



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE TROPICAL  
UNIFAP / CI - BRASIL / EMBRAPA – AP / IEPA**



**MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL E PRODUÇÃO DE  
MADEIRA DE PAU MULATO EM FLORESTA DE VÁRZEA DO  
ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

**NÚBIA TATHIANE FURTADO CASTILHO**

**Macapá - AP  
2013**

**NÚBIA TATHIANE FURTADO CASTILHO**

**MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL E PRODUÇÃO DE  
MADEIRA DE PAU MULATO EM FLORESTA DE VÁRZEA DO  
ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Macapá - AP  
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

634.9

C352m Castilho, Núbia Tathiane Furtado.

Manejo da regeneração natural e produção de madeira pau mulato em floresta de várzea do estuário Amazônico / Núbia Tathiane Furtado Castilho -- Macapá, 2013. 95 f.

Dissertação (Mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical.

Orientador: Marcelino Carneiro Guedes

1. Florestas - Regeneração. 2. Manejo florestal 3. Economia florestal – Amazônia. 4. Madeira – Exploração – Amazônia. 5. Floresta de várzea. 6. Dendrocronologia. I. Guedes, Marcelino Carneiro, orient. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

**NUBIA TATHIANE FURTADO CASTILHO**

**MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL E PRODUÇÃO DE MADEIRA DE PAU  
MULATO EM FLORESTA DE VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

---

**Orientador:** Dr. Marcelino Carneiro Guedes

**Banca Examinadora:**

---

Dra. Eleneide Doff Sotta – EMBRAPA

---

Dr. Jochen Schöngart – INPA

Macapá/AP  
2013

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela saúde e força de vontade para seguir em frente mesmo diante das dificuldades.

Ao meu orientador, Marcelino Guedes, pelo incentivo, paciência, inspiração e motivação.

As pessoas maravilhosas que Deus colocou na minha vida e que têm me ensinado o verdadeiro sentido do amor.

A meus pais Joaquim e Dina que me criaram no caminho do bem e me apoiaram quando precisei.

Aos colegas da turma do mestrado pelos dias de aprendizado e compartilhamento de experiências. Agradeço especialmente a Mariane e Paulo que sempre me apoiaram e me motivaram.

Aos colegas Ezaquiel, Lindinaldo, Anderson, Breno, Jonas, Jaqueline, Jayna, Jailson, Diego, Ediglei, Manu, Mário, Jadson, Aldemir, Beto, Leonardo, Graciela, Madergan, Fábio, Adjalma, Adjard e Enoque que muito ajudaram nos trabalhos pesados de campo. Agradeço especialmente a Dani que esteve comigo em todos os momentos no campo, sempre ajudando na organização de tudo.

Aos colegas da SEMA pelo apoio e compreensão quando tive que me ausentar por causa dos trabalhos de campo.

As pessoas que sempre nos receberam muito bem nas suas casas quando precisamos fazer os trabalhos de campo, principalmente o Seu Valdenor e o Seu Milton do Mazagão.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior - CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

As instituições Embrapa Amapá que por meio do Projeto Florestam, possibilitou a execução das atividades de campo; ao Instituto Estadual de Florestas – IEF pelo apoio logístico em campo; ao Instituto Chico Mendes – ICMBio que concedeu autorização para pesquisa na RESEX Rio Cajari e a Universidade do Estado do Amapá – UEAP pelo apoio no campo por meio dos estagiários e profissionais lá formados.

Muito grata a todos!

*“A ciência precisa de tempo para pensar. A ciência precisa de tempo para ler, e tempo para fracassar. A ciência nem sempre sabe onde ela se encontra neste exato momento. A ciência se desenvolve de forma instável, através de movimentos bruscos e saltos imprevisíveis à frente. Ao mesmo tempo, contudo, ela muitas vezes emerge lentamente, e para isso é preciso que haja estímulo e reconhecimento. A sociedade deve dar aos cientistas o tempo de que eles necessitam, e os cientistas precisam ter calma [...].”*

Slow Science

## RESUMO GERAL

O pau mulato (*Calycophyllum spruceanum*. (Benth) K. Shum.) é uma das espécies importantes da floresta de várzea do estuário amazônico para exploração madeireira. Assim, conhecer o potencial econômico desta espécie, seu padrão de crescimento, sua dinâmica de regeneração natural e as técnicas de manejo, torna-se fundamental, uma vez que, além da importância econômica, o pau mulato também é uma das espécies mais utilizadas pela população ribeirinha. Para isto, foram realizados estudos que tiveram como objetivo subsidiar o manejo florestal adequado do pau mulato, tendo em vista sua importância econômica e social para a região. Verificou-se que o pau mulato apresenta importância significativa na comercialização de madeira da várzea e que movimenta por ano R\$ 1.140.857 nas micro serrarias e R\$ 3.249.672 nas estâncias que vendem madeira serrada nas cidades de Macapá e Santana, representando em torno de 20% da comercialização total. O segundo estudo teve como objetivo modelar o crescimento do pau mulato com dados dendrocronológicos, por meio da análise dos anéis de crescimento, para determinar o seu diâmetro mínimo de corte (DMC) e ciclo de corte (CC) em áreas de capoeira sem manejo da regeneração natural. O pau mulato apresentou diâmetro mínimo de corte de 50 cm, ciclo de corte de 10 anos e incremento máximo de 1,7 cm ano<sup>-1</sup>. O terceiro estudo verificou de que forma diferentes densidades de pau mulato e de outras espécies, presentes em sistemas agroflorestais (SAFs), influenciam o seu crescimento em diâmetro. O crescimento do pau mulato apresentou relação positiva com a diversidade de espécies dos SAFs, porém apresentou relação negativa com a elevada densidade das outras espécies. Nessas áreas, consorciado com outras espécies, o pau mulato apresentou crescimento diamétrico máximo e mínimo de 1,02 cm ano<sup>-1</sup> e 0,32 cm ano<sup>-1</sup>. O quarto estudo teve como objetivos verificar o potencial de regeneração natural do pau mulato, avaliar o efeito do desbaste no seu crescimento, em povoamentos puros (PPs) e em SAFs, estimando a capacidade de produção de madeira no segundo desbaste com o uso de modelos de regressão. O pau mulato apresentou elevada densidade remanescente em capoeiras de 10 a 18 meses, com valores de 7.623 ind ha<sup>-1</sup> e 118.817 ind ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Após o tratamento de desbaste, o crescimento máximo e mínimo ocorreu nas densidades de 125 ind ha<sup>-1</sup> e 1.416 ind ha<sup>-1</sup> (testemunha sem desbaste), com valores de 1,71 cm ano<sup>-1</sup> e 0,11 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente. O volume de madeira obtido nos SAFs e nos PPs foi de 20,52 m<sup>3</sup>/ha, resultante da cubagem de 696 árvores. Os modelos que apresentaram melhor ajuste para estimar o volume de madeira de pau mulato foram os modelos de Meyer, Naslund, Meyer Modificado e Stoate. Todos esses

resultados confirmam o potencial do pau mulato para o fornecimento de madeira e geração de riqueza às populações ribeirinhas do estuário amazônico, devido à garantia de mercado e tradição de uso pelas famílias, rápido crescimento e elevada densidade de indivíduos regenerantes que habilitam a espécie ao manejo.

Palavras-chave: *Calycophyllum spruceanum*, floresta de várzea, Florestam, desbaste, SAFs, dendrocronologia .



## ABSTRACT

The pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.) is a species of great importance in logging in the floodplain of the Amazon estuary. Thus, knowing the economic potential of this species, growth pattern, dynamics of natural regeneration and management techniques is crucial. For this, studies were conducted that aimed to subsidize forest management suitable, in view of its economic and social importance for the region. The first study aimed to analyze the participation of the pau mulato in marketing in microassessorias and marketing outlets located in the floodplain of the Amazon estuary. It was found that the pau mulato has significant importance in this market and that moves per year R\$1,140,857 in microassessorias and R\$ 3,189,278 at marketing outlets, corresponding to 20% of the overall market. The second study aimed to model the growth of the pau mulato with dendrochronological data, through analysis of tree rings to determine its minimum logging diameter (MLD) and cutting cycle (CC), in slash without management of natural regeneration. The pau mulato had minimum logging diameter of 50 cm, cutting cycle of 10 years and maximum increment of 1.7 cm yr<sup>-1</sup>. The third study examined how different densities of pau mulato and other species in agroforestry systems (AFS), influencing their growth in diameter. The growth of the pau mulato presented positive relationship with species diversity of the SAFs, but presented negative relationship with the high density of other species. Maximum and minimum diametric growth of the pau mulato was of 1.02 cm yr<sup>-1</sup> and 0.32 cm yr<sup>-1</sup>. The fourth study was designed to evaluate the potential for natural regeneration of pau mulato, to evaluate the effect of thinning in pure stands (PSs) and AFS, and estimate the production capacity resulting from the second thinning, using regression models. The pau mulato presented high density remaining in swidden-fallow aged between 10 and 18 months, with values of 7,623 ind ha<sup>-1</sup> and 118,817 ind ha<sup>-1</sup>, respectively. After thinning the growth in the maximum and minimum densities was of 125 ind ha<sup>-1</sup> and 1,416 ind ha<sup>-1</sup>, with values of 1.71 cm yr<sup>-1</sup> and 0.11 cm yr<sup>-1</sup>, respectively. The volume of timber obtained in SAFs and PPs was of 20.54 m<sup>3</sup>/ha. The models that best fit to estimate the volume of pau mulato timber were the models of Meyer, Naslund, Meyer Modificado and Stoate. All these results confirm the potential of the pau mulato to timber supply, generation of wealth to people living in the Amazon estuary, because the assurance market and tradition of use by families, fast growth and high density of individuals characterized as an opportunity for the management of the species.

Keywords: *Calycophyllum spruceanum*, floodplain forest, Florestam, thinning, AFS, dendrochronology.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Pau mulato (Calycophyllum spruceanum (Benth) Schum.)</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Estrutura da dissertação</b>	<b>18</b>
<b>2. COMERCIALIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE MADEIRA DO PAU MULATO NA VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO</b>	<b>19</b>
<b>RESUMO</b>	<b>20</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>21</b>
<b>2.1. INTRODUÇÃO</b>	<b>22</b>
<b>2.2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>23</b>
<b>2.2.1. Área de estudo</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2. Processamento e comercialização de madeira nas micro serrarias familiares</b>	<b>24</b>
<b>2.2.3. Comercialização de madeira nas estâncias de Macapá e Santana</b>	<b>25</b>
<b>2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>25</b>
<b>2.3.1. Processamento de madeira micro serrarias familiares</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2. Comercialização de madeira nas estâncias de Macapá e Santana</b>	<b>28</b>
<b>2.4. CONCLUSÃO</b>	<b>33</b>
<b>3. DENDROCRONOLOGIA E CRESCIMENTO DE PAU MULATO EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA</b>	<b>34</b>
<b>RESUMO</b>	<b>35</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>36</b>
<b>3.1. INTRODUÇÃO</b>	<b>37</b>
<b>3.2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>38</b>
<b>3.2.1. Área de estudo</b>	<b>38</b>
<b>3.2.2. Coleta de dados dendrocronológicos</b>	<b>39</b>
<b>3.2.3. Análise dos dados dendrocronológicos</b>	<b>40</b>
<b>3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
<b>3.3.1. Modelagem do padrão de crescimento do pau mulato</b>	<b>42</b>
<b>3.4. CONCLUSÃO</b>	<b>47</b>

<b>4. DESENVOLVIMENTO DE PAU MULATO EM FUNÇÃO DE SUA DENSIDADE REMANESCENTE EM ÁREAS DE ROÇADO ABANDONADO E ESPÉCIES ACOMPANHANTES NA VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO</b>	<b>48</b>
<b>RESUMO</b>	<b>49</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>50</b>
<b>4.1. INTRODUÇÃO</b>	<b>51</b>
<b>4.2. MATERIAL E MÉTODOS.</b>	<b>53</b>
<b>4.2.1. Descrição da área de estudo</b>	<b>53</b>
<b>4.2.2. Inventário florestal</b>	<b>53</b>
<b>4.2.3. Análise dos dados</b>	<b>54</b>
<b>4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>55</b>
<b>4.3.1. Composição e similaridade florística dos sistemas agroflorestais</b>	<b>55</b>
<b>4.3.2. Crescimento do pau mulato</b>	<b>61</b>
<b>4.3.3. Correlação entre as variáveis</b>	<b>64</b>
<b>4.4. CONCLUSÕES</b>	<b>65</b>
<b>5. SISTEMA DE MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL DO PAU MULATO NA VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO</b>	<b>66</b>
<b>RESUMO</b>	<b>67</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>68</b>
<b>5.1. INTRODUÇÃO</b>	<b>69</b>
<b>5.2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>72</b>
<b>5.2.1. Área de estudo</b>	<b>72</b>
<b>5.2.2. Potencial de regeneração natural do pau mulato e primeiro desbaste</b>	<b>72</b>
<b>5.2.3. Produção de madeira, crescimento e segundo desbaste</b>	<b>73</b>
<b>5.2.4. Modelos testados</b>	<b>75</b>
<b>5.2.5. Critérios para escolha dos modelos</b>	<b>75</b>
<b>5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>77</b>
<b>5.3.1. Potencial de regeneração natural, crescimento e primeiro desbaste de pau mulato</b>	<b>77</b>
<b>5.3.2. Produção de madeira, crescimento e segundo desbaste.</b>	<b>80</b>
<b>5.4. CONCLUSÕES</b>	<b>85</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>86</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	<b>91</b>

## **1. INTRODUÇÃO GERAL**

Na região amazônica, as áreas inundáveis são recobertas por florestas de várzea, campos e igapó, sendo que as florestas de várzea abrangem uma área de 50-75% e são consideradas o tipo de vegetação inundável mais importante desta região. Essas florestas formam a segunda maior tipologia vegetal da bacia amazônica, ocupando uma superfície de aproximadamente 75.880,8 km<sup>2</sup> (ARAÚJO et al., 1986; WITTMANN et al., 2002).

No Estado do Amapá, as florestas de várzea ocupam 6.959,25 km<sup>2</sup> (4,85%) de sua cobertura vegetal e, aproximadamente, 15,4% do setor costeiro estuarino. As várzeas estuarinas são ecossistemas ripários, energeticamente abertos, que estão associados a rios de águas brancas, com grande aporte de água doce e sedimentos decorrentes do ciclo diário de enchentes e vazantes representados pelas marés semidiurnas. Devido às inundações, é carregada diariamente para essas áreas uma grande quantidade de material sedimentar, o que lhe confere elevada fertilidade (ZEE, 1998) e potencial agrícola.

Verifica-se nestes ambientes que os solos são ricos em nutrientes e favoráveis à agricultura. As várzeas possuem características que favorecem o desenvolvimento de sistemas de manejo de caráter intensivo em pequenas propriedades favorecendo a renovação da floresta. Com estas características, este tipo de ecossistema é explorado de forma seletiva com métodos tradicionais, sem utilização de máquinas pesadas e com poucos danos para os solos (D' OLIVEIRA, 1989).

Dentre os sistemas de manejo praticados pelos ribeirinhos, estão os sistemas agroflorestais, que tem como principal característica a combinação de árvores com cultivos anuais. Estes sistemas possuem o potencial de minimizar a degradação do solo, diversificar as fontes de renda e diminuir a pressão sobre as áreas de floresta de várzea restantes (SMITH et al., 1998).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) localizados nas várzeas vêm sendo apontados como uma alternativa sustentável de produção. Isto, porque, os recursos manejados pelos agricultores da várzea estão presentes em diferentes escalas e correspondem à diversidade sociocultural, identificada por pesquisas de diferentes instituições nacionais e internacionais (PINTO et al., 2009).

Os açaçais cultivados pelos ribeirinhos, juntamente com espécies florestais, constituem um exemplo de sistema agroflorestal que apresenta, com certa frequência, índices elevados de biodiversidade interna neste sistema de produção, além de capacidade de gerar renda familiar (DUBOIS et al., 1996).

O açazeiro (*Euterpe oleracea* L.) é uma palmeira (Arecaceae) comumente encontrada em sistemas agroflorestais tradicionais nas várzeas do estuário amazônico. A produção do fruto de açaí é atualmente a principal atividade econômica da região. Os preços pagos aos produtores pelo fruto do açaí tem sido compensatórios, levando à intensificação do manejo de açazeiros nativos como no próprio cultivo em SAFs (QUEIROZ & MOCHIUTTI, 2000). Portanto, devido à importância econômica e social desta espécie, ela é um componente presente em todos os sistemas agroflorestais estabelecidos no estuário amazônico.

Estes sistemas agroflorestais, localizados nas várzeas do estuário amazônico, são estabelecidos em áreas onde no passado foi praticada agricultura de corte e queima para produção de culturas agrícolas como o milho, a banana e a mandioca. Os produtos oriundos deste tipo de prática agrícola são destinados à alimentação da população local. Após o cultivo, geralmente, as áreas de roçado são abandonadas e rapidamente colonizadas pela regeneração natural de espécies arbóreas, formando as capoeiras. A roçagem seletiva dessa regeneração, deixando espécies de interesse como o açaí, o pau mulato e a macacaúba, é uma prática realizada pelos ribeirinhos. Normalmente, essas áreas são enriquecidas com açazeiros e outras fruteiras.

A composição e diversidade florística dos sistemas agroflorestais estabelecidos em capoeiras, em grande parte, está relacionada à preferência dos ribeirinhos pela manutenção de determinadas espécies nestes sistemas, tendo em vista, principalmente, o seu valor econômico. Dentre as espécies que se destacam pelo valor econômico, está o açaí (*Euterpe oleracea*) e espécies florestais com importância para o fornecimento de madeira como a andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), virola (*Virola surinamensis* Warb.), macacaúba (*Platymiscium filipes* Benth.), pracuúba (*Mora paraensis* Ducke) e pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Shum.). Portanto, essas sempre estão entre as principais espécies que compõem este sistema de manejo. Além dessas espécies, é possível encontrar ainda, algumas fruteiras, plantadas ou regeneradas, como o taperebá (*Spondias mombin*) e a goiaba (*Psidium guajava*).

A composição florística dos sistemas agroflorestais, pode variar também de acordo com o tipo de manejo empregado pelo ribeirinho, que pode optar pela condução da regeneração natural, pelo plantio de outras espécies (enriquecimento) ou pelas duas práticas simultaneamente. A condução da regeneração natural envolve, ainda, a maior ou menor intensidade de desbaste de espécies regenerantes. Dessa forma, a densidade relativa de espécies arbóreas varia entre os sistemas agroflorestais, principalmente, em função da intensidade de manejo empregada.

O aproveitamento da regeneração natural de espécies florestais, em áreas de roçado abandonado, é uma prática bastante comum nas propriedades ribeirinhas. No entanto, essa prática é realizada de maneira empírica, sem nenhuma orientação técnica e sem elaboração de um plano de manejo. Este fato pode ser confirmado pela observação de elevadas densidades de espécies florestais, juntamente com os açaizeiros nestas áreas.

Portanto, práticas de manejo adequadas são necessárias para promover e maximizar o crescimento das espécies que compõem os diferentes sistemas de manejo na várzea. Observa-se com grande frequência que o manejo das espécies florestais regenerantes tem sido insuficiente e inadequado para propiciar o seu desenvolvimento, seja em sistemas agroflorestais ou povoamentos puros de espécies florestais. O manejo de espécies florestais nestes dois tipos de áreas de regeneração pode ser considerado uma oportunidade, sobretudo, pelo aproveitamento da elevada disponibilidade de mudas e/ou árvores, dependendo do estágio de regeneração em que estas áreas se encontram.

### **1.1. Pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Shum.)**

Dentre as espécies que regeneram nas áreas de roçado abandonado, no estuário amazônico, está o pau-mulato. Essa espécie apresenta elevado potencial de regeneração natural e excesso de regenerantes.

O pau mulato é uma espécie florestal que pertence à família Rubiaceae. A árvore atinge 20-35 m de altura e 0,7-1,8 m de diâmetro à altura do peito. O tronco retilíneo é ramificado somente no ápice. A casca fina, quando nova é de coloração esverdeada, tornando-se pardacenta até castanho-escura. Descama em longas tiras, deixando exposta a camada interna avermelhada. As flores são agrupadas em cimeiras triflorais envolvidas, quando em botão, numa bráctea foliácea; são aromáticas, branco-esverdeadas, hermafroditas e medem 10-12 mm de comprimento; o cálice é denticulado e provido de longos pelos flexuosos e macios; a corola tubular apresenta limbo curto; os estames são numerosos. O fruto é uma cápsula elipsoidal deiscente de 10 mm de comprimento, com lenticelas, pelos esparsos e duas valvas. As sementes numerosas possuem em torno de 4 mm de comprimento e 0,8 mm de largura e apresentam coloração parda escura; são aladas em ambas as extremidades (ALMEIDA, 2003).

O pau mulato ocorre em toda região amazônica (Brasil, Peru, Bolívia e Equador) na mata de várzea periodicamente inundada às margens dos rios, geralmente em agrupamentos quase homogêneos. A casca da árvore é utilizada para fins medicinais e cosméticos. A madeira pesada, densa, com densidade variando entre 0,78 g/cm<sup>3</sup> a 0,85 g/cm<sup>3</sup>, compacta, resistente à deterioração, é empregada na construção civil, marcenaria, confecção de esquadrias, caibros,

ripas, tacos, tábuas para assoalho, lambris, estacas, moirões, peças torneadas, cabos de ferramentas, artigos torneados e compensados, podendo fornecer cerca de 38% de celulose. A árvore pode ser usada para ornamentação, principalmente por seu tronco liso e retilíneo. Pode ser empregada no paisagismo de parques e praças ou em plantios mistos em áreas degradadas, pois é heliófita e perenifólia (GUITTON, 1991; D' OLIVEIRA et al., 1992; REVILLA, 2001).

A reprodução do pau mulato foi pouco estudada. Porém, algumas características reprodutivas foram descritas, tais como: flores hermafroditas, maduras em 2 ou 3 anos; árvores que produzem anualmente milhões de pequenas sementes aladas dispersas pelo vento e pela água, o que pode resultar em fluxo gênico extensivo. A análise da estrutura genética indica altos níveis de diversidade dentro das populações e pouca diferenciação entre as populações (RUSSELL et al. 1999).

A regeneração do pau mulato ocorre de maneira abundante em áreas de roçado abandonado (APPLEGATE et al., 2000; JONG, 2001; GONZÁLES, 2007), porém poucas informações sobre a quantificação da regeneração, idade e crescimento estão disponíveis.

A utilização da regeneração do pau mulato em sistemas agroflorestais permite sua manutenção, porém é importante ressaltar que existe grande variação entre as populações, sendo recomendando o estabelecimento de reservas genéticas. O rápido crescimento e a elevada rebrota dos troncos explorados, permite manejar a espécie com baixos custos operacionais, com retorno em curto prazo (MPEG, 2004).

Na Amazônia Peruana, agricultores utilizam mais de 150 espécies de árvores indígenas e o pau mulato é uma das mais utilizadas em sistemas agroflorestais. É uma espécie pioneira em áreas de florestas perturbadas e de florestas de crescimento secundário. Estes agricultores consideram o pau mulato uma espécie de alto valor econômico devido sua rápida taxa de crescimento, madeira de excelente qualidade para construção, sendo densa e uniforme e com alto valor calorífico, importante para produção de lenha e carvão vegetal. Para lenha, o corte pode ser feito de 2 a 3 anos após o plantio ou de 15 a 20 anos para madeira serrada. Novos brotos se desenvolvem após o corte o que permite cortes sucessivos (BOIVIN-CHABOT et al, 2004; SOTELO MONTES et al, 2003).

