplo no estado do Acre. **Acta amazonica**, Manaus, v. 30, n. 3, p. 471-480, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. ***Mangium and other fast-growing Acacias for the humid tropics.*** Washington, DC: National Academy Press, 1983. 57 p.

NIRSATMANTO, A; LEKSONO, B; KURINOBU, S; SHIRAISHI, S. Realized genetic gain observed in second-generation seedling seed orchards of *Acacia mangium* in South Kalimantan, Indonesia. **J Forest Res** 9(3):265–269, 2004.

OCANA, G. Ensayo de fertilización *Acacia mangium*. Proyecto Agrosilvopastoril – Las Pavas. In: Osorio RV, Morán BF (eds) **Seminario Técnico *Acacia mangium*, comportamiento y potencial en Panamá.** Memorias. Panamá, CATIE, INRENARE, ANCON, CARITAS Arquidiocesana, ANARAP, pp 105–120.

OTSAMO, A, A; DJERS, G; HADI, T,S; KUUSIPALO, J; TUOMELA, K; VUOKKO, R. Effect of site preparation and initial fertilization on the establishment and growth of four plantation tree species used in reforestation of Imperata cylindrica (L.) Beauv. dominated grasslands. **For Ecol Manage** 73(1):271–27, 1995.

PANCEL, L. Species files in tropical forestry. **Tropical Forestry Handbook.** Springer, Berlin, Heidelberg, 2016.

PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, F. R.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; FONSECA, S. Estoques de carbono e nitrogênio em argissolo submetido ao monocultivo de *Eucalyptus urograndis* e em rotação com *Acacia mangium*. **Ciência Florestal**, V. 24, n.4, p.935-946, 2014.

PRANCE, G. T.; RODRIGUES, W. A.; SILVA, M. F. da. Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme km 30 da estrada Manaus-Itacoatiara. **Acta Amazonica**, v. 6, n. 1, p. 9-35, 1976.

RIBET, J; DREVON, J, J. **The phosphorus requirement of N<sub>2</sub>-fixing and urea-fed**

**Acacia mangium.** New Phytol 132:384–390, 1996.

ROSSI, L.M.B; ATAYDE, C.M; CAMPELLO, N. *Acacia mangium*. **Embrapa Amazônia Ocidental**. Manaus, Amazonas. 09-2003

ROSSI, L.M.B; AZEVEDO, C.P; SOUZA, C. R. *Acacia mangium*. **Embrapa Amazônia Ocidental**. Manaus, Amazonas, 2003.

SAHARJO, B. H.; WATANABE, H. Estimation of litter fall and seed production of *Acacia mangium* in a forest plantation in South Sumatra, Indonésia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v. 130, p. 265-268, 2000.

SÁNCHEZ, R. Efecto de la rotación de cultivos agrícolas y pastos en *Acacia mangium* y la influencia de estos en la dinámica de nutrientes del suelo. Proyecto Agrosilvopastoril – Las Pavas. In: Osorio RV, Morán BF (eds) **Seminario Técnico Acacia mangium, comportamiento y potencial en Panamá**. Memorias. Panamá, CATIE, INRENARE, ANCON, CARITAS Arquidiocesana, ANARAP. pp 91–104, 1994.

SANTOS, J.F; SILVA, J. V. Dispersão, distribuição espacial e potencial de dominância da *Acacia mangium* Willd. em remanescentes de mata atlântica, no distrito de Helvecia, Bahia. **Revista Mosaicum**, v. 16, n 31, p. 81-95, 2020.

SHEIN, C.C; MITLÖHNER, R. ***Acacia mangium* Willd.: Ecology and Silviculture in Vietnam**. Center International Forestry Research. Borgor, Indonesia, 2011, 26p.

SIMÕES, S, M, O; ZILLI, J, E; COSTA, M, C, G; TONINI, H; BALIEIRO, F, C. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. **Acta Amazônia**. V. 40, n. 1, p.23-30, 2010.

SILVA, F. P.; BORGES, R. C. G.; PIRES, I. E. Avaliação de procedência de *Acacia mangium* Willdm, aos 63 meses de idade, no Vale do Rio Doce- MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 299-308, 1996

SILVA, J. M. L. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos do Município de Itacoatiara-Estado do Amazonas**. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2003, 51p.

SMIDERLE, O. J. Dormência e Germinação de Sementes. **Acacia mangium: Características e seu cultivo em Roraima**. 1ª edição. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Boa Vista, Embrapa Roraima, 2010, Cap. 2, P. 23-32.

SULAIMAN, R. Survival Rates of Direct Seeding and Containerised Planting of *Acacia mangium*. **Australian Acacias in Developing Countries**, p. 173, 1986.

SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 95-101, 2004.

TILKI, F.; FISHER, R. F. Tropical leguminous species for acid soils: studies on plant

form and growth in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v. 108, p. 175-192, 1998.

TONINI, H; ANGELO, D, H; CONCEIÇÃO, J, S; HERZOG, F. A silvicultura da *Acacia mangium* em Roraima. **Acacia mangium: Características e seu cultivo em Roraima**. 1ª edição. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Boa Vista, Embrapa Roraima, 2010, Cap. 5, P. 83-105.

TONINI, H. Características em plantios e propriedades da madeira de *Acacia mangium*. **Acacia mangium: Características e seu cultivo em Roraima**. 1ª edição. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Boa Vista, Embrapa Roraima, 2010, Cap. 4, P. 63-81.

TONINI, H; VIEIRA, B, A, H. Descrição morfológica habitat e ecologia. **Acacia mangium: Características e seu cultivo em Roraima**. 1ª edição. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Boa Vista, Embrapa Roraima, 2010, Cap. 1, P. 18-21.

TONINI, H; VIEIRA, B, A, H; SILVA, S, J, R. **Acacia mangium: Características e seu cultivo em Roraima**. 1ª edição. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Boa Vista, Embrapa Roraima, 2010, 145p.

TUOMELA, K.; OTSAMO, A.; KUUSIPALO, J.; VUOKKO, R.; NIKLER, G. Effect of provenance variation and singling and pruning on early growth of *Acacia mangium* Willd.plantation on Imperata cylindrical (L.) Beauv.dominated grassland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v. 84, p. 241-249, 1996.

TURVEY, N. D. Growth at age 30 months of *Acacia* and eucalyptus species planted in Imperata grasslands in Kalimantan Selatan, Indonésia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, NL, v.82, p. 185-195, 1996.