No estuário amazônico, o pau mulato é uma das principais espécies florestais utilizadas para produção de madeira e construção das casas dos ribeirinhos. Está sempre entre as 5 espécies mais serradas pelos ribeirinhos das várzeas do município de Mazagão (QUEIROZ, 2007). No entanto, poucos estudos têm sido realizados sobre a dinâmica de crescimento e

regeneração do pau mulato em ecossistemas de várzea, onde ocorre e regenera natural e abundantemente, principalmente, em áreas preparadas com corte e queima.

Nas áreas de roçado abandonado, a regeneração natural do pau mulato forma verdadeiros maciços da espécie, sendo que a elevada densidade de indivíduos tem impedido que a espécie desenvolva todo o seu potencial de crescimento, devido a ocorrência de competição intraespecífica. Se por um lado a elevada densidade de indivíduos limita o crescimento da espécie, esta densidade também se caracteriza como uma oportunidade para realização do manejo florestal adequado, já que permite a seleção de indivíduos no momento do desbaste. O desbaste, por sua vez, possibilita a escolha de indivíduos com características desejáveis, sem custos com plantio de mudas, para produção e fornecimento de madeira de qualidade para o mercado.

A alta capacidade de regeneração do pau mulato é importante por contribuir com o aumento da diversidade genética da população e das possibilidades de seleção. O elevado número de plântulas aumenta a possibilidade de se encontrar características desejáveis que podem estar relacionadas, por exemplo, ao fornecimento de madeira de qualidade. Deve-se, portanto, tecnicamente, após estudos científicos, estruturar práticas de manejo que possam potencializar a exploração econômica da espécie. Informações sobre o potencial de regeneração natural, potencial econômico, crescimento e produção de madeira são de grande importância para subsidiar o manejo florestal do pau mulato.

Dessa forma, as informações obtidas com a pesquisa científica aqui proposta tem como principal objetivo subsidiar o manejo florestal na várzea, sobretudo o manejo do pau mulato, tendo em vista sua importância econômica e social para a região. Com isto, pretende-se contribuir com o desenvolvimento de formas alternativas de produção de madeira de forma sustentável e, assim, reduzir a pressão sobre a floresta. Espera-se que os processos utilizados na pesquisa sejam reconhecidos e sirvam de base para trabalhos científicos futuros e que os princípios resultantes possam ser aplicados em realidades semelhantes.



## **1.2. Estrutura da dissertação**

Essa dissertação foi desenvolvida no âmbito do projeto Florestam, coordenado pela Embrapa Amapá, cujo título é “Ecologia e manejo florestal para uso múltiplo das várzeas do estuário amazônico”. Está inserida no plano ação 5, que se refere às “práticas silviculturais e sistemas de manejo em ecossistema de várzea”, mais especificamente na atividade 7, que trata da “avaliação do manejo da regeneração de pau-mulato em roçado abandonado na área de várzea”. Foi escrita no formato alternativo e dividida em 4 capítulos.

O primeiro capítulo refere-se à comercialização do pau mulato no estuário amazônico e teve como objetivo analisar a participação do pau mulato na comercialização de madeira em micro serrarias e estâncias na várzea do estuário amazônico. Pretende-se mostrar nesse capítulo que existe demanda e mercado para a madeira da espécie, destacando sua importância socioeconômica na região estudada para justificar sua seleção como objeto de estudo.

No segundo capítulo foi realizado o estudo da modelagem do crescimento do pau mulato com base em estudos de dendrocronologia. O objetivo é definir ciclos de corte (CC) e diâmetro mínimo de corte (DMC) específicos para orientar o manejo da espécie, gerando as curvas de crescimento e acúmulo de volume e biomassa ao longo do seu ciclo de vida.

No terceiro capítulo estudou-se o crescimento do pau mulato em sistemas agroflorestais (SAFs) para verificar de que forma diferentes densidades remanescentes de pau mulato e de outras espécies presentes nos sistemas agroflorestais, estabelecidos em área de roçado abandonado, influenciam o seu crescimento em diâmetro. E com base nestas informações, sugerir densidades médias de pau mulato a serem adotadas nos SAFs localizados nas propriedades ribeirinhas.

O quarto capítulo refere-se ao manejo da regeneração natural do pau mulato e definição de equações para estimativa de volume de madeira proveniente do desbaste da espécie. Teve como objetivos verificar o potencial de regeneração natural do pau mulato, avaliar o efeito do desbaste no seu crescimento em povoamentos puros e em sistemas agroflorestais, e estimar a capacidade de produção de madeira roliça no segundo desbaste utilizando modelos de regressão. Além disso, procurou-se orientar o manejo adequado da regeneração natural de pau mulato em áreas de roçado abandonado com a finalidade de aproveitar estas áreas, comumente encontradas na várzea do estuário amazônico, para produção de madeira de qualidade.

**COMERCIALIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE MADEIRA DO PAU MULATO  
NA VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

## 2. COMERCIALIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE MADEIRA DO PAU MULATO NA VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO

**RESUMO:** O pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Shum.) é uma espécie da floresta de várzea que apresenta madeira de excelente qualidade e elevado potencial para manejo. O objetivo do estudo foi analisar a participação do pau mulato na comercialização de madeira por microsserrarias familiares na várzea do estuário amazônico e em pontos de comercialização. Foram estudadas 56 microsserrarias nos municípios de Gurupá (PA), Afuá (PA) e Mazagão (AP), com entrevistas sobre a comercialização de toras e peças de madeira. Nas estâncias, foram realizadas 79 entrevistas sobre a comercialização de peças em Macapá e Santana (AP). As 56 microsserrarias processam 122.080 toras por ano, com volume total de 66.034 m<sup>3</sup>. Deste total, 16.508 m<sup>3</sup> foram de pau mulato, correspondendo a 25%. O volume total de peças comercializadas por ano nas microsserrarias foi de 26.044 m<sup>3</sup>, sendo 6.663 m<sup>3</sup> de pau mulato. O rendimento do processamento da madeira de pau mulato foi de 40%. O valor total anual gerado nas microsserrarias com comercialização de peças foi de R\$ 5.331.228,00. O valor anual obtido com a comercialização de peças de pau mulato nas microsserrarias foi de R\$ 1.140.858,00. O volume total de peças vendido por ano nas estâncias em Macapá e Santana foi de 38.904 m<sup>3</sup>, dos quais 6.960 m<sup>3</sup> foram de pau mulato. A receita bruta por ano das estâncias foi de R\$ 15.946.392,00, sendo que cerca de 20% foram provenientes da venda de peças de pau mulato. Estes resultados confirmam que o pau mulato apresenta potencial econômico que justifica investimentos em seu manejo na várzea do estuário amazônico.

Palavras chave: microsserraria familiar, várzea estuarina, *Calycophyllum spruceanum*.

## 2. COMMERCIALIZATION AND WOOD PROCESSING OF PAU MULATO IN THE AMAZON ESTUARY FLOODPLAIN

**ABSTRACT:** The pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Shum.) is a species of floodplain forest that features wood of excellent quality and high potential for management. The aim of the study was to analyze the participation of pau mulato in the marketing of wood at small sawmill family and marketing outlets in estuarine floodplain. Were studied 56 small sawmill in Gurupá (PA), Afuá (PA) and Mazagão (AP), with interviews on marketing of logs and wood pieces. In marketing outlets, 79 interviews were conducted on the marketing of pieces in Santana and Macapa (AP). In small sawmill were obtained 122.080 logs per year, with a total volume of 66.034 m<sup>3</sup>. Of this total, 16.508 m<sup>3</sup> were of wood pau mulato, corresponding to 25%. The total volume of pieces sold annually in small sawmill was 26.044 m<sup>3</sup> and 6.663 m<sup>3</sup> were of pieces of wood pau mulato. The value obtained in small sawmill with annual sales pieces was R\$ 5.331,228,00. The annual value obtained with the marketing of pieces of pau mulato in small sawmill was R\$ 1.140.858,00. The total volume of pieces sold per year at marketing outlets in Macapá and Santana was 38.904 m<sup>3</sup>, of which 6.960 m<sup>3</sup> were of wood pau mulato. Gross revenue per year of the marketing outlets was R\$ 15.946.392,00, of which 20% were selling pieces of wood pau mulato. These results confirm that the pau mulato has economic potential to justify investment in their management in the amazon estuary floodplain.

**Key-words:** small sawmill family, estuarine floodplain, *Calycophyllum spruceanum*

## 2.1. INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira é, atualmente, uma das principais regiões produtoras de madeira tropical do mundo, atrás apenas da Malásia e Indonésia (OIMT, 2006). A região abriga um terço das florestas tropicais do mundo, com volume estimado em 60 bilhões de metros cúbicos de madeira em tora. O valor econômico potencial pode alcançar 4 trilhões de reais em madeira serrada. As florestas da Amazônia também possuem elevada diversidade de espécies arbóreas, sendo que pelo menos 350 tem importância comercial (BARROS & VERÍSSIMO, 2002).

Durante o ano de 2009 foram extraídos da Amazônia 14,2 milhões de metros cúbicos de tora, resultando em uma produção de 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira processada (serrada, laminados, compensados e produtos beneficiados). Isso gerou receita bruta de R\$ 4,94 bilhões e mais de 200 mil empregos (HUMMEL et al., 2010).

Nesse mesmo ano, no estuário amazônico (Pará e Amapá), foram extraídos 1,9 milhão de metros cúbicos de tora, 700.000 m<sup>3</sup> de madeira processada, gerando 25.000 empregos diretos e indiretos (HUMMEL et al., 2010). Estes dados revelam o importante papel que a atividade madeireira exerce no fortalecimento econômico e social da região Amazônica, considerando, sobretudo, que a exploração nas áreas de várzea é predominantemente de caráter familiar.

No entanto, dados do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) mostram uma preocupante queda na produção e comercialização de madeira ao longo de pesquisas realizadas em 1998, 2004 e 2009. A produção de madeira em tora na Amazônia diminuiu em torno de 50%, de 28 milhões em 1998 para 14 milhões em 2009. Essa queda foi atribuída a 3 principais fatores: tendência de substituição de madeira por outros produtos, intensificação da fiscalização com fechamento de serrarias ilegais e crise econômica internacional. Enquanto que o mercado internacional foi o que apresentou a maior queda, o mercado interno na própria Amazônia cresceu, chegando a consumir 17% da madeira em tora da região comercializada em 2009.

No Amapá, o setor madeireiro tem participação incipiente na economia do Estado. Em 2009, havia 48 serrarias, com extração de 94.000 m<sup>3</sup> de tora e produção de 41.000 m<sup>3</sup> de madeira processada. No entanto, o volume de madeira comercializado no Amapá é subestimado, isso porque parte da demanda do Estado é atendida por madeira proveniente das ilhas do Pará, principalmente dos municípios de Afuá, Gurupá e Breves (QUEIROZ, 2007; PEREIRA et al., 2010). Apesar de ter uma participação incipiente na produção de madeira, o

Amapá apresenta produção crescente. Em 2010 a produção de madeira em tora foi de 310.506 m<sup>3</sup> e em 2011, esta produção foi de 427.809 m<sup>3</sup> (IBGE, 2011).

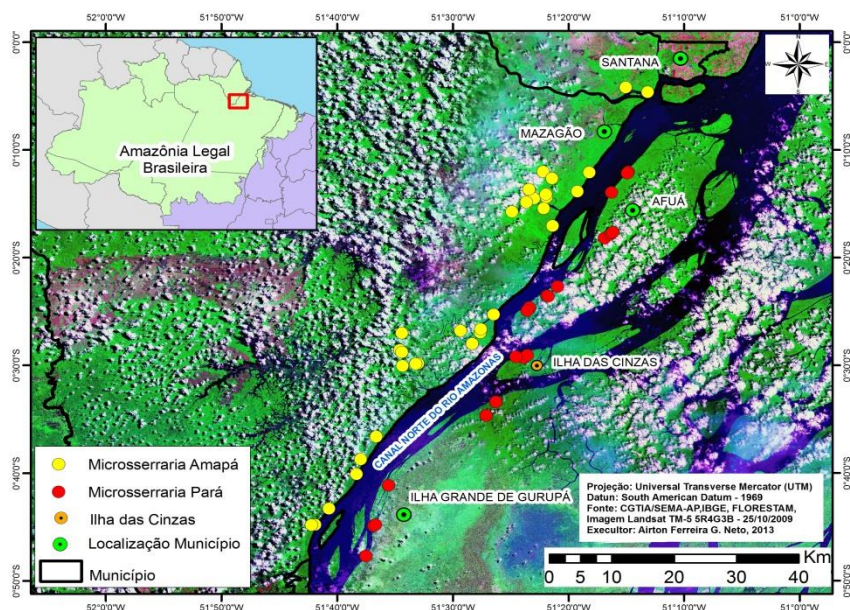
A exploração madeireira no estado do Amapá está fortemente ligada à área de várzea, sendo o seu uso diversificado, atualmente destinado, principalmente, à construção civil de casas de madeira para população de baixa renda no próprio Estado. Dentre as espécies comumente serradas, está o pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.), que está no grupo de madeiras que são desdobradas em serrarias e destinadas à construção civil, movelaria, uso como lenha e madeira roliça para construções rústicas, carpintaria e ferramentaria. O seu processamento é importante socialmente, uma vez que atende demanda de muitas microsserrarias familiares existentes na várzea do estuário amazônico, sendo o destino da madeira explorada voltado, sobretudo ao atendimento do consumo local e regional (OLIVEIRA JR et al., 2005). O pau mulato está entre as espécies com maior potencial comercial no Estado, tendo, portanto, colocação estratégica no fortalecimento do setor madeireiro amapaense.

Apesar do senso comum sobre a importância econômica e social do pau mulato, muito utilizado na construção das casas de palafitas dos próprios ribeirinhos extrativistas, pouco se sabe sobre a magnitude do mercado madeireiro amapaense e sobre sua participação nesse mercado. Diante do exposto, e da hipótese que o pau mulato apresenta importante participação no mercado madeireiro da floresta de várzea, o objetivo deste trabalho foi analisar a participação do pau mulato na comercialização de madeira por microsserrarias ribeirinhas na várzea do estuário amazônico nos Estados do Amapá e Pará e nas estâncias (pontos de comercialização localizados nas beiras dos igarapés) que adentram as cidades de Macapá e Santana, no Estado do Amapá.

## **2.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1 Área de estudo**

O estudo da comercialização de madeira nas microsserrarias familiares foi realizado na várzea do estuário amazônico, nos municípios de Gurupá (PA) (00° 29' 27''S e 51° 24' 31''O), Afuá (PA) (00° 17' 36''S e 51° 16' 09''O) e Mazagão (AP) (00° 14' 35''S e 51° 22' 59''O), em propriedades de famílias que residem na beira de rios e igarapés da região (Figura 1).



**Figura 1** – Localização das 56 microserrarias estudadas no estuário

A comercialização de madeira nas estâncias foi estudada nas cidades de Macapá ( $00^{\circ} 02' 20''\text{N}$  e  $51^{\circ} 03' 59''\text{O}$ ) e Santana ( $00^{\circ} 14' 35''\text{S}$  e  $51^{\circ} 22' 59''\text{O}$ ), localizadas no do Estado do Amapá.

As principais microserrarias que fornecem madeira para os pontos de comercialização de madeira em Macapá (AP) e Santana (AP) estão localizadas no município de Afuá (AP), Breves (AP) e Gurupá (AP). Os três pontos de comercialização de madeira são: Canal do Jandiá, Porto das Pedrinhas em Macapá e “Bueiro” em Santana (QUEIROZ & MACHADO, 2007). Estes pontos de comercialização estão localizados ao longo dos igarapés que adentram a cidade de Macapá e Santana, por onde passam as embarcações que transportam a madeira proveniente das microserrarias familiares para serem vendidas nos pontos de comercialização.

### 2.2.2. Processamento e comercialização de madeira nas microserrarias familiares

O estudo da comercialização de madeira foi realizado em 56 microserrarias com base em entrevistas semiestruturadas com o uso de questionários. Foram formuladas questões sobre as espécies florestais que são serradas com maior frequência, quantidade de toras mensalmente adquiridas por espécie, quantidade de peças produzidas e comercializadas, além dos preços de venda das peças. O volume de toras adquirido foi calculado pelo produto do comprimento e do diâmetro das mesmas. O volume de madeira serrada foi obtido cubando-se as peças originadas das toras (tábuas, pernamancas, esteios, flexais e vigas) para as seguintes

espécies: pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Shum.) pracuúba, (*Mora paraensis* Ducke), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), macacaúba (*Platymiscium ulei* Harms) e virola (*Virola surinamensis* Warb.).

### **2.2.3. Comercialização de madeira nas estâncias de Macapá e Santana**

As estâncias correspondem a pontos de venda de madeira situados na beira de igarapés localizados nas cidades de Macapá (Porto das Pedrinhas, Canal do Jandiá) e Santana (Bueiro). Alguns desses empreendimentos dispõem de máquinas plainadeiras, serras e lixadeiras, por meio das quais agregam valor ao produto oriundo das micro serrarias das várzeas.

Com o propósito de investigar a participação do pau mulato na comercialização de madeira nos três principais pontos de venda em Macapá e Santana foram aplicados 79 questionários semiestruturados. Foi entrevistado o dono ou gerente da estância, localizada na beira dos canais que adentram as cidades. Das 100 estâncias ativas encontradas, foram investigadas 79, gerando uma amostragem de quase 80% do total de estâncias. Para efeito de cálculo, a estimativa de volume e rentabilidade foi projetada para as 100 estâncias ativas.

Dentre as perguntas contidas nos questionários, estavam aquelas relacionadas à procedência da madeira, as três espécies mais vendidas, tipos de peças vendidas, (tábuas, pernambucas, ripas, ripões, esteios, flexais, vigas e lambris), preço por peça, quantidade de peças vendidas por mês, principais compradores e rentabilidade bruta por semana.

Para estimar o volume mensal de pau mulato comercializado foram utilizados 16 questionários complementares, aplicados exclusivamente aos proprietários das estâncias que detiveram maior participação no mercado. A escolha das estâncias com maior participação no mercado se deu por critério econômico, sendo que estas deveriam apresentar renda bruta semanal superior a 2 mil reais. Os questionários complementares relacionaram questões envolvendo quantidade e a proporção de venda de acordo com os tipos de peças e espécies semanalmente comercializadas.

## **2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **2.3.1 Processamento e comercialização de madeira nas micro serrarias familiares**

Nas 56 micro serrarias estudadas, são serradas por ano 122.080 toras, correspondendo a um volume total de 66.034 m<sup>3</sup> de madeira. Deste total, são consumidas, anualmente, 30.520 toras de pau mulato e um volume de 16.508 m<sup>3</sup>, representando 25% do total produzido nas micro serrarias estudadas. Essas micro serrarias estão localizadas próximas ao canal norte do rio Amazonas, nos municípios de Mazagão (AP), Gurupá (PA) e Afuá (PA). De acordo com



Queiroz & Machado (2007), o município de Gurupá é um dos principais fornecedores de madeira para o Estado do Amapá, juntamente com os municípios de Afuá e Breves.

Pereira et al. (2010) estudaram 48 micro serrarias no Amapá e encontraram um volume total anual de 94.000 m<sup>3</sup> de tora e produção de 41.000 m<sup>3</sup> de madeira processada, incluindo espécies de várzea e terra firme. Normalmente, as serrarias de madeira da terra firme são de maior porte, o que justifica o maior volume encontrado pelo autor anterior para menos serrarias avaliadas. Quando se considera somente o volume de madeira extraído na várzea, observa-se que sua contribuição para mercado madeireiro no Estado do Amapá é significativa, assim como a participação do pau mulato nesta comercialização.

Nas micro serrarias estudadas foram obtidas diferentes peças provenientes das toras extraídas. Os volumes das peças variaram de acordo com a espécie florestal. Foi obtido um volume total de 26.044 m<sup>3</sup>. A espécie florestal que apresentou maior volume de madeira em peças foi a pracuúba (9.277 m<sup>3</sup>), correspondendo a 36% do total. Para esta espécie foram obtidas cinco diferentes tipos de peças de madeira. (Tabela 1).

**Tabela 1-** Espécies, tipos de peças e volume de madeira processada anualmente em 56 micro serrarias localizadas na várzea do Estuário Amazônico, Amapá.

<b>Espécies</b>	<b>Peças obtidas</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
Pracuúba	Tábua, pernamanca, flexal, esteio e viga	9.277
Pau mulato	Tábua e pernamanca	6.663
Andiroba	Tábua e pernamanca	6.151
Macacaúba	Peças inteiras*	2.303
Virola	Tábuas	1.650
<b>Total</b>		<b>26.044</b>

\* As peças inteiras têm dimensões médias de 3,5 cm x 22 cm x 5 m

O pau mulato apresentou um volume de peças de 6.663 m<sup>3</sup>, correspondendo a 25% do total comercializado nas micro serrarias, sendo a segunda espécie com maior volume de peças vendidas.

Ressalta-se que a predominância da pracuúba no atendimento de boa parte da demanda de madeira estrutural da construção civil de Macapá e Santana, está relacionada à destacada densidade e dominância de árvores desta espécie nas várzeas estuarinas (QUEIROZ et al., 2005; CARIM et al., 2008). No entanto, em função do uso da madeira de pau-mulato para fins mais requintados, a exemplo da produção de móveis, e do crescimento significativamente mais rápido do que da pracuúba (dados do projeto Florestam ainda não publicados), *C. spruceannum* torna-se importante para a produção de madeira por possibilitar um retorno

mais rápido em áreas manejadas e maior agregação de valor aos seus produtos e, consequentemente, maiores valores de receitas gerados.

No que se refere ao rendimento de desdobramento das toras em peças obtidas nas micro serrarias, o valor encontrado foi de 39%. Esse rendimento corresponde ao volume de peças originadas das toras de todas as espécies florestais serradas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Rendimento resultante do desdobramento das toras em peças de 56 micro serrarias localizadas no estuário amazônico

	Volume (m <sup>3</sup> )
Toras	66.034
Peças	26.044
Rendimento (%)	39

O rendimento de desdobro obtido neste estudo (39%) está abaixo do rendimento de desdobro estabelecido pelo IBAMA (54,28%). O rendimento do desdobro de toras em diferentes peças varia de acordo com o porte da serraria, com as espécies florestais utilizadas e com as características das peças (IBDF, 1984; PEIXOTO e IWAKIRI, 1984; OLIVEIRA et al., 2003).

De acordo com Oliveira et al (2003), o volume de madeira produzido na Amazônia é proveniente de pequenas serrarias com baixo padrão tecnológico, o que resulta em desperdícios acima dos níveis aceitáveis. Além disso, a madeira é processada basicamente em nível primário, resultando em um produto de baixo valor agregado reduzindo as possibilidades de maiores receitas, considerando o total de investimentos.

No caso das micro serrarias localizadas no estuário amazônico, o baixo nível tecnológico, o pequeno porte das serrarias e a mão de obra familiar são características que resultam em baixo rendimento de desdobro e baixas receitas com a venda das peças, o que justifica o baixo rendimento encontrado nas micro serrarias estudadas.

A receita bruta por ano com a comercialização de peças nas micro serrarias foi de R\$ 5.331.228,00 e com a comercialização de peças de pau mulato foi de R\$ 1.140.858,00, representando 21% da receita bruta total obtida com a venda de peças. A menor participação do pau mulato na composição da renda com a venda da madeira nas micro serrarias, em

relação à menor participação da espécie na quantidade de madeira processada (25%), é devido à quantidade de madeira serrada de pau mulato que é utilizada pela própria família e não é comercializada.

A receita bruta anual encontrada por Pereira et al. (2010), em 48 serrarias no Amapá, foi de R\$ 32,1 milhões, incluindo toras e madeira processada de várzea e terra firme. É importante ressaltar que o porte das serrarias localizadas na terra firme é maior quando comparado às microserrarias encontradas nas várzeas, portanto, esta receita refere-se, sobretudo, às serrarias localizadas na terra firme. A madeira de terra firme, como angelim, acapú e maçaranduba, também é mais cara do que a madeira das espécies de várzea.

Os valores encontrados para o processamento e venda de madeira nas serrarias em áreas de várzeas, em relação aos revendedores das estâncias, refletem a baixa capacidade que as populações ribeirinhas detêm para se apropriar do recurso madeireiro. O uso da mão-de-obra familiar pouco capacitada, a falta de recursos e incentivos financeiros para utilizar máquinas e equipamentos mais adequados, e mesmo para a legalização da atividade, contribuem para que esse comércio ainda seja praticado de forma desigual, com elevado esforço de trabalho para a realização da atividade e baixa remuneração dos ribeirinhos. Outra questão que dificulta a atividade das microserrarias familiares dos ribeirinhos é a falta de mais opções de vendas da madeira e as dificuldades para acesso direto ao mercado consumidor.

### **2.3.2. Comercialização de madeira nas estâncias de Macapá e Santana**

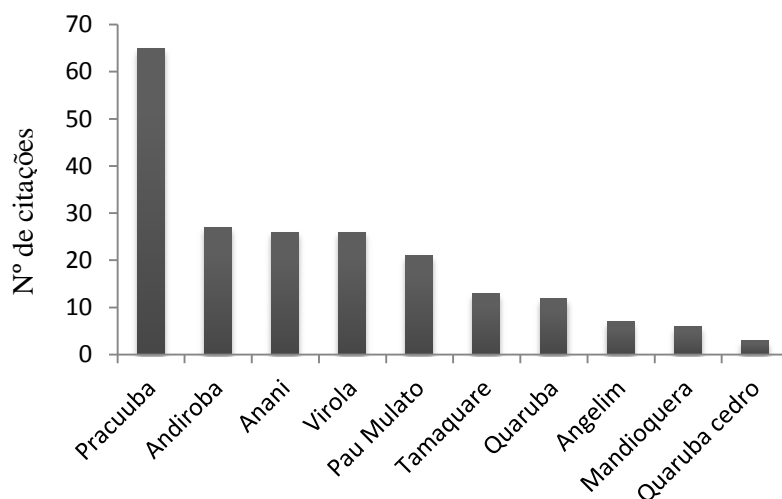
Foram encontradas 117 estâncias, nos três pontos de comercialização: 52 no Porto das Pedrinhas, 43 no Canal do Jandiá e 22 em Santana. Das 117 estâncias, 17 estavam inativas e 21 estavam fechadas nos momentos de contato, não sendo possível realizar a entrevista. Portanto, 79 questionários foram respondidos pelos entrevistados.

No que refere à procedência da madeira, 82% dos entrevistados responderam que a madeira é procedente somente do Pará (Afuá, Gurupá e Breves), 16% do Pará e Amapá juntos. Apenas 2% disseram que vendem madeira somente do Amapá. O ponto de comercialização com maior percentual de madeira procedente do estado do Pará é o Porto de Pedrinhas (97%), seguido do Canal do Jandiá (88%) e Bueiro (31%). Em entrevista realizada por Veríssimo et al. (1999), nos pontos de comercialização de madeira no Amapá (Porto de Pedrinhas e Beiradão), os autores também encontraram que grande parte da madeira comercializada no Amapá é de procedência do Pará (54%).

Em comparação com os resultados de Veríssimo et al. (1999), os resultados deste estudo sugerem que a comercialização de madeira oriunda do estado do Pará tem aumentado

ao longo do tempo, possivelmente pelo aumento da demanda por madeira no Estado do Amapá. Aliado a isso, se tem o fato de que houve redução na extração de madeira pelos ribeirinhos locais em decorrência de maior fiscalização ambiental. Dessa forma, os pontos de comercialização de madeira em Macapá e Santana são abastecidos, principalmente, com madeira das regiões das ilhas do Pará (Gurupá, Afuá e Breves).

As 10 espécies mais citadas, totalizando as citações quando se perguntou aos entrevistados sobre as 3 espécies mais comercializadas na estância, foram: pracuúba, (*Mora paraensis* Ducke), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), anani (*Symphonia globulifera* L.), virola (*Virola surinamensis* Warb.), pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.), tamaquaré (*Caraipa grandiflora* Mart.), quaruba (*Vochysia eximia* Ducke), angelim (*Hymenolobium excelsum* Ducke), mandioqueira (*Qualea paraensis* Ducke) e quaruba cedro (*Vochysia vismiaefolia* Spruce ex Warm.) (Figura 2).



**Figura 2-** Número de citações das 10 espécies mais vendidas em três pontos de comercialização de madeira em Macapá e Santana (AP).

O pau mulato foi a quinta espécie mais citada pelos entrevistados como uma das três espécies mais vendidas, com 27% das citações. Este resultado é condizente com o trabalho de Queiroz & Machado (2007), nas várzeas do Amapá. Nestes estudos o pau mulato aparece entre as 5 espécies mais utilizadas pelos consumidores de madeira.

Embora seja uma espécie muito comercializada na várzea do Amapá, a demanda por pau mulato não está sendo atendida, tendo em vista que 28 entrevistados, sobretudo aqueles

que comercializam madeira no Porto de Pedrinhas, os quais vendem 97% de madeira procedente do Pará, disseram não comercializar a madeira, pois os fornecedores já não a encontram nas propriedades ribeirinhas. Esta informação merece atenção, pois sugere que o pau mulato comercializado no Amapá é proveniente, em grande parte, do próprio Estado. Dessa forma, torna-se necessário que o manejo da espécie seja realizado pelos ribeirinhos, a fim de garantir o fornecimento de madeira de forma contínua e sustentável.

Há uma concentração da venda de pau mulato em menos estâncias, do que, por exemplo, em relação à pracuúba, que foi citada por todos os entrevistados. Isso ajuda a explicar também o fato do pau mulato ter ficado em quinto lugar entre as espécies citadas como mais comercializadas nas estâncias e em segundo lugar, em termos da participação da espécie na comercialização de madeira pelas micro serrarias.

As peças de madeira comercializadas nas estâncias apresentaram variação nas suas dimensões. Esta variação ocorreu tanto entre as estâncias de um mesmo ponto de comercialização, quanto entre pontos comerciais distintos, indicando não haver padronização das dimensões de peças, principalmente na largura e na espessura (Tabela 3).

**Tabela 3** – Tipos e dimensões de peças de pau mulato comercializadas em três pontos de venda de madeira em Macapá e Santana, AP.

Peças	Comprimento (m)	Largura (cm)			Espessura (cm)		
		<b>Moda</b>	Max	Min	<b>Moda</b>	Max	Min
Tábua		<b>15</b>	17	12	<b>2</b>	4	1,5
Pernamancas	3 e 4	<b>7</b>	11	4	<b>4</b>	5	2
Ripas		<b>5</b>	7	2,5	<b>2</b>	3	1,5
Ripões		<b>3</b>	7	2	<b>3</b>	5	2
Lambri comum		<b>14</b>	15	10	<b>2</b>	3	1,5

Os comprimentos disponíveis para a venda das peças aqui apresentados foram sempre 3 e 4 metros. A falta de padronização dos tamanhos das peças dificultou a quantificação real do volume de madeira comercializada, sendo, portanto, baseado em estimativas. Além disso, a padronização é uma característica importante e exigida pelo mercado consumidor.

Os preços das peças também apresentaram variação entre os diferentes pontos de comercialização e dentro de um mesmo ponto de comercialização. Foram tomadas como referência as peças de 4 metros de comprimento que são as peças mais comercializadas nas estâncias estudadas (Tabela 4).

**Tabela 4** – Preços em R\$, máximos, mínimos e médios, da dúzia de peças de 4 m de pau mulato, comercializadas em três pontos de venda de madeira em Macapá e Santana (AP).

Peças	Preço (R\$)					
	Bruta			Plainada		
	Med	Max	Min	Med	Max	Min
Tábua	<b>51,1</b>	65	40	<b>63,7</b>	90	50
Pernamanca	<b>51,1</b>	65	40	<b>62,2</b>	80	50
Ripa	<b>27,6</b>	35	15	<b>32,1</b>	49	20
Ripão	<b>29,5</b>	38	25	<b>37</b>	48	30
Lambri comum	-	-	-	<b>64,7</b>	85	55

Os preços das peças variam principalmente em função da sazonalidade: período do verão amazônico, menos chuvoso (julho a dezembro) e período de inverno, mais chuvoso (janeiro a junho). No período mais chuvoso, há menor procura pelos consumidores por materiais para construção civil, como é o caso da madeira. Dessa forma, as peças tendem a alcançar menores preços no mercado. Em contrapartida, no período menos chuvoso, a demanda aumenta, e menor quantidade de madeira é oferecida devido à dificuldade de extração e transporte das toras até as serrarias. Esta dificuldade se dá pelo fato de que a madeira é transportada em balsas feitas com suporte de outras madeiras menos densas ou plantas não lenhosas, com capacidade de flutuação, e conduzidas através de pequenos rios, que, no período menos chuvoso encontram-se impossíveis de navegar. Assim, as madeiras que chegam aos pontos de comercialização no período de verão (segundo semestre, principalmente de setembro a novembro), são vendidas a preços máximos.

O total anual com as vendas de peças projetado para as 100 estâncias foi de R\$ 15.946.392. As 16 estâncias com maior participação no mercado foram responsáveis por 53% das vendas. O volume total de madeira comercializada por ano foi de 38.904 m<sup>3</sup>. O volume de pau mulato vendido por ano foi de 6.960 m<sup>3</sup>, representando 18% do volume total de madeira comercializada e foi responsável por 20% do total de vendas.

Com base nos dados obtidos nas microserrarias e nas estâncias, é possível inferir que 33% do volume de peças vendidas nas estâncias são provenientes de outras microserrarias, diferentes daquelas aqui estudadas. Deduz-se ainda que para produzir o volume total de madeira comercializado, nas 100 serrarias estudadas, são necessárias 83 microserrarias (Tabela 5).

**Tabela 5** – Valores estimados por ano com a comercialização de peças de madeira em 56 micro serrarias e 100 estâncias no estuário amazônico.

	<b>Estâncias (n=100)</b>	<b>Microserrarias (n=56)</b>	<b>Diferença</b>	<b>%</b>
<b>Volume total de peças (m<sup>3</sup>)</b>	38.904	26.044	12.860	33
<b>Volume de peças de pau mulato (m<sup>3</sup>)</b>	6.960	6.663	297	4
<b>Receita bruta total (R\$)</b>	15.946.392	5.331.228	10.615.164	67
<b>Receita bruta de pau mulato (R\$)</b>	3.249.672	1.140.857	2.108.814	65

Verificou-se também que o percentual de rentabilidade com o total de vendas de peças nas microserrarias foi de 33%, e que 67% do valor total obtido com essa comercialização correspondem à receita bruta das estâncias e dos atravessadores que compram a madeira nas microserrarias e vedem às estâncias.

Apenas 4% do volume total de peças de pau mulato foram fornecidos por microserrarias diferentes daquelas pesquisadas neste trabalho. Além dessa pequena diferença, pode-se ainda ter um percentual corresponde ao volume de pau mulato que é utilizado na propriedade ribeirinha, podendo ser utilizado na construção de casas, armazéns, ou moradia para animais que complementam a alimentação dessas populações (aves, suínos e caprinos). A renda bruta das microserrarias com a venda de peças de pau mulato foi de 35%, sendo que 65% dos recursos financeiros movimentados são distribuídos entre as estâncias e os atravessadores.

## **2.4. CONCLUSÃO**

O pau mulato está entre as cinco espécies mais comercializadas e sua madeira é a segunda mais processada nas microserarias do estuário amazônico. A comercialização de sua madeira representa 25% da renda na microseraria e é importante na economia do setor primário da região, tendo em vista a geração de receitas que contribuem significativamente para a dinâmica econômica do Estado do Amapá e do Pará, seja pela comercialização de madeira bruta ou processada.



**DENDROCRONOLOGIA E CRESCIMENTO DE PAU MULATO EM  
FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA**

### **3. DENDROCRONOLOGIA E CRESCIMENTO DE PAU MULATO EM FLORESTA DE VÁRZEA ESTUARINA**

**RESUMO:** Informações sobre o crescimento e idade de árvores são necessárias para o entendimento da dinâmica florestal, assim como são úteis para definir sistemas de manejo. O objetivo deste estudo foi modelar o crescimento do pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Shum.) com base na análise dos anéis de crescimento, para estimar seu diâmetro mínimo de corte (DMC) e ciclo de corte (CC). Foram utilizados 14 discos de árvores de pau mulato coletas em floresta secundária sem manejo, considerando distintas classes de diâmetro, para analisar os anéis de crescimento. As amostras foram lixadas e os anéis de crescimento medidos por meio do sistema de análise digital com precisão de 0,01 mm (LINTAB) e com o software (TSAP-Win = Time Series Analyses and Presentation). Curvas cumulativas foram construídas com base nas medições do incremento radial e relacionadas com o DAP (diâmetro à altura do peito) medido no campo. A partir das curvas cumulativas, foram construídas curvas cumulativas médias, para descrever a relação idade/diâmetro. A curva média do diâmetro foi ajustada com um modelo de regressão sigmoidal, de onde foram derivadas curvas de incremento corrente e médio do diâmetro. Por meio da combinação das relações idade/DAP e DAP/altura, foi estimado o crescimento em altura. Para cada idade, foram atribuídas medidas de diâmetro e de altura. A construção do modelo de volume e biomassa acima do solo foi realizada pela combinação dos modelos de regressão não linear da relação entre idade e DAP e DAP e altura. O pau mulato atingiu incremento máximo em volume e biomassa em 50 anos, correspondendo a um diâmetro mínimo de corte de 50 cm. O ciclo de corte para o pau mulato é de 10 anos. O pau mulato apresentou crescimento médio geral anual de 1,23 cm, máximo de 1,51 cm e mínimo de 0,94 cm. Os resultados sugerem que o pau mulato apresenta potencial para fornecimento de madeira por meio do manejo policíclico em florestas secundárias que tenham permitido a intensificação da regeneração natural da espécie em áreas abertas. No entanto, o maior potencial da espécie é para trabalhar sistemas de manejo mais intensivos, por meio da condução de povoamentos puros ou SAFs em pequenas áreas, sem permitir que aconteça a sucessão florestal e a formação da floresta secundária.

Palavras-chave: sistemas de manejo, ciclo de corte, anéis de crescimento, incremento radial.

### 3. DENDROCHRONOLOGY AND GROWTH PAU MULATO IN ESTUARINE FLOODPLAIN FOREST

**ABSTRACT:** Information on growth rates and age of trees are necessary for the understanding of forest dynamics, and are useful for management systems. The aim of this study was to model the growth of pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.) based on the analysis of growth rings to estimate the minimum logging diameter (MLD) and cutting cycle (CC). It was used 14 timber discs pau mulato tree, collected in secondary forest without management, with different diameter classes to analyze the growth rings. The samples were sanded and the growth rings measured by digital analysis system with a precision of 0.01 mm (LINTAB), and with software (TSAP-Win = Analyses and Presentation Time Series). Cumulative curves were constructed based on the measurements of radial increment and related to the DBH measured in the field. From the cumulative curves, average cumulative curves were constructed, to describe the age-diameter relationship. The mean diameter curve was fitted with a sigmoidal regression model, which is derived current increment curves and mean diameter. By combining relations age-DBH and DBH-height was estimated height growth. For each age were assigned a measure of diameter and height. The construction of the model volume and above-ground biomass was performed by combining the nonlinear regression models the relationship between age and DBH the DBH and height. The pau mulato reached maximum increment in volume and biomass in 50 years, corresponding to a minimum logging diameter of 50 cm. The cutting cycle for pau mulato is 10 years. The pau mulato grew overall average annual 1.23 cm, 1.51 cm maximum and minimum of 0.94 cm. The results suggest that the pau mulato has potential to timber polycyclic management in secondary forests which have allowed the intensification of the natural regeneration of the species in open areas. However, the greatest potential of the species is to work more intensive management systems, through the conduct of pure stands or SAFs in small areas, without allowing the forest succession and the formation of secondary forest.

Keywords: management systems, growth rings, radial increment, cutting cycle.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Informações sobre o crescimento e idade das árvores são necessárias para o entendimento da dinâmica florestal, estratégias de conservação de espécies, assim como são úteis para sistemas de manejo florestal. O acompanhamento do crescimento e desenvolvimento por meio de inventários florestais em parcelas permanentes é possível somente em longo prazo. A utilização da medida dos anéis de crescimento das árvores (dendrocronologia) para estimar idade e taxas de incremento é uma técnica útil e imediata para este tipo de avaliação. A formação e características dos anéis dependem, sobretudo, da variação sazonal existente no ambiente (GOURLAY, 1995; SCHWEINGRUBER, 1988).

A mudança das condições ambientais que podem estar relacionadas ao clima e às características do solo (nutrientes e disponibilidade de água) interfere no padrão de crescimento das árvores, que pode ser observado por meio da análise dos anéis de crescimento (ENQUIST & LEFFLER, 2001; SCHÖNGART et al., 2006). Normalmente, durante o ano, existem dois períodos de crescimento distintos, gerando anéis menores e mais escuros que representam o período de menor crescimento, alternados com anéis mais largos e claros dos períodos de maior crescimento. Assim, normalmente, dois anéis sequenciais distintos representam um ano de crescimento.

Nas áreas alagáveis da Amazônia, como é o caso das várzeas, os períodos de inundação ao longo do ano, definidos por Junk et al. (1989) como pulso de inundação, resultam em respostas fenológicas, morfológicas e fisiológicas das espécies arbóreas que ocorrem neste ambiente. Tais respostas conferem um padrão distinto de crescimento. No período de inundação as raízes são submetidas às condições anóxicas (ausência de oxigênio), provocando a redução da condução de água até a copa das árvores, reduzindo o metabolismo da planta. Este processo resulta em dormência cambial e formação de anéis anuais na madeira (WORBES, 1989; SCHÖNGART et al., 2002). Vários estudos têm evidenciado a presença de anéis anuais nas regiões de áreas alagáveis nos trópicos (WORBES, 1989; DEZZEO et al., 2003; SCHÖNGART et al., 2002; 2004, 2005). Dessa forma, assume-se no presente estudo que os anéis de crescimento analisados são anuais, e que cada anel corresponde a 1 ano de idade da espécie florestal estudada.

A ocorrência de anéis anuais permite a aplicação de métodos de dendrocronologia para determinar a idade das árvores e as taxas de crescimento, como uma base para a modelagem do crescimento (SCHÖNGART et al., 2007). A modelagem do crescimento das espécies da várzea permite, sobretudo, entender a dinâmica de desenvolvimento e regeneração florestal.

No estuário amazônico, as pesquisas existentes sobre o manejo florestal na várzea restringem-se à estrutura e composição da floresta. Informações sobre a idade das árvores, assim como os processos de crescimento e regeneração são insuficientes (SCHÖNGART et al., 2008). A ausência deste tipo de informação, aliados à exploração inadequada da madeira têm levado à redução das populações de algumas espécies (WORBES et al., 2001; SCHÖNGART et al., 2007).

Quando se considera o estudo de determinadas espécies da várzea, as informações são mais escassas ainda, e pouco se sabe sobre o crescimento, regeneração e potencial madeireiro destas espécies. Dentre as espécies da várzea com escassez de informação e que apresentam potencial madeireiro está o pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.).

O pau mulato ocorre em toda região amazônica (Brasil, Peru, Bolívia e Equador), na mata de várzea periodicamente inundada às margens dos rios, geralmente em agrupamentos quase homogêneos. A casca da árvore é utilizada para fins medicinais e cosméticos. A madeira, moderadamente pesada, densa, com densidade variando entre 0,78 g/cm<sup>3</sup> a 0,85 cm/cm<sup>3</sup>, compacta, resistente à deterioração, é empregada na construção civil, marcenaria, confecção de esquadrias, caibros, ripas, tacos, tábuas para assoalho, lambris, estacas, moirões, peças torneadas, cabos de ferramentas, artigos torneados e compensados, podendo fornecer cerca de 38% de celulose (GUITTON, 1991; REVILLA, 2001). A regeneração do pau mulato ocorre de maneira abundante em áreas de roçado abandonado (APPLEGATE et al., 2000; JONG, 2001; GONZÁLES, 2007), porém poucas informações sobre a quantificação da regeneração, idade e crescimento estão disponíveis.

Diante do exposto, e da hipótese de que o pau mulato apresenta padrões de incremento que podem ser verificados pela análise dos anéis de crescimento, o objetivo deste trabalho foi modelar os padrões de crescimento do pau mulato e determinar o seu ciclo de corte e diâmetro mínimo de corte a partir das análises da dendrocronologia.

## **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado na várzea do estuário amazônico, compreendendo o município de Mazagão - AP (00° 14' 35"S e 51° 22' 59"O), em área próxima ao igarapé Bispo, afluente do canal norte do rio Amazonas. A região de coleta está inserida dentro da Reserva Extrativista Rio Cajari, uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável sob jurisdição federal. Em cumprimento ao que determina a Instrução Normativa N° 154/2007, para a

realização da pesquisa foi solicitada autorização para atividades com finalidade científica, pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO). A Embrapa Amapá, por meio do Projeto “Ecologia e Manejo Florestal para Uso Múltiplo de Várzeas do Estuário Amazônico” solicitou e obteve a referida autorização (número 29982-2) para realização da coleta e transporte de material biológico (botânico, fúngico ou microbiológico e madeira) na UC supracitada.

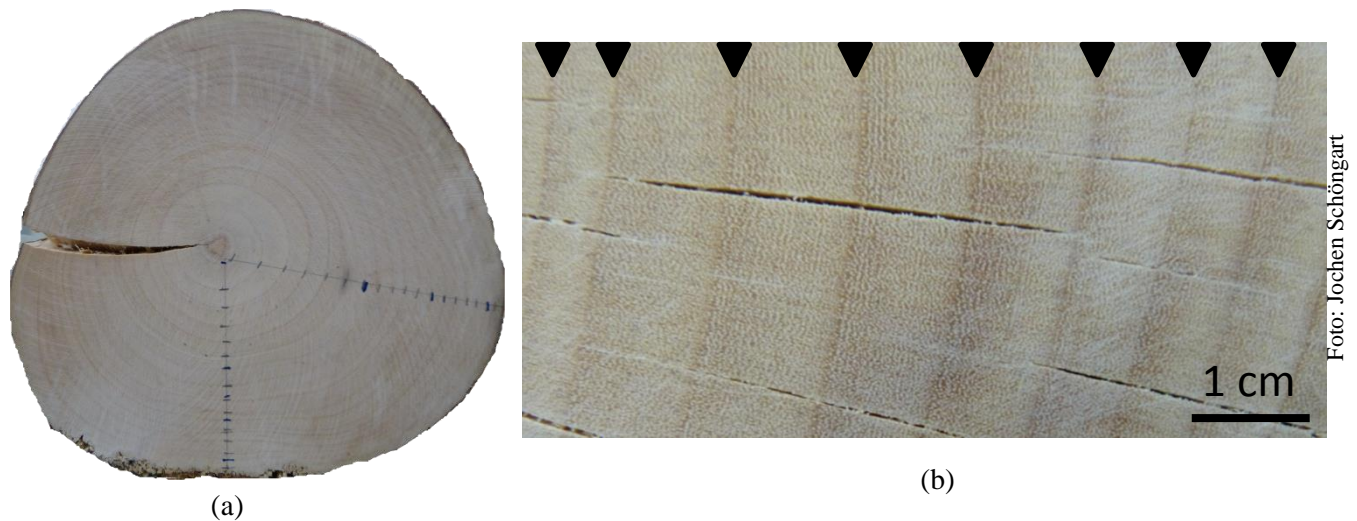
O clima da região é do tipo Am, equatorial super úmido, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média mínima é de 23°C e máxima de 38°C, com umidade relativa média acima de 80%. A precipitação pluviométrica anual oscila em torno de 2.500 mm, concentrada, entre os meses de janeiro a julho (GAZEL FILHO, et al., 2008). O solo é classificado como Gleissolo (SANTOS e TARDIN, 2003), com predomínio de textura silteosa e elevada fertilidade. A tipologia da vegetação de florestas alagadas é Floresta Ombrófila Densa Aluvial (IBGE, 2012).

### **3.2.2 Coleta de dados dendrocronológicos**

Foram coletados 14 indivíduos de pau mulato de uma floresta secundária, oriunda de regeneração natural após utilização para agricultura de corte e queima. As árvores foram escolhidas com base nas classes de diâmetro, sendo distribuídas em cinco diferentes classes. A classe 1 corresponde a indivíduos com diâmetros entre 15 a 20 cm, a classe 2 entre 25 a 30 cm, a classe 3 entre 35 a 40, a classe 4 entre 45 a 50 cm e, para a classe 5 foram selecionados árvores maiores que 55 cm. Os diâmetros foram obtidos pela medição da circunferência à altura do peito (CAP) com o uso de fita métrica (precisão de 1 mm) e em seguida estes valores foram divididos por 3,14 para obtenção dos diâmetros. As alturas das árvores também foram medidas com trena, após a derrubada das mesmas.

Para verificar a idade das árvores foram utilizados 14 discos (seção transversal do tronco) de pau mulato, coletados a uma altura de 1,30 m da base da árvore. De acordo com Worbes (1995), este método de investigação do ritmo de crescimento caracteriza-se como um método destrutivo, com a contagem direta dos anéis de crescimento.

As amostras foram polidas com lixas de papel com diferentes granulometrias, começando com a lixa número 120 até a lixa 600. Foram marcados com lápis dois raios nos discos e em cada raio os anéis foram marcados para facilitar a visualização no momento da medição e contagem (Figuras 1a e 1b). Em seguida, as amostras foram analisadas no Laboratório de Dendrocronologia do Projeto INPA/Max-Planck em Manaus.



**Figura 1.** (a) Sessão transversal da amostra de pau mulato com a marcação dos raios para contagem dos anéis. (b) Contagem direta dos anéis de crescimento.

### 3.2.3 Análise dos dados dendrocronológicos

A determinação da idade foi feita com base na contagem direta dos anéis anuais e as taxas de incremento radial foram geradas por meio da medição da espessura dos anéis de crescimento, por meio do sistema de análise digital com precisão de 0,01 mm (LINTAB), juntamente com o software (TSAP-Win = Time Series Analyses and Presentation), específico para análises de sequências temporais (SCHÖNGART et al., 2004).

Foram construídas curvas cumulativas do diâmetro individual para o pau mulato com base nas medições do incremento radial corrente e relacionadas com o DAP medido no campo (BRIENEN & ZUIDEMA, 2007). A partir das curvas individuais foram elaboradas curvas cumulativas médias para a espécie, para descrever a relação entre idade e diâmetro. Em seguida, a curva média do diâmetro foi ajustada como um modelo de regressão sigmoidal, da qual foram derivadas as curvas do incremento corrente e médio do diâmetro.

Para descrever a relação entre DAP e a altura medida no campo, foi utilizado um modelo de regressão não linear. Para melhor ajuste ao modelo que descreve a relação entre DAP e altura, foi utilizado (n=1980) diferentes valores de altura para a espécie. Por meio da combinação das relações idade-DAP e DAP-altura, foi possível estimar o crescimento em altura da espécie (NEBEL et al., 2001). Assim, para cada idade, foram atribuídas uma medida de diâmetro e de altura.

A construção do modelo de volume e biomassa acima do solo foi possível por meio da combinação dos modelos de regressão não linear da relação entre idade e DAP e relação entre DAP e altura. O modelo alométrico utilizado para estimativa do volume foi definido por

Cannell (1984) para florestas tropicais úmidas e tem como parâmetros a altura das árvores e o DAP. O volume (V) foi estimado a partir da multiplicação da área basal (Ab) pela altura (h) e por um fator (f) de redução de 0,6 (NEBEL et al., 2001). A equação é dada por:

$$V = Ab \times h \times f \quad (1)$$

Onde Ab é igual:

$$Ab = \pi \times (DAP / 2)^2 \quad (2)$$

A biomassa acima do solo foi estimada utilizando o modelo alométrico proposto por Chave et al. (2005). Este modelo utiliza como parâmetros a densidade da madeira, o diâmetro e a altura das árvores. O modelo é descrito por:

$$Bio = 0,0509 \times den \times DAP^2 \times h \quad (3)$$

Onde *Bio* é a biomassa acima do solo estimada, 0,0509 é o fator de correção, *den* é a densidade da madeira do pau mulato, *DAP* é o diâmetro à altura do peito e *h* a altura da árvore.

Os fatores de correção dos modelos do volume (0,6) e biomassa (0,0509) são utilizados tendo em vista que as árvores não representam cilindros perfeitos e diminuem o raio do tronco à medida que se distanciam do DAP (ROSA, 2008).

Com base nos modelos de crescimento do DAP, altura, área basal, volume e biomassa, foram derivadas as taxas do incremento médio (IM) e corrente (IC), de acordo com as seguintes equações (SCHÖNGART et al., 2007):

$$IM = CrC_t / t \quad (4)$$

$$IC = CrC_{t+1} - CrC_t \quad (5)$$

Onde CrC é o crescimento cumulativo em diferentes anos *t* do ciclo de vida da planta.

A modelagem dos padrões de crescimento foi construída a partir do uso do software X-Act 7.0 (SciLab).



O diâmetro mínimo de corte (DMC) é definido pela idade em que a árvore atinge as maiores taxas de incremento anual corrente do volume. O tempo médio que um indivíduo leva para passar por uma classe de DAP de 10 cm até chegar ao DMC é o ciclo de corte da espécie (SCHÖNGART et al., 2007). Este é dado por:

$$CC = idade_{(DMC)} / DMC \times 10 \quad (6)$$

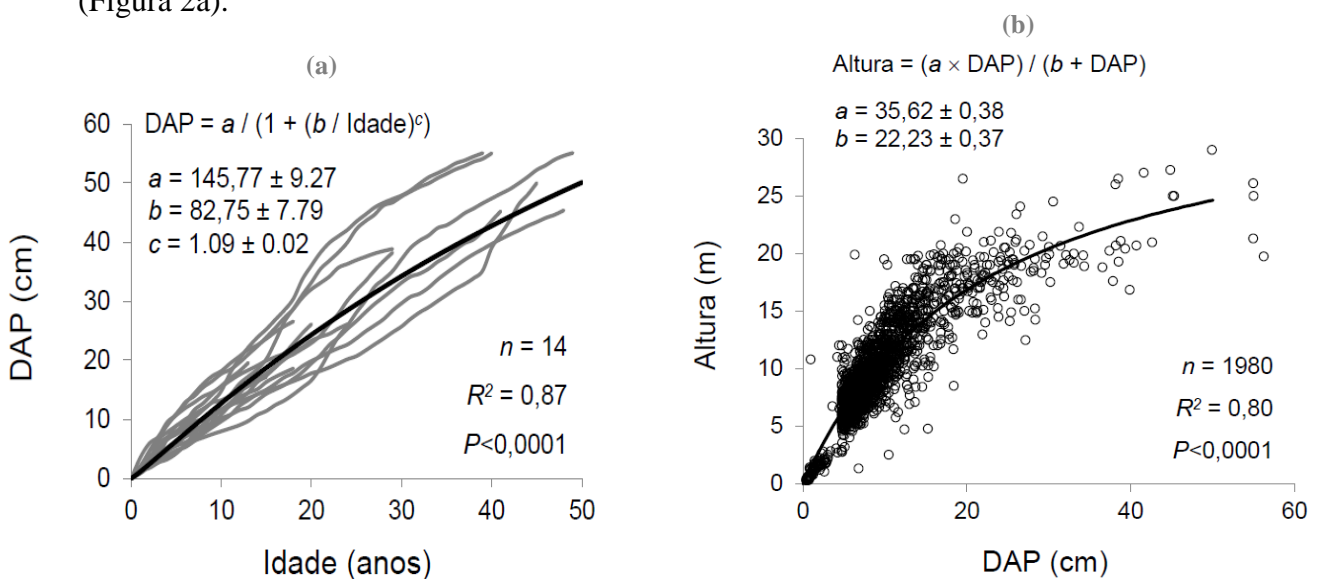
Onde CC é o ciclo de corte da espécie e  $idade_{(DMC)}$  é a idade da árvore quando atingiu o DMC.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Modelagem do padrão de crescimento do pau mulato

As relações entre DAP e idade e DAP e altura apresentaram correlação altamente significativa ( $p < 0,0001$ ) (Figuras 2a e 2b).

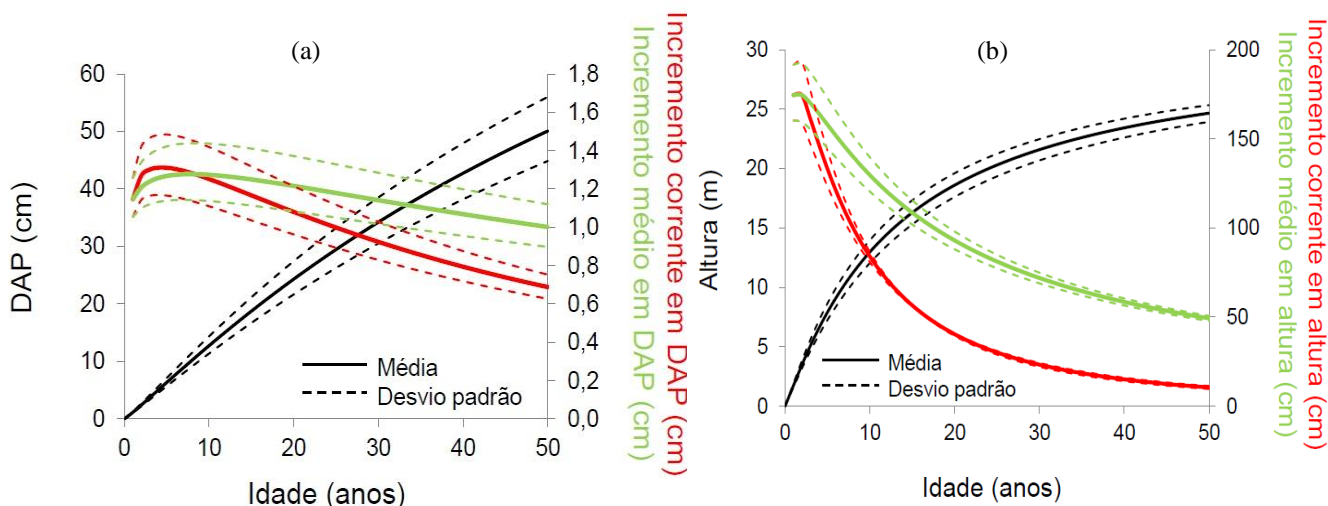
A árvore mais velha de pau mulato avaliada atingiu idade máxima de 49 anos, com DAP igual a 55 cm. A árvore mais nova atingiu a idade de 13 anos com DAP igual a 19,6 cm (Figura 2a).



**Figura 2.** (a) Relação entre idade e crescimento em diâmetro do pau mulato. (b) Relação entre altura e DAP de árvores de pau mulato mulato. Cada linha em cinza representa o crescimento individual em diâmetro. O crescimento diamétrico médio é representado pela linha escura.

As relações entre idade e DAP e DAP e altura foram construídas com dados de 1.980 árvores de pau mulato em diferentes fases de crescimento e condições ambientais, incluindo as árvores dos sistemas agroflorestais avaliados.

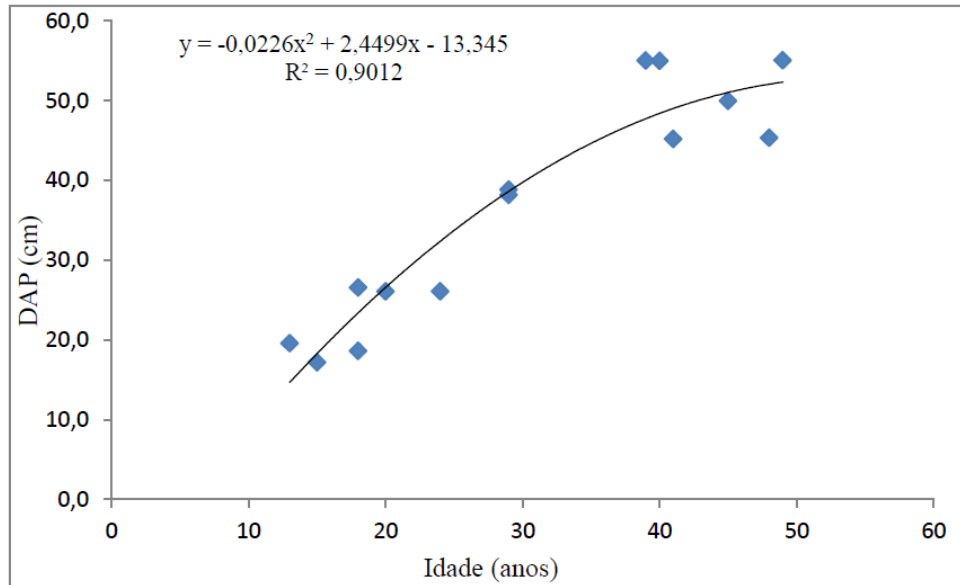
A modelagem das curvas de incremento em diâmetro e altura para o pau mulato, em função da idade é apresentada a seguir nas Figuras 3a e 3b.



**Figura 3.** (a) Modelo de crescimento em diâmetro (linha preta), incremento corrente anual (linha vermelha) e incremento médio anual (linha verde). (b) Modelo de crescimento em altura (linha preta), incremento corrente anual (linha vermelha) e incremento médio anual (linha verde).

De acordo com o modelo construído, o pau mulato apresentou crescimento médio geral anual de 1,23 cm, máximo de 1,51 cm e mínimo de 0,94 cm. O incremento médio anual na faixa de idade de 10 a 20 anos foi de 1,29 cm e na faixa de idade de 40 a 50 anos foi de 1,18 cm.

A relação entre idade e DAP (Figura 4), para previsão do diâmetro das árvores e da produção em determinadas idades, é importante para gerar os modelos de prognose de produção e determinar as idades para as interferências do manejo, como os possíveis desbastes.



**Figura 4** – Relação entre idade e DAP ajustado com base nos anéis de crescimento do pau mulato

Em estudo realizado por Ugarte-Guerra e Domínguez-Torrejón (2010), em áreas de manejo de pau mulato, a espécie atingiu incremento médio anual em diâmetro de até 2,4 cm. Este resultado demonstra que em áreas manejadas, o pau mulato pode apresentar o seu crescimento otimizado e, assim, desenvolver seu potencial genético para o crescimento. O crescimento mais rápido implica que a espécie atingirá incremento máximo em volume em idades inferiores àquelas observadas em indivíduos que crescem em áreas não manejadas.

Nos modelos de crescimento em volume e de produção de biomassa acima do solo é possível observar o ponto onde o incremento máximo corrente anual, para os dois modelos, representa o diâmetro mínimo de corte (DMC) para o pau mulato (Figuras 5a e 5b). Os modelos indicam que a espécie atinge o máximo de incremento em volume e biomassa em 50 anos, correspondendo a um diâmetro mínimo de corte de 50 cm. Com base nesta informação é possível afirmar que o ciclo de corte para o pau mulato é de aproximadamente de 10 anos (ver equação 6). Conhecer o ciclo de corte de uma espécie é importante para a sustentabilidade do manejo florestal. Uma vez que se conhece o intervalo de tempo entre duas operações de corte ou colheita das árvores, é possível estimar o período em que o estoque aproveitável de madeira estará disponível. Estes elementos são fundamentais para o planejamento florestal.

O período ideal de extração é estabelecido quando a espécie atinge a produção máxima em volume, período este entre a taxa máxima de incremento corrente em volume e a taxa máxima de incremento médio em volume. Este intervalo representa o período em que a extração da madeira utiliza-se do potencial de crescimento máximo das espécies (SCHÖNGART, 2008).

Como o modelo GOL (Growth-Oriented Logging) trabalha com as árvores individualizadas, durante elaboração do plano de manejo deve-se levar em conta a densidade de árvores existentes acima do DMC e em diâmetros inferiores, e suas respectivas taxas de crescimento para repor o volume explorado. Por exemplo, para colher  $10 \text{ m}^3$  de pau mulato acima do DMC, considerando o ciclo de corte de 10 anos, seria necessário ter uma reposição de  $1 \text{ m}^3$  por ano de árvores que serão potencialmente exploráveis. Pelo modelo, em 10 anos, as árvores que durante a primeira exploração tiverem 43 cm de diâmetro chegarão ao DMC no momento da nova colheita. Assim, considerando um incremento corrente anual de  $0,15 \text{ m}^3$  para essas árvores, seriam necessárias 7 árvores de pau mulato acima de 43 cm para repor a volumetria colhida.

Dessa forma, pode-se planejar a colheita em função das taxas de crescimento de cada espécie e da realidade da área diagnosticada durante o inventário, sem necessariamente ficar amarrado a taxas e áreas fixas, como definido na legislação atual. Por exemplo, após o inventário de 100% das árvores potencialmente exploráveis (no caso do pau mulato, com  $\text{DAP} > 43 \text{ cm}$ ) de toda a área de manejo, é possível definir tamanhos de unidades de produção anual (UPAs) diferenciados em função da densidade de árvores e da quantidade que interessa ser colhida.

Deve-se enfatizar que o manejo proposto neste estudo, com base no crescimento do pau mulato, considera que tal manejo seja realizado em florestas secundárias oriundas de áreas de roçado abandonado, onde a espécie florestal regenera de maneira abundante e existe elevada disponibilidade de indivíduos. O manejo, portanto, representa o aproveitamento das áreas resultantes da agricultura de corte e queima para a produção de madeira, sem precisar explorar áreas com floresta madura. Assim, em áreas com elevada densidade de regenerantes e indivíduos jovens, o DMC de 50 cm, conforme a Instrução Normativa N° 05/2006 do IBAMA, não precisa ser acatado. O corte das árvores de menores diâmetros pode gerar uma produção de madeira roliça que pode ser aproveitada, ao mesmo tempo em que amplia o desenvolvimento das remanescentes.

As amostras de pau mulato utilizadas neste estudo foram coletadas em áreas de regeneração natural, sem nenhum tipo de manejo para a espécie, com elevada densidade de indivíduos. A elevada densidade de pau mulato impossibilita a espécie de desenvolver todo o seu potencial de crescimento, devido à competição intraespecífica por água, luz e nutrientes (GONZÁLES, 2007). É neste contexto que o desbaste da espécie torna-se necessário, a fim de que o seu crescimento seja otimizado e a madeira resultante deste desbaste seja aproveitada, não sendo necessário, portanto, que os indivíduos atinjam o DMC de 50 cm.

Segundo Sotelo Montes et al., (2003), em áreas de plantio de pau mulato, o corte da espécie, visando o fornecimento de madeira, pode ser realizado quando os indivíduos atingem idades entre 15 e 20 anos. Dessa forma, pode-se inferir que quando manejada, a espécie poderá atingir o incremento máximo em volume e biomassa em menos de 50 anos e, portanto, atingirá um diâmetro mínimo de corte em menos tempo.

O pau mulato é uma espécie que apresenta elevada densidade da madeira que varia de  $0,78 \text{ g/cm}^3$  (REVILLA, 2001) a  $0,85 \text{ g/cm}^3$  (D'OLIVEIRA et al., 1992). No entanto, seu crescimento é rápido quando comparado às demais espécies da várzea com elevada densidade da madeira como a *Mora paraensis* (pracuúba). Em trabalho realizado por Schöngart (2008), na floresta de várzea da Amazônia Central, as espécies com elevada densidade (entre  $0,65$  e  $0,94 \text{ g/cm}^3$ ), de acordo com o estudo, necessitam de 100 a 150 anos para atingirem o diâmetro mínimo de corte. Essa informação sugere que o pau mulato apresenta elevado potencial para fornecimento de madeira de alta qualidade, devido ao rápido crescimento e elevada densidade da madeira, características que podem tanto facilitar o manejo da espécie quanto atender a demanda por madeira.

Para o manejo florestal é importante conhecer a idade na qual as árvores atingem o seu crescimento ótimo e, portanto, seu diâmetro mínimo de corte. Estas informações permitem prever o comportamento da floresta e a produção de madeira e de biomassa. No caso do pau mulato, que apresenta abundante regeneração na várzea do estuário amazônico, principalmente nas áreas de roçado abandonado, a estimativa da idade e crescimento é importante para o aproveitamento destas áreas, por meio do manejo da espécie, visando o fornecimento de madeira.

### **3.4. CONCLUSÕES**

O pau mulato apresenta distintos anéis de crescimento, cuja análise permitiu modelar o padrão de incremento em diâmetro, altura, volume e produção de biomassa. Por meio das análises dos anéis de crescimento foi possível também determinar o diâmetro mínimo de corte (DMC) e o ciclo de corte (CC) para a espécie, definindo critérios específicos para o manejo da espécie.

Apesar do rápido crescimento, o pau mulato apresenta elevada densidade da madeira, quando comparado às demais espécies da várzea que também apresentam madeira com elevada densidade. Isto indica que o pau mulato tem potencial para o fornecimento de madeira, principalmente, em sistemas de manejo mais intensivos que aproveitem seu rápido desenvolvimento e a elevada densidade de indivíduos que regeneram em áreas abertas.

**DESENVOLVIMENTO DE PAU MULATO EM FUNÇÃO DE SUA  
DENSIDADE REMANESCENTE EM ÁREAS DE ROÇADO  
ABANDONADO E ESPÉCIES ACOMPANHANTES NA VÁRZEA DO  
ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

#### **4. DESENVOLVIMENTO DE PAU MULATO EM FUNÇÃO DE SUA DENSIDADE REMANESCENTE EM ÁREAS DE ROÇADO ABANDONADO E ESPÉCIES ACOMPANHANTES NA VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi verificar de que forma diferentes densidades de pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.) e de outras espécies presentes em sistemas agroflorestais (SAFs) influenciam o seu crescimento. Foram selecionados 11 SAFs com regeneração de pau mulato na várzea do estuário amazônico. O histórico de uso das áreas foi conhecido por meio de entrevistas com os proprietários das áreas, sobre o manejo empregado ao longo do tempo. Foi realizado o inventário de todos os indivíduos com  $CAP \geq 15$  cm. A densidade (d) de pau mulato foi calculada pelo número de indivíduos (n) e área (A) ocupada pelo SAF ( $d=n/A$ ). O crescimento do pau mulato foi calculado pela diferença das medições realizadas em intervalo de 18 meses, e as taxas de crescimento foram convertidas em  $cm\ ano^{-1}$ . Foram calculadas as taxas média, mínima e máxima de crescimento em diâmetro. A similaridade florística entre as áreas foi determinada por meio da análise de agrupamento. Foi realizada análise de correlação de Spearman para verificar a associação entre as variáveis, densidade de pau mulato, densidade de outras espécies, densidade de açazeiro, riqueza de espécies e índice de Shannon com as variáveis respostas, taxas média, mínima e máxima de crescimento em diâmetro. Foi realizada análise de regressão para verificar a associação entre as variáveis, densidade de pau mulato e taxa média de crescimento em diâmetro. O crescimento do pau mulato apresentou relação positiva com a diversidade de espécies dos SAFs. Em contrapartida, em SAFs com elevada densidade de outras espécies, a relação com o crescimento foi negativa. O pau mulato apresentou crescimento máximo e mínimo nos SAF6 e SAF11, com valores de  $1,02\ cm\ ano^{-1}$  e  $0,32\ cm\ ano^{-1}$ , respectivamente. Estes resultados demonstram que o desenvolvimento do pau mulato é fortemente afetado pela competição intra-específica e que o manejo de sua regeneração por meio de desbaste é necessário para favorecer o crescimento desta espécie na várzea do estuário amazônico.

Palavras chave: regeneração, diversidade, várzea, SAFs.



#### 4. DEVELOPMENT OF PAU MULATO ACCORDING TO THE DENSITY REMAINING IN SLASH AREAS AND CONSORTIUM SPECIES IN THE FLOODPLAN OF THE AMAZON ESTUARY

**ABSTRACT:** The aim of this study was to investigate how different densities of pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.) and other species in agroforestry systems (AFS) influencing their growth. We selected 11 AFS with regeneration of pau mulato in the floodplain of the Amazon estuary. The historical use of the area was known through interviews with the owners of areas on managing performed over time. We conducted an inventory of all individuals with CBH  $\geq 15$  cm. The density (d) of pau mulato was calculated by the number of trees (n) and area (A) occupied by AFS ( $d=n/A$ ). The growth of pau mulato was calculated by the difference of the measurements in the interval 18 months and growth rates were converted to years  $\text{cm}^{-1}$ . We calculated averages rates, minimum and maximum growth in diameter. The floristic similarity between areas was determined by cluster analysis. We performed Spearman correlation analysis to assess the association between variables density pau mulato, density of other species, açazeiro density, species richness and Shannon index, and the variable average rates, minimum and maximum growth in diameter. Regression analysis was performed to assess the association between variables density pau mulato and average rate of growth in diameter. The growth of the pau mulato presented positive relationship with species diversity of AFS, but in AFS with high density other species, relationship to growth was negative. The pau mulato growth in maximum and minimum occurred in AFS6 and AFS11, with values of  $1.02 \text{ cm ha}^{-1}$  and  $0.32 \text{ cm ha}^{-1}$ , respectively. These results demonstrate that the development of pau mulato is strongly affected by intraspecific competition and the management of regeneration among thinning is necessary to support the growth of this species in the floodplain of the Amazon estuary.

Keywords: regeneration, diversity, floodplain, AFs.

## 4.1. INTRODUÇÃO

As práticas agrícolas adotadas na agricultura convencional muitas vezes ocasionam diminuição contínua da qualidade do solo e perda da biodiversidade, resultando em baixas produtividades. Diante desta constatação, verifica-se uma crescente busca por sistemas capazes de conservar os recursos naturais, dentre estes, o solo, a água e nutrientes. Neste sentido, os sistemas agroflorestais (SAFs) têm se mostrado uma alternativa viável para amenizar os danos causados pela agricultura convencional, recuperando e/ou mantendo a qualidade ambiental e as vantagens econômicas do agroecossistema (JAKSON & WALLACE, 2000; JIANBO, 2006).

De acordo com Nair (2003), sistemas agroflorestais podem ser definidos como uma forma de múltiplos cultivos compostos de, pelo menos, uma espécie agrícola (anual ou perene) e uma espécie florestal, interagindo biologicamente. De modo geral, os SAFs são utilizados com alguns dos seguintes objetivos: diversificação da produção, diminuição dos efeitos da sazonalidade, incremento dos níveis da matéria orgânica no solo, fixação biológica do nitrogênio atmosférico, ciclagem de nutrientes, modificação do microclima e otimização do sistema de produção.

Na Amazônia, a prática agroflorestal é centenária e envolve uma variedade de combinações de arranjos e plantas, que variam de acordo com a função da espécie no sistema, com a preferência do agricultor por determinada espécie e com o hábito alimentar de cada região. Os SAFs amazônicos tem origem na experiência das comunidades indígenas, que sempre utilizaram rotineiramente as espécies da floresta tropical em benefício de sua alimentação, saúde e manufatura de utensílios diversos, o que conduziu à domesticação de diversas espécies que são utilizadas hoje na formação desses sistemas (ALMEIDA et al., 1995).

Neste sentido, os SAFs são apresentados como alternativa produtiva e sustentável para os diversos contextos socioambientais amazônicos e caracterizam-se por proporcionarem um manejo de recursos naturais dinâmico e ecológico, seja por meio da integração de árvores nos estabelecimentos agrícolas, como também nas situações em que a produção agrícola passa a ocorrer de forma sequencial e/ou adjacente às áreas florestadas (PORRO et al., 2006).

Os SAFs são praticados por um número crescente de agricultores, quase que exclusivamente pela agricultura familiar, porém continuam ocupando uma pequena parcela das terras “cultivadas” na Amazônia, com a exceção dos açazais subespôntaneos do Pará e Amapá (HOMA, 2000; SMITH et al., 1998). Estes açazais são observados com grande

frequência nas propriedades ribeirinhas localizadas às margens dos rios, no estuário amazônico, onde compõem os sistemas agroflorestais com diferentes arranjos de espécies.

Nas várzeas do estuário amazônico, os SAFs, vêm sendo apontados como uma alternativa sustentável de produção. Isto, porque, os recursos manejados pelos agricultores da várzea estão presentes em diferentes escalas e correspondem à diversidade sócio-cultural, identificada por pesquisas de diferentes instituições nacionais e internacionais (PINTO et al., 2009).

Apesar do grande potencial das várzeas para a agricultura, principalmente culturas de ciclo curto, o aproveitamento florestal é ainda uma das atividades mais importantes, pois existem muitas áreas com alto estoque de produtos madeireiros e não madeireiros (RIBEIRO et al., 2004). Esta constatação sugere que sistemas de produção que integrem a prática florestal e a prática agrícola são viáveis no ambiente várzea. Essa integração é fundamental tendo em vista a instabilidade ocasionada pela constante entrada e saída das marés nas várzeas estuarinas, sobretudo porque os SAFs, se bem manejados, proporcionam a diversificação de espécies e maiores interações biológicas, o que pode levar ao equilíbrio dinâmico do sistema como um todo.

A integração das atividades agrícola e florestal é facilmente observada nas propriedades localizadas nas várzeas. A dinâmica para o estabelecimento de sistemas agroflorestais, de maneira geral, inicia nas áreas onde foi praticada a agricultura de corte e queima. Nestes ambientes, o uso do fogo é uma prática bastante comum para preparação do solo para o plantio. Após dois ou três ciclos produtivos de culturas como milho, mandioca e banana, estas áreas são abandonadas. Depois de abandonadas, os “roçados” podem passar por dois processos distintos, que dependerá do método utilizado pelo ribeirinho. O primeiro é a condução da própria regeneração natural das espécies florestais, principalmente o pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.), que regenera de forma abundante neste ambiente, sobretudo devido ao uso do fogo que quebra a dormência das suas sementes presentes no solo (APPLEGATE et al., 2000; JONG, 2001; GONZÁLES, 2007). O segundo processo é o enriquecimento com algumas espécies como o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.), cacaueiro (*Theobroma cacao* L.), bananeira (*Musa* spp.) e, principalmente, o açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). Podem ocorrer ainda, os dois processos, simultaneamente, a condução da regeneração natural e o enriquecimento.

Dessa forma, a dinâmica envolvendo o estabelecimento dos SAFs nas várzeas do estuário amazônico, conduzem a sistemas distintos quanto à composição, tamanho, densidade e crescimento das espécies. Assim sendo, torna-se essencial avaliar de que modo estas

variáveis influenciam o desenvolvimento das espécies que compõem os sistemas agroflorestais, dentre elas, o pau mulato.

A hipótese do estudo foi que a elevada densidade remanescente do pau mulato e elevada densidade de outras espécies tem relação negativa com o seu crescimento em diâmetro, sendo que essa relação é mais dependente de sua própria densidade remanescente, pois a competição intra-específica é maior do que a inter-específica. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar de que forma diferentes densidades remanescentes de pau mulato e de outras espécies presentes em sistemas agroflorestais influenciam o seu crescimento em diâmetro.

## **4.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1 Descrição da área de estudo**

O estudo foi realizado na várzea do estuário amazônico, na Foz do rio Mazagão Velho, município de Mazagão (AP) (00° 14' 35"S e 51° 22' 59"O). O clima é do tipo Am, equatorial Super úmido, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média mínima é de 23°C e máxima de 38°C, com umidade relativa média acima de 80%. A precipitação pluviométrica anual oscila em torno de 2.500 mm, concentrada, entre os meses de janeiro a julho (GAZEL FILHO, et al., 2008). O solo é classificado como Gleissolo (SANTOS e TARDIN, 2003), com predomínio de textura siltosa e elevada fertilidade. A tipologia da vegetação de florestas alagadas é Floresta Ombrófila Densa Aluvial (IBGE, 2012).

### **4.2.2 Inventário florestal**

Foram selecionados 11 sistemas agroflorestais, com a presença de pau mulato originado da regeneração natural após preparo da área com corte e queima. O histórico de uso das áreas foi conhecido por meio da aplicação de questionários com perguntas sobre os tipos de manejo praticados ao longo do tempo nas propriedades. Informações sobre o uso do fogo, ano de abandono do roçado e realização de desbastes das espécies florestais também foram coletadas.

Foi realizado o inventário de todos os indivíduos, tomando-se as medidas da altura (H) e circunferência a altura do peito (CAP), com nível de inclusão de indivíduos com  $CAP \geq 15$  cm. Todas as árvores foram plaqueadas e pintadas no local de medição do CAP. Os tamanhos das áreas dentro dos roçados abandonados variaram de 0,3 a 1 ha. O critério para delimitação das áreas foi baseado na disponibilidade de árvores de pau mulato e características das áreas, como a presença de rios e igarapés, chegando-se ao tamanho máximo de área de 1 ha. As

árvores de pau mulato presentes nas áreas foram originadas de roçado abandonado, com manejo da regeneração natural e enriquecimento com outras espécies, principalmente, de açaizeiros, para a formação dos SAFs, sendo muito claro os limites das áreas.

O tamanho das áreas dos SAFs foi calculado pela definição do seu perímetro no programa Track maker após caminhamento pela borda da área, e em seguida, calculou-se a área do polígono formado. Os indivíduos de pau mulato foram georreferenciados com GPS Garmim 76 CSx de alta sensibilidade para se ter uma noção da distribuição das árvores na área. A densidade (d) de pau mulato e de outras espécies foi calculada com base no número de indivíduos (n) e área (A) ocupada pelo SAF ( $d=n/A$ ).

#### **4.2.3 Análise dos dados**

O crescimento em diâmetro do pau mulato foi calculado pela diferença de duas medições realizadas em intervalo de tempo que variou de 12 a 18 meses. As taxas de crescimento foram convertidas em  $\text{cm ano}^{-1}$ . Foram calculadas as taxas média (Tm), mínima (Tmin) e máxima (Tmax) de crescimento em diâmetro.

Para descrição da composição florística dos SAFs foram utilizados dados de riqueza e densidade relativa das espécies.

A similaridade florística entre as áreas foi definida por meio da análise de agrupamento, sobre a matriz básica de presença/ausência das espécies arbóreas amostradas. Utilizou-se o percentual de dissimilaridade como medida de distância e a ligação simples como medida de ligação, utilizando o software Statistica 7.0.

Os dados do inventário foram submetidos à análise de correlação de Spearman para verificar a associação entre as variáveis preditoras (densidade de pau mulato, densidade de outras espécies, densidade de açaizeiro, riqueza de espécies e índice de Shannon) e variáveis resposta (taxas média, mínima e máxima de crescimento em diâmetro).

Após, foi utilizada análise de regressão para analisar a forma da associação da variável preditora (densidade de pau mulato) e variável resposta (taxa média de crescimento em diâmetro). Foi adotado, para representação dos dados, o modelo polinomial de segunda ordem. Para análise estatística foi empregado o *software* Excel.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1. Composição e similaridade florística dos sistemas agroflorestais

Nos 11 sistemas agroflorestais estudados, foram encontrados 5.056 indivíduos, 29 famílias, 64 gêneros e 78 espécies. O pau mulato, com 1.760 indivíduos apresentou maior densidade (35%) em relação ao total.

A família com maior número de espécies foi Fabaceae (11), seguida por Arecaceae (8) e Malvaceae (5) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Espécies presentes nos 11 sistemas agroflorestais estudados na várzea do estuário amazônico.

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome comum</b>
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá
	<i>Mangifera indica</i> L.	Manga
	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Caju
Annonaceae	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Biribá
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Envira branca
	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí
Arecaceae	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Bacaba
	<i>Astrocayum murumuru</i> Mart.	Muru-muru
	<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	Urucurí
	<i>Manicaria saccifera</i> Gaertn.	Bussú
	<i>Acromia aculeata</i> (Jacq.) Loddiges ex Mart.	Mucajá
	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Paxiúba
	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Dendê
	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.	Pupunha
	Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.
Boraginacea	<i>Cordia nodosa</i> L.	Chapéu de sol
Caesalpiniaceae	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber	Paricá
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Jacareúba
Chrysobalanaceae	<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	Macucu
Clusiaceae	<i>Platonia insignis</i> Mart.	Bacuri
Combretaceae	<i>Terminalia dichotoma</i> G. Mey.	Cuiarana

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome comum</b>
Euphorbiaceae	<i>Sapium curupita</i> Huber. <i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss) Müll.Arg. <i>Hura crepitans</i> L.	Curupita Seringueira Açacú
Fabaceae	<i>Tachigali guianensis</i> (Benth.) Zarucchi & Herend. <i>Inga edulis</i> Mart. <i>Platymiscium filipes</i> Benth. <i>Pterocarpus amazonicus</i> Huber <i>Cassia</i> sp. L. <i>Mora paraensis</i> (Ducke) Ducke <i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd.) Kuntze NI <i>Zygia ampla</i> (Spruce ex Benth.) Pittier <i>Swartzia racemosa</i> Benth. <i>Swartzia pochyphylla</i> Harms	Taxi Ingá cipó Macacaúba Mututi Marimarí Paracucúba Pracaxi Jaranduba Pacapeuá Pitaica
Hernandiaceae	<i>Hernandia guianensis</i> Aubl.	Ventosa
Humiriaceae	<i>Sacoglottis ceratocarpa</i> Ducke.	Uxirana
Hypericaceae	<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	Lacre
Lauraceae	<i>Ocotea dissimilis</i> C.K. Allen <i>Licaria mahuba</i> (A. Samp.) Kosterm. <i>Licaria cannella</i> (Meisn.) Kosterm.	Louro canela Maúba Louro preto
Malvaceae	<i>Apeiba burchellii</i> Sprague. <i>Eriotheca globosa</i> (Aubl.) A. Robyns <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. <i>Herrania mariae</i> (Mart.) Decne. ex Goudot	Pente de macaco Munguba Sumaúma Cacau de jacaré
Melastomataceae	<i>Guarea</i> sp. F. Allam. ex L. <i>Mouriri acutiflora</i> Naudin	Jataúba Camuti

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>Nome comum</b>
Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl. Kuntze <i>Cedrela odorata</i> L. <i>Swietenia macrophylla</i> King.	Andiroba  Cedro Mogno
Moraceae	<i>Ficus maxima</i> Mill. <i>Maquira coriacea</i> (H. Karst.) C.C. Berg. <i>Ficus nymphaeifolia</i> Mill. <i>Bagassa</i> sp. Aubl.	Caxinguba Muiratinga  Apui Tataúba
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	Virola
Myrtaceae	<i>Psidium</i> sp. L. <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston <i>Psidium guajava</i> L.	Araçá Jambo  Goiaba
Rubiaceae	<i>Calycophyllum</i> <i>spruceanum</i> (Benth.) K. Schum. <i>Genipa americana</i> L. <i>Chimarrhis barbata</i> (Ducke) Bremek. <i>Morinda citrifolia</i> L.	Pau mulato   Jenipapo Canela de velho  Noni
Rutaceae	<i>Metrodorea flavida</i> K. Krause <i>Citrus</i> sp. L. <i>Citrus</i> sp. L. <i>Citrus</i> sp. L. <i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingl	Laranjinha  Limão cidra Laranja da terra Limão Limão galego
Salicaceae	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	Andorinha
Sapotaceae	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Chevalier	Maçaranduba
Siparunaceae	<i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A.DC.	Capitiú
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lamarck <i>Theobroma cacao</i> L. <i>Theobroma grandiflorum</i> Schum.	Mutamba  Cacau Cupuaçu
Urticaceae	<i>Cecropia obtusa</i> Trécul.	Embaúba

A presença de Fabaceae e Malvaceae entre as famílias mais importantes encontradas na várzea corrobora com outros estudos realizados na várzea do estuário amazônico (ALMEIDA, 2004; CARIM, et al., 2008).



O maior número de espécies (29) ocorreu no SAF 9 e o menor (7) no SAF 7. Seis espécies (8%) foram exclusivas do SAF 11; três espécies foram comuns a todos os SAFs (*Calycophyllum spruceanum*, *Euterpe oleracea* e *Spondias mombin*); uma espécie ocorreu em 10 SAFs (*Mora paraensis*) e uma espécie em oito SAFs (*Carapa guianensis*).

Nos SAFs onde ocorreram elevadas densidades de pau mulato houve menor riqueza de espécies. A abundância de espécies nos 11 sistemas agroflorestais é influenciada principalmente pela preferência dos ribeirinhos por espécies que são economicamente interessantes na região como, *Calycophyllum spruceanum* e *Euterpe oleracea*, portanto, priorizaram-nas para composição destes sistemas. Isto pode ser confirmado pela presença destas espécies em todos os SAFs estudados. Verifica-se elevado número de indivíduos e elevada densidade relativa destas espécies, o que sugere que não é realizado um manejo que priorize a diversificação da produção e das espécies utilizadas (Tabela 3)

**Tabela 3.** Número de indivíduos de *Euterpe oleracea* (açai) e *C. spruceanum* (pau mulato), número total de indivíduos, densidade relativa das duas espécies e riqueza de espécies nos 11 sistemas agroflorestais estudados no estuário amazônico.

SAF	Nº de ind. Açai	Nº de ind. Pau mulato	Nº total de indivíduos	Dens. Relativa	Riqueza de esp.
SAF1	8	655	721	91,96%	13
SAF2	19	346	446	81,84%	23
SAF3	165	52	286	75,87%	14
SAF4	184	162	439	78,82%	16
SAF5	734	100	994	83,90%	17
SAF6	182	66	339	73,16%	20
SAF7	168	57	303	74,26%	7
SAF8	371	40	531	77,40%	28
SAF9	156	81	417	56,83%	29
SAF10	143	52	264	73,86%	26
SAF11	125	147	318	85,53%	18

A maior densidade total de espécies foi encontrada no SAF1 e a menor no SAF10, com 901 ind ha<sup>-1</sup> e 293 ind ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Nos sistemas agroflorestais em que ocorreu

alta concentração de indivíduos em poucas espécies, ocorreu, conseqüentemente, baixa riqueza de espécies.

Nos SAFs 1 e 2, observa-se elevado número de indivíduos de pau mulato, possivelmente pela baixa ou até mesmo ausência de interferência na área. Em áreas de roçado abandonado, após o cultivo de culturas agrícolas pela prática da agricultura de corte e queima, o pau mulato regenera de forma abundante. Segundo Applegate et al., (2000) e Jong, (2001), o uso do fogo favorece a regeneração do pau mulato já que tende a quebrar a dormência das sementes presentes no solo. Dessa forma, as elevadas densidades de pau mulato nestas áreas, sugerem que houve pouco ou nenhum manejo após o abandono do roçado.

Nos SAFs 7, 8 e 10, verifica-se que houve maior introdução de açazeiros nas áreas de roçados abandonados (enriquecimento das capoeiras). Neste tipo de manejo, os ribeirinhos tendem a priorizar a produção de açaí nos SAFs, reduzindo, por meio do desbaste, o número de indivíduos de pau mulato e de outras espécies florestais resultantes da regeneração natural. Segundo Farias (2012), o manejo de açazeiros é atividade prioritária praticada pelos ribeirinhos do município de Mazagão e necessita ser incentivado, embora outros produtos como a madeira complementem sua renda e subsistência. No entanto, ainda segundo o autor anterior, a valorização do açaí tem levado a um enriquecimento de açazeiros acima do recomendado tecnicamente, pressionando a riqueza de outras espécies nas áreas com manejo. Nas áreas de manejo de açazeiros, em nível local, foram encontradas 24 espécies a menos do que na floresta sem manejo, mas de maneira geral a composição florística da floresta de várzea não é alterada, pois o manejo é realizado em pequena escala e os açazeiros ocupam apenas uma pequena porção da propriedade.

Nestes dois contextos distintos e extremos, verifica-se a necessidade de diversificação dos sistemas adotados pelos ribeirinhos. Portanto, a composição florística dos sistemas agroflorestais aqui estudados, é consequência, sobretudo, do tipo de manejo empregado pelos ribeirinhos que se caracteriza basicamente pela própria condução da regeneração natural das espécies florestais, incluindo o pau mulato, e pelo enriquecimento das capoeiras com o açaí. No entanto, verifica-se que o manejo destas duas espécies não é realizado de maneira adequada, tendo em vista as altas densidades de indivíduos nas áreas e baixa diversidade de espécies encontradas em alguns SAFs. As elevadas densidades de espécies nos SAFs estudados, como é o caso do pau mulato, não otimizam o seu crescimento, devido a ocorrência de competição por fatores de crescimento como água, luz e nutrientes.

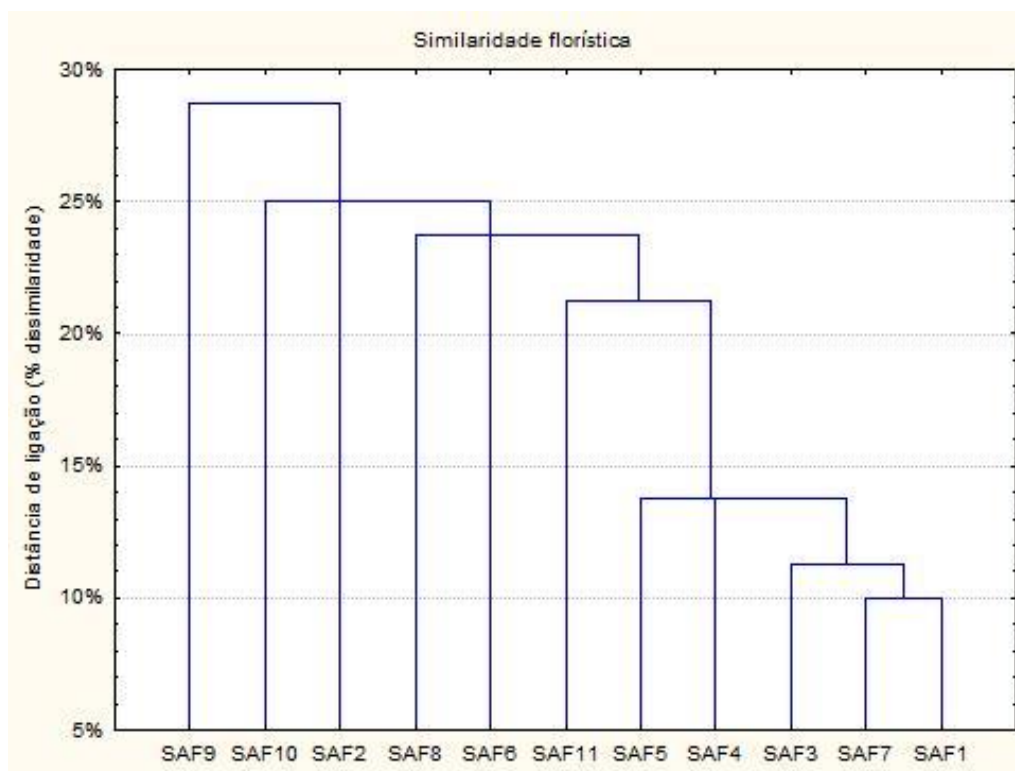
Jong (2001) estudou a composição florística de 9 sistemas agroflorestais em áreas de capoeira nas várzeas da Amazônia peruana, nos quais encontrou 78 espécies. O pau mulato

foi a segunda espécie na lista de espécies encontradas, ficando atrás somente da bananeira que é cultivada em todas as propriedades ribeirinhas estudadas, juntamente com culturas anuais como o milho.

Em estudos sobre as espécies florestais com potencial para serem usadas em sistemas agroflorestais localizados na várzea, o pau mulato vem sendo destacado como uma das principais, tanto pelas características ecológicas e possibilidades de usos, quanto pela elevada disponibilidade de indivíduos que viabiliza o manejo adequado (KVIST, 2001; ATTA-KRAH, 2004).

É perceptível a importância do pau mulato para a composição de sistemas agroflorestais, considerando as características da espécie, como rápido crescimento, copa rala e potencial madeireiro, no entanto, é necessário utilizar densidades de indivíduos que não comprometam o crescimento desta espécie florestal e nem a riqueza de espécies dos SAFs.

Os SAFs que apresentam baixa riqueza de espécies tendem a apresentar, conseqüentemente, alta similaridade florística. Os SAFs 1 e 7 que apresentaram menor riqueza de espécies (Tabela 3), apresentaram também maior similaridade florística entre si e menor percentual de dissimilaridade (10%) (Figura 1). Dessa forma, de todos os sistemas agroflorestais estudados, estes compartilham o maior número de espécies. A menor similaridade florística foi encontrada entre os SAFs 1 e 9, com 29% de dissimilaridade florística, sendo esses os SAFs com menor e maior riqueza de espécies, respectivamente.



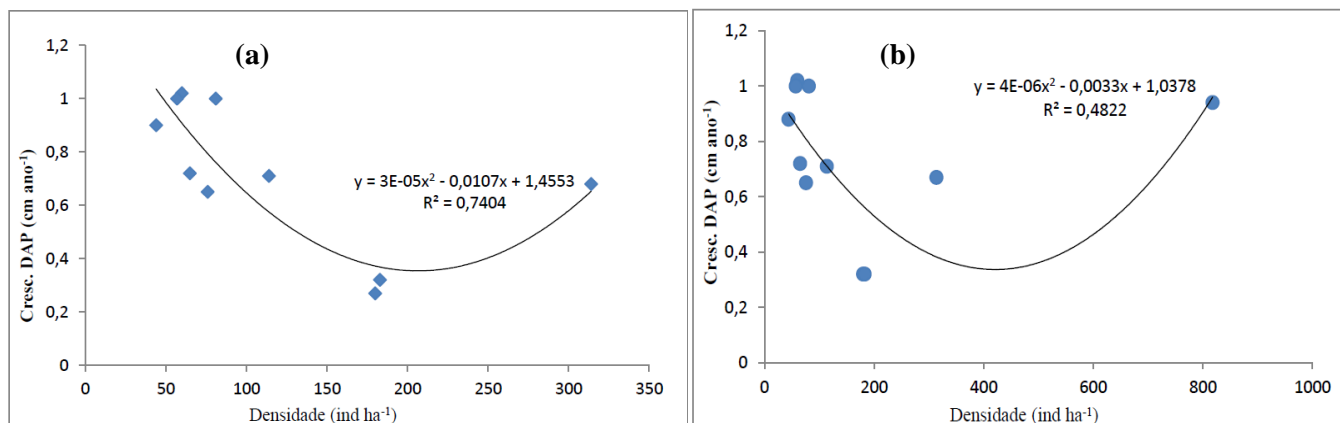
**Figura 1** – Dendrograma de similaridade florística entre os 11 sistemas agroflorestais estudados no estuário amazônico

A maior ou menor similaridade florística, existente entre os sistemas agroflorestais estudados, é resultado, principalmente, do manejo empregado nestas áreas ao longo do tempo, da idade dos SAFs, das condições ambientais e das espécies escolhidas para compor estes sistemas.

#### 4.3.2 Crescimento do pau mulato

O crescimento médio do pau mulato apresentou relação inversa com a sua densidade remanescente nos 11 sistemas agroflorestais estudados (Figura 2). A idade média dos sistemas agroflorestais foi de 8 anos.

O pau mulato apresentou melhor crescimento em diâmetro nos sistemas agroflorestais que apresentaram densidades de indivíduos próximas a 100 ind ha<sup>-1</sup>. Apenas um sistema agroflorestal (SAF1) com elevada densidade de indivíduos (818 ind ha<sup>-1</sup>) apresentou crescimento médio em torno de 1 cm ano<sup>-1</sup>. Neste sistema agroflorestal foi possível observar um padrão distinto dos demais SAFs, tendo em vista que elevadas densidades de indivíduos por hectare não influenciou negativamente o crescimento do pau mulato (Figura 2b).

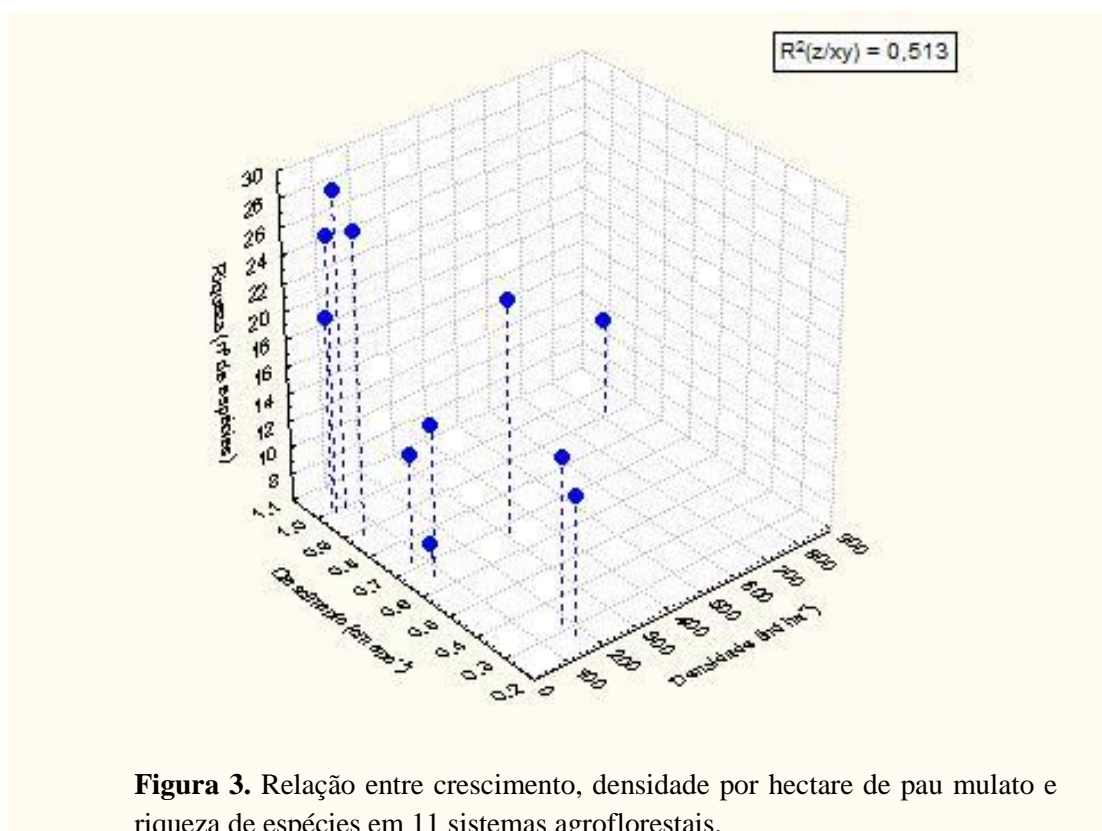


**Figura 2.** Relação entre taxas médias anuais de crescimento em diâmetro do pau mulato e densidades remanescentes em 10 (a) e 11 (b) sistemas agroflorestais localizados na várzea do estuário amazônico

O melhor ajuste ao modelo (Figura 2a) foi possível com a exclusão das informações do sistema agroflorestal que apresentou elevado crescimento de pau mulato quando submetido à alta densidade.

Os crescimentos máximo (1,02 cm ano<sup>-1</sup>) e mínimo (0,32 cm ano<sup>-1</sup>) em diâmetro foram observados no SAF6 e SAF11, respectivamente. As densidades de indivíduos de pau mulato encontradas nestes SAFs foram de 60 ind ha<sup>-1</sup> e 183 ind ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O crescimento do pau mulato apresentou relação positiva com a riqueza de espécies. Nos sistemas agroflorestais com os maiores valores para riqueza de espécies e menores densidades de indivíduos de pau mulato, a espécie teve maior crescimento (Figura 3).



**Figura 3.** Relação entre crescimento, densidade por hectare de pau mulato e riqueza de espécies em 11 sistemas agroflorestais.

Dessa forma, deve-se optar pela composição de sistemas agroflorestais que apresentam elevada riqueza de espécies para o melhor estabelecimento e crescimento do pau mulato. Portanto, ao se pensar em um arranjo para um sistema agroflorestal, localizado na várzea do estuário amazônico e toda a sua dinâmica de formação, desde o abandono do roçado até o início das práticas de manejo, deve-se considerar, para compor estes sistemas, não somente as espécies que possuem interesse econômico na região, como é o caso do açaí de do pau mulato, mas também outras espécies que ocorrem naturalmente nestas áreas e que têm potencial de uso ou alguma função ecológica importante no sistema.

Os sistemas agroflorestais com maiores riquezas de espécies tendem a apresentar maior complexidade, maior estabilidade e menor variabilidade. Além disso, a riqueza de espécies serve como indicador de equilíbrio de sistemas agroflorestais, funcionando como ferramentas para o seu manejo (PILLAR, 2002; MACHADO et. al., 2005). A adoção de sistemas agroflorestais com maior riqueza de espécies possibilita também a diversificação da produção da propriedade ribeirinha, permitindo a comercialização de produtos variados.

Franke et al. (2000) avaliaram o crescimento do pau mulato em um sistema agroflorestal de seis anos, com espaçamento de 1,5m x1,5m entre indivíduos, composto com 9 diferentes espécies florestais e encontraram um crescimento médio anual em diâmetro de 0,71 cm ano<sup>-1</sup>.

Em estudo realizado por Ugarte-Guerra e Domínguez-Torrejón (2010), em áreas com plantio de pau mulato com idade de cinco anos, o menor crescimento (0,6 cm ano<sup>-1</sup>) foi obtido na densidade 1.312 ind ha<sup>-1</sup> e o maior crescimento (1,9 cm ano<sup>-1</sup>) na densidade 800 ind ha<sup>-1</sup>.

Estes resultados sugerem que o pau mulato poderá apresentar diferentes respostas de crescimento que dependerão não somente do número de árvores por hectare, mas também das espécies acompanhantes que tem relação com a riqueza de espécies, da idade dos indivíduos e dos fatores ambientais.

A densidade de indivíduos por hectare a ser adotada nos sistemas agroflorestais com o pau mulato dependerá, dentre outros fatores, do arranjo de espécies que se deseja compor nestas áreas. Pelas características do pau mulato, como fuste retilíneo, copa rala e desrama natural, a espécie pode ser manejada não somente com outras espécies florestais, mas também em campos agrícolas, juntamente com culturas anuais em plantios adensados, cuja densidade pode chegar a 3.333 ind ha<sup>-1</sup>, permitindo que nos dois primeiros anos sejam cultivados, nas entrelinhas, culturas, tais como, milho, melancia, melão, abóbora e hortaliças (JONG, 2001; REVILLA, 2001).

No entanto, em elevadas densidades de indivíduos, o pau mulato poderá ter o seu crescimento limitado devido à competição intraespecífica (GONZÁLES, 2007), além de limitar o crescimento de outras espécies que compõem o SAF. Sendo, portanto, necessário realizar o desbaste e diminuição da densidade de indivíduos na área, de acordo com o desenho do SAF e ser estabelecido.

Assim, uma densidade próxima a 100 indivíduos por hectare otimiza o crescimento do pau mulato e possibilita o consórcio com outras espécies que também tem importância econômica na região, como o açaí. Adicionalmente, em menores densidades, o pau mulato permite que outras espécies sejam inseridas no sistema agroflorestal, garantindo a maior

riqueza de espécies, fator que também influencia positivamente o crescimento desta espécie florestal.

### 4.3.3. Correlação entre variáveis

Conforme a matriz de correlação verifica-se a existência de correlação negativa e significativa ( $p < 0,05$ ) entre o crescimento máximo do pau mulato e a densidade de outras espécies. Entre a diversidade de espécies e o crescimento máximo do pau mulato houve correlação positiva e significativa (Tabela 1).

**Tabela 1** – Correlação entre as variáveis Densidade de pau mulato (DPM), densidade de açaizeiros (D AÇ), densidade de outras espécies (DO), densidade total (DT), riqueza de espécies (RSp) e diversidade de espécies ( $H'$ )

<b>Cresc. (cm ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>D PM</b>	<b>D AÇ</b>	<b>DO</b>	<b>DT</b>	<b>RSp</b>	<b>H'</b>
<b>Cres. Med.</b>	-0,10	-0,13	-0,02	-0,24	0,44	0,26
<b>Cresc. Max.</b>	-0,56	0,27	<b>-0,64</b>	-0,29	0,47	<b>0,65</b>
<b>Cresc. Min.</b>	-0,32	0,07	-0,19	-0,42	-0,01	0,30

Estes resultados indicam que embora a diversidade de espécies dos SAFs influencie positivamente o crescimento do pau mulato, presente nestas áreas, a elevada densidade de outras espécies compromete o seu crescimento.

O crescimento máximo das árvores de pau mulato foi correlacionado positivamente com o índice de diversidade e de maneira negativa com a densidade de outras espécies. Isso pode indicar que a distribuição das abundâncias das espécies que compõem os SAFs pode ser importante para estimular o máximo potencial de crescimento do pau mulato. Além disso, a diversidade de espécies dos SAFs está diretamente relacionada com a riqueza de espécies, portanto, com o número de espécies que compõem o sistema. Dessa forma, novamente, ao se considerar a composição florística dos sistemas agroflorestais a serem estabelecidos na várzea, deve-se estar atento à importância da riqueza de espécies, sua influência positiva no crescimento do pau mulato e no equilíbrio e desenvolvimento do sistema como um todo. Deve-se atentar também para o fato de que elevadas densidades de outras espécies podem apresentar influência negativa sobre o crescimento do pau mulato e demais espécies. Assim, existe a necessidade de avaliar com maior profundidade as melhores densidades de espécies acompanhantes do pau mulato e melhores arranjos dos sistemas agroflorestais a serem adotados nas áreas de roçado abandonado na várzea do estuário amazônico.

#### **4.4. CONCLUSÕES**

O pau mulato apresentou, de modo geral, crescimento limitado em sistemas agroflorestais com elevada densidade de indivíduos da própria espécie, o que pode estar relacionado à competição intraespecífica pelos fatores de crescimento.

Verificou-se também que o crescimento do pau mulato apresentou relação positiva com a elevada riqueza de espécies encontradas nos sistemas agroflorestais estudados e que em sistemas agroflorestais com elevada densidade de espécies acompanhantes, houve interferência negativa no crescimento do pau mulato.

O pau mulato poderá apresentar diferentes respostas de crescimento que dependerá não somente do número de árvores por hectare, mas também das espécies acompanhantes no sistema, da idade dos indivíduos e dos fatores ambientais.

Dessa forma, a densidade de indivíduos por hectare a ser adotada nos sistemas agroflorestais com o pau mulato dependerá, dentre outros fatores, do arranjo de espécies que se deseja compor nestas áreas.



**SISTEMA DE MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL DO PAU  
MULATO NA VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO**

## 5. SISTEMA DE MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL DO PAU MULATO NA VÁRZEA DO ESTUÁRIO AMAZÔNICO

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial de regeneração natural do pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.), seu crescimento após o primeiro e segundo desbastes e a capacidade de produção de madeira roliça resultante do segundo desbaste. Para verificar o potencial de regeneração do pau mulato e os efeitos do primeiro desbaste foram instaladas 10 parcelas em áreas de roça abandonadas com 10 e 18 meses. Em cada uma destas parcelas, inicialmente, foram contados e medidos os indivíduos regenerantes de pau mulato, que foram desbastados deixando diferentes densidades remanescentes. Para testar o crescimento de indivíduos adultos do pau mulato, em diferentes densidades, foram selecionadas quatro capoeiras, duas com sistemas agroflorestais (SAFs) e duas em povoamentos puros (PPs). A capacidade de produção de madeira foi verificada após o desbaste realizado nestas áreas. O volume de madeira resultante do desbaste foi estimado com o uso de modelos de regressão para verificar o modelo de melhor ajuste para o pau mulato. O histórico de manejo das áreas foi conhecido por meio de entrevistas com formulários. Nas capoeiras de 10 e 18 meses foram encontradas densidades médias de pau mulato de 7.623 ind ha<sup>-1</sup> e 118.817 ind ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Após o desbaste, o crescimento máximo e mínimo ocorreu nas densidades de 125 ind ha<sup>-1</sup> e 1.416 ind ha<sup>-1</sup> (testemunha sem desbaste), com valores de 1,71 cm ano<sup>-1</sup> e 0,11 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente. O volume de madeira obtido nos SAFs e nos PPs foi de 20,52 m<sup>3</sup>/há, resultante da cubagem de 696 árvores. Os modelos que apresentaram melhor ajuste para estimar o volume de pau mulato foram os modelos de Meyer, Naslund, Meyer Modificado e Stoate. O elevado potencial de regeneração natural do pau mulato caracteriza-se como uma oportunidade para o manejo da espécie. O pau mulato responde de maneira positiva ao desbaste, tanto na fase inicial da regeneração, quanto no segundo desbaste, melhorando seu desenvolvimento após a liberação. Seu desbaste possibilita a escolha de indivíduos com características desejáveis, sem custos com o plantio de mudas, para produção e fornecimento de madeira de qualidade para o mercado. O segundo desbaste do povoamento de regeneração do pau mulato possui capacidade de fornecer volume madeira roliça que pode ser aproveitado na propriedade ribeirinha e também para comercialização.

Palavras-chave: desbaste, produção de madeira roliça, densidade, modelo de regressão.

## 5. MANAGEMENT SYSTEM OF NATURAL REGENERATION PAU MUALTO IN THE FLOODPLAIN OF THE AMAZON ESTUARY

**ABSTRACT:** The aim of this study was to assess the potential for natural regeneration pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Shum.), growth after the first and second thinning and production capacity timber resulting of second thinning. To verify the potential of regeneration and effects of first thinning, 10 plots were installed in swidden-fallow with ages 10 and 18 months. In each of these plots were counted regenerating individuals. To test the growth of adults of pau mulato, in different densities, we selected four swidden-fallow, two with agroforestry systems (AFS) and two in pure stands (PSs). The production capacity of timber was recorded after thinning these areas. The timber volume resulting from thinning was estimated using regression models to check the model of best fit for the pau mulato. The management history of the area was known through interviews with forms. The swidden-fallow 10 and 18 months presented average densities of pau mulato of 7623 ind ha<sup>-1</sup> and 118 817 ind ha<sup>-1</sup>, respectively. The maximum and minimum growth pau mulato occurred at densities of 125 ind ha<sup>-1</sup> and 1,416 ind ha<sup>-1</sup>, with values of 1.71 cm yr<sup>-1</sup> and 0.11 cm yr<sup>-1</sup>, respectively. The volume of timber obtained in SAFs and PPs was of 20.52 m<sup>3</sup>/ha. The models that best fit to estimate the volume of timber mulatto were the models of Meyer, Naslund, Meyer Modificado and Stoate. The high potential for natural regeneration pau mulatto characterized as an opportunity for the management of the species. The pau mulato responds positively to thinning, both in the initial phase of regeneration, and in the second thinning, improving their development after release. His thinning allows the choice of individuals with desirable characteristics, without costs by planting seedlings for production and supply of quality wood to market. The second thinning the stand regeneration pau mulato has the capacity to provide timber volume that can be tapped on the riverine property and also for marketing.

Keywords: thinning, producing timber, density, regression model.

## 5.1. INTRODUÇÃO

A regeneração natural em florestas tropicais é um mecanismo ecológico essencial à sobrevivência de espécies florestais. Para manutenção da composição florística de uma floresta adulta é necessária a regeneração da grande maioria das árvores que integram um povoamento. Em um sentido dinâmico, a regeneração florestal representa o processo de renovação da cobertura vegetal de uma área; e em um sentido estático, os indivíduos na fase jovem de uma espécie ou de um grupo de espécies vegetais que ocorrem naturalmente em determinada área (JARDIM, 1985; LIMA FILHO et al, 2002).

O processo de regeneração constitui o estoque genético da vegetação, disponível para a substituição de indivíduos à medida que o ambiente propicia o seu recrutamento para a classe de tamanho superior. O estudo qualitativo e quantitativo da regeneração natural permite conhecer o estoque da floresta e sua distribuição na comunidade vegetal, fornecendo dados que permitam previsões sobre a produção florestal no futuro. O conhecimento do potencial regenerativo e dos processos de dinâmica de sucessão, crescimento e produção é fundamental para utilização dos recursos florestais em bases ecologicamente sustentáveis (SOUZA et al., 2002).

Dessa forma, as informações sobre a regeneração natural são muito importantes ao produtor, pois permitem conduzir a densidade das espécies e a qualidade da estrutura da floresta. A geração de informações básicas sobre a composição e estrutura das espécies regenerantes é fundamental para planos de manejos sustentáveis (CARVALHO, 1982; OLIVEIRA, 1995).

Os estudos sobre a regeneração natural na Amazônia, em sua maioria, estão relacionados às florestas de terra firme, sendo, portanto, escassos os estudos em florestas de várzea. Dentre os estudos nas florestas de várzea estão os de Oliveira (1992), Higuchi et al. (1994), Macedo (1996) e Gama et al. (2002).

A várzea é o ambiente da Amazônia mais explorado e de maior ocupação humana, porém são poucos os estudos nestas áreas que avaliam a regeneração de espécies florestais, tanto em clareiras naturais quanto naquelas de origem antrópica (ANDRADE et al, 2008). Nas várzeas, as clareiras antrópicas são de origem, sobretudo, da exploração madeireira e de áreas de roçado abandonado ou capoeiras, que após um ou dois ciclos de cultivos agrícolas, são abandonadas.

Dentre as espécies que regeneram no ambiente de várzea está o pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Shum.), que ocorre em toda a região amazônica

(Brasil, Peru, Bolívia e Equador) na mata de várzea periodicamente inundada, geralmente em agrupamentos homogêneos. A madeira do pau mulato é moderadamente pesada, densa (densidade de 0,78 g/cm<sup>3</sup> a 0,85 g/cm<sup>3</sup>), compacta, bastante resistente à deterioração, é empregada para marcenaria, construção civil, confecção de esquadrias, caibros, ripas, tacos, tábuas para assoalho, lambris, estacas, moirões, peças torneadas cabos de ferramentas, artigos torneados e compensados, podendo fornecer cerca de 38% de celulose. Também é largamente utilizada para a produção de energia, tanto na forma de lenha como de carvão (DUCKE, 1937; RIZZINI, 1971; GUITTON, 1991; D' OLIVEIRA et al., 1992; REVILLA, 2001).

A exploração das árvores de pau mulato advém, principalmente, de pequenas áreas de agricultura itinerante abandonadas, que viraram capoeiras ou florestas secundárias de várzea. Para preparo do roçado, as áreas geralmente são queimadas, favorecendo a quebra de dormência das sementes e a regeneração da espécie. Nestas áreas, é observada elevada regeneração natural do pau mulato, proveniente da germinação de sementes presentes no solo (APPLEGATE et al., 2000; JONG, 2001). A regeneração natural da espécie se dá tanto pela acentuada germinação das sementes após passagem do fogo e/ou abertura de clareiras e entrada da luz solar, como também pelo poder de rebrota após corte ou dano físico.

A elevada densidade remanescente de pau mulato pode comprometer o crescimento da espécie, devido à competição intraespecífica, tornando-se necessário o desbaste (GONZÁLES, 2007). O desbaste consiste na eliminação de parte da população ou do povoamento, reduzindo a competição pelos fatores de crescimento, como água, luz e nutrientes. No caso do pau mulato, o desbaste pode ser realizado em duas etapas: a primeira consiste na eliminação das plantas, logo após o abandono do roçado, em capoeiras com idade de aproximadamente 12 meses. Nesta fase a espécie regenera de maneira abundante, apresentando elevado número de indivíduos. A segunda etapa consiste na eliminação de indivíduos adultos com idades entre 4 e 7 anos.

O desbaste de indivíduos adultos de pau mulato origina determinado volume de madeira que pode ser aproveitado para diferentes usos, dependendo da idade do povoamento. Em áreas de plantio, a madeira proveniente do desbaste do pau mulato pode ser usada para produção de lenha e carvão vegetal, devido ao alto poder calorífico da espécie. Para lenha, o corte pode ser feito quando o indivíduo atinge de 2 a 3 anos. O pau mulato também pode ser usado na construção civil, com o uso da madeira serrada, quando os indivíduos atingem a idade de 15 a 20 anos (SOTELO MONTES et al., 2003).

Na várzea do estuário amazônico as madeiras apresentam diferentes usos, podendo ser classificadas em distintos grupos. O pau mulato situa-se no grupo de madeiras que podem ser

desdobradas em serrarias, bem como no grupo de madeiras destinadas à construção civil, movelaria e carpintaria (OLIVEIRA JR et al., 2005).

O volume de madeira obtido do desbaste caracteriza-se como uma das informações de maior relevância para o melhor entendimento dos atributos de um povoamento florestal. Este volume fornece elementos para a avaliação do estoque de madeira e análise do potencial produtivo das florestas. Esta variável não é facilmente mensurável, portanto, utilizam-se equações matemáticas para estimar o volume individual de todas as árvores da população de interesse (SILVA et al., 2011).

Para estimar o volume de povoamentos florestais, alguns modelos matemáticos foram propostos e, devido às diferenças edafoclimáticas entre regiões e condições das populações florestais, é necessário testar os modelos matemáticos propostos. Para isto, alguns testes estatísticos são utilizados e, dessa forma, pode-se estimar o volume de madeira e a capacidade produtiva de determinado povoamento, por meio de equações de volume, utilizando informações obtidas no inventário florestal como o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (H) (THOMAS et al., 2006; VALENTE, et al., 2011).

Apesar do senso comum sobre a importância econômica e social do pau mulato, muito utilizado na construção das residências dos próprios ribeirinhos extrativistas, pouco se sabe sobre o seu potencial de regeneração natural, que, se manejado adequadamente, pode fornecer madeira sem precisar fazer uso de áreas florestadas ainda não exploradas ou arcar com os custos de um reflorestamento.

Diante do exposto, foi construída a hipótese que o pau mulato apresenta potencial biológico para manejo e fornecimento de madeira, e que o desbaste da abundante regeneração natural favorece o crescimento da espécie em sistemas agroflorestais e em povoamentos puros. O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial de regeneração natural do pau mulato em áreas abandonadas pela agricultura itinerante, o efeito dos desbastes em seu desenvolvimento e a capacidade de produção de madeira roliça resultante do segundo desbaste.

## **5.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.2.1. Área de estudo**

O estudo foi realizado na várzea do estuário amazônico, nos municípios de Gurupá (PA) (00° 29' 27''S e 51° 24' 31''O) e Mazagão (AP) (00° 14' 35''S e 51° 22' 59''O). O trabalho foi realizado em propriedades rurais localizadas na foz do Mazagão Velho e na foz do Ajuruxi, (Mazagão) e na Ilha das Cinzas (Gurupá).

O clima das regiões é do tipo Am, equatorial super úmido, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média mínima é de 23°C e máxima de 38°C, com umidade relativa média acima de 80%. A precipitação pluviométrica anual oscila em torno de 2.500 mm, concentrada, entre os meses de janeiro a julho (GAZEL FILHO, et al., 2008). O solo é classificado como Gleissolo (SANTOS e TARDIN, 2003), com predomínio de textura silteosa e elevada fertilidade. A tipologia da vegetação de florestas alagadas é Floresta Ombrófila Densa Aluvial (IBGE, 2012).

### **5.2.2. Potencial de regeneração natural do pau mulato e primeiro desbaste**

Para verificar o potencial de regeneração natural do pau mulato foram instaladas 10 parcelas em duas áreas de capoeiras com diferentes idades, localizadas na foz do Rio Mazagão Velho. Uma área, com 10 meses, e outra, com 18 meses, foram originadas de roçado abandonado, após preparo de corte e queima para realização do plantio. A primeira área foi dividida em cinco parcelas: três parcelas de 20 m x 25 m onde foram aplicados os tratamentos e duas de 10 m x 25 m, que ficaram como testemunhas entre as parcelas testadas. Nas parcelas maiores foi realizada a quantificação e medição da altura (H) de todas as plântulas de pau mulato e em seguida realizou-se o desbaste pelo método de arranque dos indivíduos com menores alturas quando comparados àqueles que foram deixados nas parcelas. Para minimizar a competição intraespecífica entre os indivíduos e testar o crescimento das plantas em diferentes densidades, foi adotado o espaçamento mínimo de três metros entre os indivíduos remanescentes. Em cada uma destas parcelas, foi deixada quantidade crescente de regenerações de pau mulato: 6,12 e 18 para avaliação futura do crescimento nas diferentes densidades testadas (120 ind ha<sup>-1</sup>, 240 ind ha<sup>-1</sup>, 360 ind ha<sup>-1</sup>). Nas parcelas menores, foram medidas as alturas, os diâmetros à altura do solo (DAS) com o uso de um paquímetro digital e foi realizada contagem das plântulas, porém não foi realizado o desbaste, pois estas parcelas foram utilizadas como grupo controle.

Na segunda área de capoeira procedeu-se da mesma forma, porém a área foi dividida em três parcelas de 17 m x 30 m e duas parcelas testemunhas de 10 m x 30 m, sendo deixada

a quantidade de 10, 20 e 30 indivíduos para testar as densidades de 200, 400 e 600 ind ha<sup>-1</sup> nas parcelas maiores.

Após seis meses, realizou-se novamente a medição dos indivíduos das parcelas de todos os tratamentos com as diferentes densidades, incluindo as testemunhas, para avaliação do crescimento das plântulas durante este intervalo de tempo.

### **5.2.3. Produção de madeira, crescimento e segundo desbaste**

Foram selecionadas cinco áreas de capoeira que apresentavam regeneração natural de pau mulato. Duas capoeiras foram submetidas ao processo de enriquecimento com a inclusão de outras espécies florestais e frutíferas na área, formando um sistema agroflorestal (SAF). As outras três capoeiras apresentavam somente o pau mulato, constituindo povoamentos puros. Os sistemas agroflorestais estudados estão localizados no município de Mazagão, no Estado do Amapá, na foz do rio Mazagão Velho. Um povoamento puro está localizado na foz do rio Ajuruxi e dois povoamentos puros na Ilha das Cinzas, no Estado do Pará.

O histórico de manejo das áreas foi conhecido por meio de entrevistas semiestruturadas com o uso de formulários que continham perguntas relativas ao ano de implantação e abandono do roçado, sendo possível estimar a idade das capoeiras, tomando-se como base o ano de abandono do roçado.

Foi realizado o inventário de todos os indivíduos presentes nas cinco áreas de estudo, tomando-se as medidas da altura (H) e circunferência a altura do peito (CAP), com nível de inclusão de indivíduos com CAP ≥ 15 cm. Todas as árvores foram georreferenciadas, plaqueadas e pintadas no local de medição do CAP. Os tamanhos das áreas variaram de 0,3 a 1 ha e a idade foi estimada em anos, com base no ano de abandono do roçado. O critério para delimitação das áreas foi baseado na disponibilidade de árvores de pau mulato e características das áreas, como a presença de rios e igarapés.

Em cada uma das quatro áreas foram delimitadas cinco parcelas, três delas para testar o crescimento do pau mulato em diferentes densidades de indivíduos após realização de desbaste e as outras duas para testar o crescimento na densidade remanescente do roçado abandonado, constituindo-se em tratamento controle. Os tratamentos aplicados em cada área são descritos na Tabela 1.



**Tabela 1** – Densidades de pau mulato testadas em dois sistemas agroflorestais (SAF1 e SAF2) e em três povoamentos puros (PP1, PP2 e PP3), localizados na várzea do estuário amazônico.

	<b>Dimensões das parcelas</b>	<b>Nº de indivíduos</b>	<b>Densidade testada (ind ha<sup>-1</sup>)</b>
SAF1	Tratam. 20 m x 40 m	P1: 10	125
		P2: 20	250
P3: 30		375	
	Control. 10 m x 40 m	P1+P2= 101	1.262
SAF2	Tratam. 20 m x 50 m	P1: 10	100
		P2: 20	200
		P3: 30	300
	Control. 20m x 50m	P1+P2=31	310
PP1	Tratam. 20m x 30m	P1=5	83
		P2=10	166
		P3=15	250
	Control. 10m x 30m	P1+P2=51	850
PP2	Tratam. 20m x 30m	P1=5	83
		P2=10	166
		P3=15	250
	Control. 10m x 30m	P1+P2=85	1.416
PP3	Trata. 20m x 30m	P1=5	83
		P2=10	166
		P3=15	250
	Control. 10m x 30m	P1+P2= 161	2.683

As densidades testadas foram obtidas pelo desbaste realizado nas quatro áreas, deixando o espaçamento mínimo de três metros entre as árvores, com finalidade de reduzir a competição entre os indivíduos e favorecer o crescimento (FRANKE, 2000). O crescimento em diâmetro foi calculado pela diferença das medições realizadas no intervalo de tempo que variou de 6 a 18 meses e as taxas de crescimento foram convertidas em cm ano<sup>-1</sup>.

As 696 árvores de pau mulato originadas do desbaste foram cubadas pelo método de Smalian, que consiste na medição dos diâmetros ou circunferências nas extremidades de cada seção do tronco que foi dividido em seções de 1m. Desta forma, o volume total das árvores foi determinado pelo somatório do volume das diferentes seções. Assim, determinou-se o volume de cada seção utilizando a seguinte fórmula (MACHADO e FILHO, 2003):

$$V_i = (g_1 + g_2)l / 2 \quad (1)$$

Onde:

$V_i$  = volume da seção  $i$  da tora em  $m^3$ ;

$g_1$  = área transversal na base da seção  $i$  da tora ( $m^2$ );

$g_2$  = área transversal no topo da seção  $i$  da tora ( $m^2$ );

$l$  = comprimento da seção da tora em metros;

$i$  = número de seções da tora ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ).

Foram calculados, para cada árvore, os volumes comerciais, comparando-se os modelos clássicos de equações de regressão linear, para selecionar as melhores equações de estimativas dos volumes, em função das variáveis independentes, diâmetro à altura do peito (DAP) e altura comercial (Hc).

### 5.2.4 Modelos testados

Foram testados cinco modelos volumétricos de simples entrada (dois logarítmicos e três aritméticos), tendo o DAP como variável independente e oito de dupla entrada (três logarítmicos e cinco aritméticos), nos quais as variáveis independentes foram o DAP e a altura comercial total do fuste (Tabela 1).

**Tabela 2.** Modelos de equações de regressão testados para o pau mulato para seleção de equações de estimativa do volume (V) em função dos respectivos valores de DAP (d) e altura (h).

	Modelo	Autor	Variáveis
1	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2$	Koperzky-Gehrhardt	
2	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	Hohenald-Krenn	
3	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln d$	Husch	DAP
4	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 (1/d)$	Brenac	
5	$V = \beta_0 \text{ DAP } \beta_1$	Berkhout	
6	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln^2(d) + \beta_3 \ln(h) + \beta_4 \ln^2(h)$	Prodan	
7	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d h + \beta_4 d^2 h + \varepsilon$	Meyer	
8	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d h + \beta_4 d^2 h$	Meyer_Modificada	
9	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d h + \beta_4 d^2 h + \varepsilon$	Naslund_Modificada	
10	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_3 h$	Stoate	DAP/H
11	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln d + \beta_2 \ln h$	Schumacher-hall	
12	$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln(d^2 h)$	Spurr	
13	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 h$	Spurr (simple)	

### 5.2.5. Critérios para escolha dos modelos

A escolha do modelo matemático mais ajustado foi realizada com base em critérios estatísticos. Para isto foi obtido o valor do coeficiente de determinação ajustado para cada

equação testada, o erro padrão da estimativa, o coeficiente de variação, a análise de resíduo e o valor de F. Os parâmetros estatísticos são:

$$R^2_{Aj} = R^2 - \left[ \frac{K-1}{N-K} \right] \cdot (1 - R^2) \quad (1)$$

$$S_{YX} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Vreal_i - Vest_i)^2}{n-p}} \quad (2)$$

$$S_{YX} \% = \frac{S_{YX}}{Y} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:  $R^2_{Aj}$  é o coeficiente de determinação ajustado; K é o número de coeficientes da equação; N é o número de observações;  $S_{YX}$  é o erro padrão da estimativa ou erro padrão residual;  $Vreal_i$  é o volume individual real em  $m^3$ ;  $Vest_i$  é o volume individual estimado em  $m^3$ ; n é o número de árvores amostradas; p é o número de parâmetros no modelo e  $S_{YX}\%$  é o coeficiente de variação que é calculado pelo erro padrão dividido pela média aritmética do volume real.

O erro padrão da estimativa, para modelos logarítmicos, foi calculado a partir do índice de Furnival (1961), para possibilitar a comparação com os modelos aritméticos. O índice de Furnival é dado por:

$$IF = \exp\left(\frac{\sum_{i=1}^n \ln(Vreal_i)}{n}\right) \times S_{YX} \quad (4)$$

O índice de Furnival pode ser expresso em percentual e é dado por:

$$IF\% = \frac{IF}{Y} \times 100 \quad (5)$$

Onde o índice de Furnival é dividido pela média aritmética do volume real obtido.

A comparação entre as equações logarítmicas e aritméticas deve ser feita através do Índice de Furnival com o erro padrão da estimativa ou Índice de Furnival em percentagem (IF%) com o coeficiente de variação da equação aritmética (SCHNEIDER et al., 2009).

### **5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **5.3.1. Potencial de regeneração natural, crescimento e primeiro desbaste de pau mulato**

O pau mulato apresentou elevado potencial de regeneração natural nas áreas de roçado abandonado. Na capoeira de 10 meses, a altura média das plântulas regenerantes de pau mulato (n=623) foi de 30,4 cm, mínima de 6 cm e máxima de 100 cm. O diâmetro médio à altura do solo (DAS) foi de 0,51 cm, mínimo de 0,42 e máximo de 1,27 cm. A altura média dos indivíduos selecionados que ficaram na área após o desbaste foi de 52 cm. Foi encontrada nesta área uma densidade média de plântulas de 7.623 indivíduos ha<sup>-1</sup>, mínima de 5.600 e máxima de 9.400 indivíduos. ha<sup>-1</sup>. Na capoeira de 18 meses, a altura média (n=9.102) foi de 85 cm, mínima de 11 cm e máxima de 306 cm. O DAS médio foi de 1,29 cm, mínimo de 0,83 cm e máximo de 4,81 cm (n=200). A altura média dos indivíduos selecionados foi de 177 cm. A densidade média de plântulas nesta área foi de 118.817 indivíduos ha<sup>-1</sup>, mínima de 73.196 indivíduos ha<sup>-1</sup> e máxima de 206.294 indivíduos ha<sup>-1</sup>. A densidade média total de plântulas de pau mulato para a região de estudo foi de 63.225 indivíduos ha<sup>-1</sup>.

Diante da abundante regeneração natural, que chega a formar verdadeiros maciços da espécie, e elevada densidade remanescente do pau mulato em áreas abandonadas da agricultura itinerante, verificou-se a necessidade de realizar o manejo desta regeneração. Em elevadas densidades de regeneração, as plântulas de pau mulato podem ter seu crescimento comprometido devido a competição intra-específica. Entender a dinâmica e o potencial de regeneração natural do pau mulato é necessário, sobretudo, para desenvolver e indicar técnicas de manejo apropriadas para esta espécie.

A competição intraespecífica é originada por alta densidade de indivíduos dentro de uma população. A alta densidade resulta em uma maior competição, o que geralmente se reflete em um menor crescimento dos indivíduos. A consequência disso é que se pode esperar mais tempo para produzir o mesmo volume de madeira (RIBEIRO, et al., 2002), sendo, portanto, necessário realizar o desbaste das plântulas.

O desbaste consiste na eliminação de parte da população ou do povoamento, reduzindo a competição pelos fatores de crescimento, como água, luz e nutrientes. Segundo Campos & Leite (2006), o desbaste permite produzir árvores de grande diâmetro e de tronco uniforme, além de proporcionar maior rendimento volumétrico no processamento da madeira.

Portanto, o manejo adequado da regeneração natural do pau mulato poderá favorecer o seu crescimento, possibilitando o fornecimento de madeira de qualidade para o mercado.

A necessidade de desbaste do pau mulato em áreas de roçado abandonado surge diante do crescimento limitado das plântulas em elevadas densidades. Pode-se observar que, de modo geral, o crescimento do pau mulato em DAS e altura, nas áreas de 10 e 18 meses, é maior quanto menor for a densidade de indivíduos nas áreas (Tabela 3).

**Tabela 3** – Crescimento médio em diâmetro na altura do solo (DAS) e altura (H) de regenerantes de pau mulato em duas áreas de roça abandonada, localizadas na várzea do estuário amazônico

<b>Tempo após abandono da área</b>	<b>Densidade testada (ind ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Crescimento DAS (cm ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Crescimento H (cm ano<sup>-1</sup>)</b>
10 meses	120	3,84	297
	240	3,52	237
	360	3,11	243
	7.633	2,74	218
18 meses	200	3,35	112
	400	2,24	76
	600	2,59	118
	118.817	0,72	84

Observa-se que na capoeira de 10 meses o pau mulato apresenta crescimento em DAS em torno de 3 cm ano<sup>-1</sup>, podendo chegar a 4 cm na menor densidade de 120 ind ha<sup>-1</sup>. Na densidade testemunha ou densidade remanescente, este crescimento cai para 2,7 cm ano<sup>-1</sup>. Na capoeira de 18 meses, quando a densidade de indivíduos por hectare é dobrada, o crescimento é menor do que na capoeira de 10 meses. Pode-se inferir que à medida que o indivíduo cresce, a competição intraespecífica pelos fatores de crescimento tende a aumentar. Segundo Ribeiro et al (2002), nesta fase de plântula, as espécies heliófitas crescem mais em altura, devido ao maior requerimento de luz para estabelecimento.

Nas áreas de roçado abandonado e na sua fase inicial, o pau mulato apresenta rápido crescimento, tanto em altura quanto em diâmetro. Verificou-se que o pau mulato apresentou elevado crescimento em altura, principalmente na capoeira de 10 meses.

Dessa forma, a realização do desbaste logo após o abandono do roçado, é o manejo mais indicado devido à facilidade de arranque e menor necessidade de mão de obra. O arranque das plântulas descarta a possibilidade de rebrota, além disso, possui baixo custo, quando comparado ao desbaste de indivíduos adultos.

A diferença de crescimento tanto em uma mesma capoeira quanto em capoeiras diferentes ocorreu, dentre outros fatores, devido à densidade de indivíduos nas áreas e também devido à idade de desenvolvimento das plântulas. Para verificar o efeito da idade,

foram comparados os crescimentos mínimo, médio e máximo das plântulas nas duas áreas, incluindo indivíduos das áreas testemunhas que não sofreram desbaste, que representam a grande maioria dos indivíduos (Tabela 3).

**Tabela 4** - Crescimento mínimo, médio e máximo em diâmetro a altura do solo (DAS) e altura de plântulas de pau mulato na várzea do estuário amazônico.

Tempo após abandono da roça	Crescimento DAS (cm ano <sup>-1</sup> )			Crescimento Altura (cm ano <sup>-1</sup> )		
	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
10 meses	2,10	3,01	5,69	1,61	216	320
18 meses	0,086	2,61	4,51	3	102	245

O crescimento médio em altura foi elevado quando comparado ao resultado encontrado por D' Oliveira et al. (1992), que estudaram um plantio homogêneo de pau mulato, com 1 ano de idade, em espaçamentos de 2 m x 2 m, 3 x 2m e 4 x 3m. Nesse experimento, o crescimento anual médio e máximo em altura das mudas foi de 88 cm ano<sup>-1</sup> e 110 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

O espaçamento a ser considerado e, conseqüentemente, a densidade de indivíduos a ser adotada, após o desbaste das plântulas de pau mulato, quando são deixados na área os melhores indivíduos, dependerá do aproveitamento e destinação que a proprietário dará à regeneração de pau mulato nas áreas de roçado abandonado. O aproveitamento da regeneração pode ser destinado para a produção de madeira roliça resultante do segundo desbaste e para a produção de madeira para a serraria no final do ciclo da espécie.

Nessa fase do primeiro desbaste, logo após o abandono do roçado, pode-se deixar na área densidades elevadas, dependendo do interesse do produtor em manter um povoamento puro de pau mulato ou realizar consórcio com outras espécies. Considerando a necessidade de se deixar um número de plântulas para fornecer madeira para o segundo desbaste e a condução de povoamentos puros, pode-se trabalhar com distância mínima entre as regenerações de 3 m e com densidades iniciais em torno de 600 ind ha<sup>-1</sup>, que ainda propiciam crescimentos bastante elevados de mais de 2 cm de DAS por ano, conforme pode ser verificado na Tabela 3.

### 5.3.2. Produção de madeira, crescimento e segundo desbaste

O pau mulato apresentou diferentes valores de crescimento no diâmetro das árvores submetidas a distintas densidades nos sistemas agroflorestais e nos povoamentos puros. Esta diferença no crescimento ocorreu tanto entre os sistemas agroflorestais quanto entre os povoamentos puros (Tabela 5). A idade das áreas variou de 5 a 7 anos.

**Tabela 5** – Crescimento médio em diâmetro do pau mulato em dois sistemas agroflorestais (SAFs) e três povoamentos puros (PP), com idade entre 5 e 7 anos, localizados na várzea do estuário amazônico

	Densidade testada (ind ha <sup>-1</sup> )	Crescimento (cm ano <sup>-1</sup> )
SAF1	125	1,71
	250	1,02
	375	0,87
	1.262	0,60
SAF2	100	0,53
	200	0,13
	300	0,52
	310	0,15
PP1	83	0,71
	166	0,40
	250	0,98
	850	0,30
PP2	83	0,72
	166	0,71
	250	0,49
	1.416	0,11
PP3	83	0,79
	166	1,12
	250	0,70
	2.683	0,36

O pau mulato apresentou melhor crescimento no SAF1, com maiores médias de crescimento, em torno de 1 cm ano<sup>-1</sup>. A taxa de crescimento permaneceu próxima a este valor, mesmo quando a densidade de indivíduos foi dobrada.

O crescimento no PP3 também foi maior quando comparado às demais áreas com povoamento puro de pau mulato. Na densidade de 166 ind ha<sup>-1</sup>, o crescimento no PP3 foi de 1,12 cm ano<sup>-1</sup>. Com o mesmo valor para densidade testada, o PP1 e o PP2 apresentaram crescimento de 0,4 e 0,71 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os crescimentos máximo e mínimo encontrados para o pau mulato no SAF1 foram de 2,27 cm ano<sup>-1</sup> e 0,2 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente. No SAF2 os crescimentos máximo e mínimo foram de 1,46 cm ano<sup>-1</sup> e 0,06 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

No PP1 os crescimentos máximo e mínimo foram de 1,6 cm ano<sup>-1</sup> e 0,06 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Os crescimentos máximo e mínimo no PP2 foram de 1,5 cm ano<sup>-1</sup> e 0,06 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Enquanto que no PP3, os crescimentos máximo e mínimo foram de 3 cm ano<sup>-1</sup> e 0,04 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

Ugarte-Guerra e Domínguez-Torrejón (2010) encontraram em áreas de manejo de pau mulato, um valor para o crescimento em diâmetro da espécie, na densidade mais elevada (1.312 ind ha<sup>-1</sup>), de 0,6 cm ano<sup>-1</sup>.

D' Oliveira et al. (1992) estudaram o crescimento do pau mulato em áreas de regeneração natural e encontraram crescimento médio, máximo e mínimo de 1,74 cm ano<sup>-1</sup>, 2,91 cm ano<sup>-1</sup> e 0,13 cm ano<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com os mesmos autores, a variação de crescimento entre os indivíduos se dá não somente pelas diferentes densidades as quais são submetidos, mas também devido às distintas condições ambientais que definem o crescimento individual dentro da área de estudo, como disponibilidade de nutrientes no solo e luz.

Gonzáles (2007) estudou critérios para selecionar espécies florestais com potencial para o manejo em florestas secundárias da várzea peruana e destacou o pau mulato como a segunda espécie com maior potencial para o manejo da regeneração natural. Os critérios adotados no estudo foram: aceitação atual no mercado, futura aceitação no mercado, qualidade da madeira, preço atual da madeira, abundância na região de estudo, manejo da regeneração natural, capacidade de dispersão da semente, taxa de crescimento e capacidade de estabelecimento em áreas de plantios homogêneos.

No que refere ao uso do pau mulato na propriedade ribeirinha, existem diversas possibilidades de aproveitamento da espécie. Kvist et al. (2001) apontam usos como lenha, carvão, fabricação de embarcações, cabos de ferramentas, vigas para construção e postes. Segundo os mesmos autores, em todas as 42 propriedades ribeirinhas estudadas havia comercialização de pau mulato e metade de toda a lenha vendida nestas propriedades foi proveniente da madeira de pau mulato.

Para o fornecimento de madeira, estudos sobre a diversidade genética do pau mulato têm sido realizados na Amazônia peruana com o objetivo de selecionar indivíduos com características desejáveis para produção de madeira de qualidade. Resultados apontam que o pau mulato possui potencial para fornecer madeira certificada para o mercado internacional (RUSSELL, 1999; O'NEILL, 2001; SOTELO-MONTES et al., 2006).

De acordo com D' Oliveira et al. (1992), pelas características silviculturais, o pau mulato apresenta grande potencial para o manejo florestal, sendo que seu crescimento, em



área de ocorrência natural, varia entre 1 e 2 cm ano<sup>-1</sup>. Além disso, tendo em vista a densidade da madeira, a espécie tem um futuro promissor para o uso em áreas de reflorestamento, assim como serve para a serraria, carpintaria e produção de carvão.

Outra questão importante sobre a qualidade da madeira de pau mulato e as possibilidades de uso da madeira do segundo desbaste, é que propriedades da madeira como resistência à flexão e contração volumétrica não variam em função das classes diamétricas das árvores (ARAÚJO, 2013). Logo, as árvores mais finas não são menos resistentes, como ocorre em outras espécies.

As características do pau mulato, como fuste retilíneo e desrama natural (FRANKE, 2000), possibilitam ainda o consórcio com outras espécies, sejam agrícolas e/ou florestais. Portanto, possui potencial para composição de sistemas agroflorestais (SAFs) com diferentes arranjos, possibilitando a diversificação da produção da propriedade ribeirinha.

A densidade de indivíduos por hectare a ser adotada em áreas de manejo de pau mulato dependerá, dentre outros fatores, do arranjo de espécies que se deseja compor nestas áreas. Pelas características anteriormente mencionadas, o pau mulato pode ser manejado com outras espécies florestais e agrícolas, juntamente com culturas anuais em plantios adensados, cuja densidade pode chegar a 3.333 ind ha<sup>-1</sup>, permitindo que nos dois primeiros anos sejam cultivados, nas entrelinhas, culturas, tais como, milho, melancia, melão, abóbora e hortaliças (JONG, 2001; REVILLA, 2001).

É importante ressaltar, contudo, que em elevadas densidades de indivíduos, o pau mulato tem o seu crescimento limitado devido à competição intraespecífica por fatores de crescimento como água, luz e nutrientes (GONZÁLES, 2007). Sendo, portanto, necessário realizar o desbaste e diminuição da densidade de indivíduos na área, após os primeiros anos.

Dessa forma, ao se pensar na produção de madeira roliça resultante do segundo desbaste, é necessário deixar uma densidade de plântulas próxima a 600 ind ha<sup>-1</sup> para fornecer uma boa produção de madeira. Nesse caso, como as árvores vão estar com idades entre 5 e 7 anos e ainda são finas (DAP médio = 8 cm), deve-se priorizar uma maior quantidade de árvores com crescimento médio do que uma menor quantidade de árvores com maior crescimento, pois o ganho no crescimento nas menores densidades não deve compensar o ganho com mais árvores de crescimento médio.

Seguindo essa lógica, pode-se imaginar um sistema com maiores densidades iniciais, e maior redução na densidade no segundo desbaste, para se ter uma boa produção de madeira roliça, e concorciamento com os açazeiros após o segundo desbaste. Nessa fase, pensando na sequência da condução das árvores de pau mulato, a densidade pode ser reduzida para uma

quantidade em torno de 100 árvores por hectare. Esta densidade de árvores de pau mulato é a que mais tem favorecido o crescimento da espécie tanto em sistemas agroflorestais, quanto em povoamentos puros. Nesse caso, também haverá bastante espaço para introdução dos açazeiros e outras espécies com potencial de uso para os ribeirinhos, buscando formar uma ilha diversificada de alta produtividade para condução por meio do manejo de uso múltiplo.

Essas considerações ainda são de caráter inicial e precisam de confirmação por meio da continuidade dos estudos nas parcelas permanentes e por meio de testes mais específicos do sistema, com acompanhamento de longo prazo de todas as etapas em uma mesma área.

Quando se considera que a competição intraespecífica pelos fatores de crescimento é maior que a competição interespecífica, é possível sugerir que o manejo do pau mulato pode ser realizado juntamente com outras espécies. Além disso, tem-se observado que em sistemas que apresentam maior riqueza de espécies, o crescimento do pau mulato tem sido favorecido (ver capítulo 3).

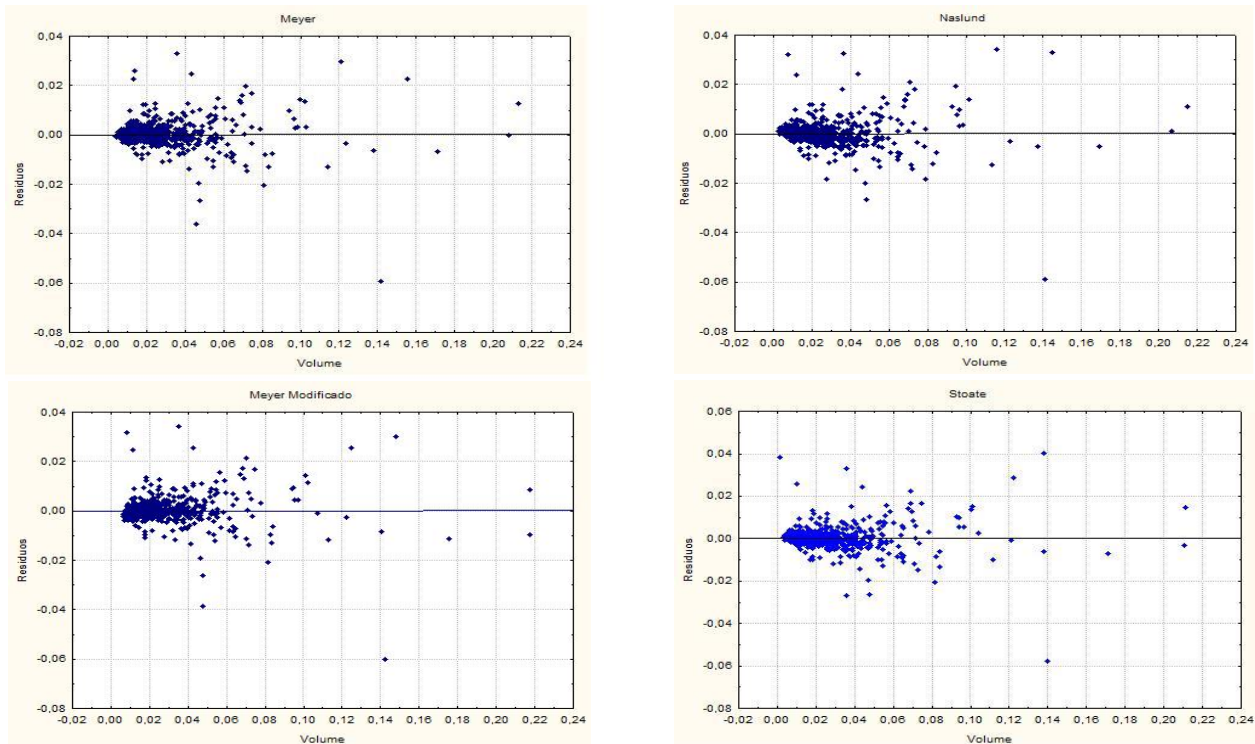
Após o segundo desbaste e cubagem, o volume real total obtido das 696 árvores de pau mulato foi de 20,52 m<sup>3</sup>/ha, com uma média por árvore de 0,0265 m<sup>3</sup> e erro padrão da média de 0,000889 m<sup>3</sup>. Com base nos coeficientes de determinação ajustados, no erro padrão da estimativa, nos valores de F e nos coeficientes da regressão, foi possível escolher o modelo com melhor ajuste (Tabela 5). Observa-se que para os modelos de simples entrada (modelos de 1 a 5), os valores dos coeficientes de determinação são menores quando comparados aos modelos de dupla entrada (modelos de 6 a 13). Segundo Rolim et al (2006), este menor ajuste é esperado pois os modelos de simples entrada assumem que árvores de mesmo diâmetro têm a mesma altura, o que não é verdadeiro para florestas heterogêneas. Esta afirmação também não se aplica a povoamentos de regenerações de pau mulato, encontradas nas várzeas do estuário amazônico, onde os indivíduos desta espécie apresentam diferentes alturas, ainda que apresentem o mesmo diâmetro. Isto ocorre devido às elevadas densidades de árvores na área, o que faz com que alguns indivíduos se destaquem e apresentem maiores alturas, em decorrência da competição intraespecífica.

**Tabela 5** – Modelos ajustados para o pau mulato e parâmetros estatísticos analisados

Modelo	F	R <sup>2</sup> aj	Syx	Syx%	β0	β1	β2	β3	β4
1	3954,113	0,85	0,009	33,90	-0.00790	0.0005			
2	2214,5	0,864	0,009	33,90	0.00598	0.0008			
3	2276,989	0,766	0,00296	11,14	3.629	2.205			
4	1951,445	0,849	0,002385	8,98	-5.307	3.524	3.774		
5	2325,8	0,77	0,011	41,43	-0.0461	0.0092			
6	2547,756	0,936	0,001543	5,81	-2.651	-1.503	1.874	1.326	-0.366
7	2963,837	0,945	0,006	22,60	0.0170	-0.0056	0.0004	0.0002	0.0000
8	2829,766	0,942	0,006	22,60	0.0100	-0.0026	0.0003	0.0000	0.0000
9	2888,193	0,943	0,006	22,60	-0.00249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
10	3719,953	0,941	0,006	22,60	-0.00318	0.0001	0.0000	0.0005	
11	2946,108	0,894	0,001996	7,51	-3.839	1.654	0.886		
12	5882,599	0,894	0,001994	7,510	-3.844	0.847			
13	9516,088	0,932	0,006	22,60	0.00388	0.0000			

Dentre os modelos de simples entrada (1 a 5), aqueles que apresentaram melhor ajuste foram o Hohenald-Krenn ( $R^2_{aj}=0,864$ ) e o Koperzky-Gehrhardt ( $R^2_{aj}=0,85$ ). Com relação aos modelos de dupla entrada (6 a 13), quatro deles apresentaram os melhores ajustes: Meyer ( $R^2_{aj}=0,945$ ), Meyer Modificado ( $R^2_{aj}=0,942$ ), Naslund Modificado ( $R^2_{aj}=0,943$ ), e o Stoate ( $R^2_{aj}=0,941$ ), com valores semelhantes para Syx% (22,60).

A análise gráfica da distribuição dos resíduos dos quatro modelos que apresentaram melhor ajuste ( $R^2=0,94$ ) pode ser visualizada na Figura 1.



**Figura 1** - Análise residual realizada a partir dos melhores modelos testados para a obtenção de volume de pau mulato proveniente do segundo desbaste na várzea do estuário amazônico.

Os modelos de dupla entrada apresentaram melhor ajuste quando comparados aos modelos de simples entrada, fato que demonstra a importância de serem consideradas duas variáveis (DAP e H) na estimativa do volume de madeira de determinado sítio.

A análise dos resíduos dos quatro modelos permite concluir que eles não são significativamente discrepantes entre si, ou seja, não existe diferença aparente da distribuição dos resíduos em torno do eixo das abscissas. Portanto, para estimar o volume de madeira de pau mulato podem ser indicados os quatro modelos testados (Meyer, Naslund, Meyer Modificado e Stoate), pois os mesmos também apresentaram coeficientes de determinação e erro padrão próximos.

As quatro equações ajustadas para o pau mulato, Meyer ( $V = 0.0170 - (0.00564 * d) + (0.000492 * d^2) + (0.000275 * dh) + (0.0000130 * d^2h)$ ), Naslund ( $V = -0.00249 + (0.0000927 * d^2) + (0.0000522 * d^2h) - (0.0000283 * dh^2) + (0.000198 * h^2)$ ), Meyer Modificada ( $v = 0.0100 - (0.00269 * d) + (0.000341 * d^2) + (0.00000902 * dh^2) + (0.0000233 * d^2h)$ ) e Stoate ( $V = -0.00318 + (0.000151 * d^2) + (0.0000331 * d^2h) + (0.000569 * h)$ ), podem ser usadas para estimar o volume de madeira oriundo do segundo desbaste nas áreas de ocorrência de regeneração natural de pau mulato quando este apresenta idades entre 5 e 7 anos. Nessas idades as árvores apresentam diâmetro médio de 8 cm e altura comercial de 6 m, com troncos retos e uma forma bem definida. A madeira resultante deste desbaste pode ser aproveitada na propriedade, usando-se como madeira roliça para caibros e cercas, além do uso como lenha e para produção de carvão.

Franke (2000) estimou a produção total de um reflorestamento de pau mulato, com espaçamento de 3m x 3m, considerando uma densidade próxima a 1000 ind ha<sup>-1</sup> aos 27 anos. A altura comercial e diâmetro médio desse povoamento foram de 13,6 m e 27,1 cm, respectivamente, alcançando um volume comercial com casca de 351 m<sup>3</sup>/ha. Esta estimativa de volume indica que o pau mulato quando manejado adequadamente, pode desenvolver seu potencial de crescimento, acúmulo de biomassa e produção de madeira, sendo altamente indicado para reflorestamento de áreas alteradas e sequestro de carbono.

#### **5.4. CONCLUSÕES**

O pau mulato apresenta elevado potencial de regeneração natural e elevada densidade remanescente em áreas de roçado abandonado, sendo, portanto, uma oportunidade para realização do manejo adequado da espécie, que permite amplas oportunidades de seleção de indivíduos no momento do primeiro desbaste. O desbaste possibilita a escolha de indivíduos com características desejáveis, sem custos com o plantio de mudas, para produção e

fornecimento de madeira de qualidade para o mercado. Dessa forma, o pau mulato apresenta tanto potencial biológico para manejo da regeneração natural e produção de madeira.

O manejo da regeneração natural do pau mulato possibilita o consórcio com outras espécies, sejam agrícolas e/ou florestais. Portanto, possui potencial para composição de sistemas agroflorestais (SAFs) com diferentes arranjos, possibilitando a diversificação da produção da propriedade ribeirinha.

No segundo desbaste, o povoamento de regeneração do pau mulato possui capacidade para fornecer volume madeira roliça que pode ser aproveitado na propriedade ribeirinha. O pau mulato responde de maneira positiva ao desbaste, tanto na fase inicial da regeneração, quanto no segundo desbaste, melhorando seu desenvolvimento após a liberação. A densidade ideal de pau mulato a ser deixada na área depende do sistema que o produtor pretende impantar e de seus interesses em priorizar o consórcio com outras espécies, a produção de madeira roliça no segundo desbaste ou a produção de madeira para serraria no final do ciclo.

A continuação do monitoramento das árvores submetidas ao desbaste, a instalação de novos ensaios considerando outras densidades remanescentes, a amostragem de árvores mais velhas para estudos de dendrocronologia e a realização de estudos de prognose de produção considerando os diferentes cenários, ainda são necessários para trazer mais subsídios técnicos à tomada de decisão de qual é o melhor sistema de manejo do pau mulato nas várzeas do estuário amazônico.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos neste trabalho, mesmo que preliminares, poderão orientar o aproveitamento do processo de regeneração natural que acontece nos roçados abandonados pela agricultura itinerante praticada na várzea do estuário amazônico. Se abandonadas em definitivo essas áreas irão formar capoeiras e florestas secundárias com elevadas densidades de pau mulato, mas sem um crescimento ótimo da espécie. Se manejadas as regenerações das espécies, que são encontradas com frequência nessas áreas e promovido o enriquecimento com espécies que tenham potencial de uso pelos ribeirinhos extrativistas, podem ser direcionadas para a formação de ilhas diversificadas de alta produtividade ou sistemas intensivos de manejo do pau mulato para ampliar o desenvolvimento e a capacidade produtiva da área, em menos tempo.

Observou-se neste estudo que a composição florística das capoeiras bem como a densidade de espécies encontradas nessas áreas dependem de fatores como: idade da área, tipos de manejo e de fatores não verificados neste estudo, como fertilidade do solo e níveis de

inundação das áreas pelo rio. Contudo, verificou-se que os tipos de manejo realizados nas capoeiras influenciam sobremaneira a composição florística e o crescimento das espécies que regeneram após o abandono destas áreas. Dentre as espécies que regeneram nas áreas de roçado abandonado, destaca-se o pau mulato, cuja densidade de indivíduos pode ser manejada e aproveitada para a produção de madeira.

Neste contexto, foram realizados estudos para constatar a importância econômica no mercado madeireiro e o potencial biológico do pau mulato, para então subsidiar e ressaltar a relevância desta espécie no estuário amazônico. A confirmação da demanda pela espécie e do seu potencial socioeconômico e biológico é importante para justificar o desenvolvimento das técnicas de manejo estudadas na dissertação, que tem um claro propósito de ir além da pesquisa básica e ter como referência uma pesquisa aplicada que ajude a resolver problemas concretos e, realmente, trazer subsídios técnicos ao desenvolvimento da economia florestal na região.

Após a realização dos estudos, os resultados mostraram que o pau mulato é relevante no atendimento da demanda de madeira, seja pelas características biológicas desta espécie, seja pelo seu potencial socioeconômico, confirmado pelas informações sobre a sua comercialização e uso no estuário amazônico. No que se refere ao potencial econômico, o pau mulato está entre as cinco espécies mais comercializadas nas cidades e é a segunda mais serrada nas microsserrarias da região, gerando em torno de 25% da renda com a comercialização de madeira do estuário amazônico. Isso gera receitas importantes e empregos que contribuem significativamente para a dinâmica econômica do setor primário do Estado do Amapá, tanto pela comercialização de madeira bruta, quanto processada.

Essa importância econômica indica a necessidade de fornecimento de madeira para ser comercializada e atender a demanda existente na construção civil, sobretudo nas cidades de Macapá e Santana que se constituem como o principal mercado consumidor e absorvem praticamente toda a madeira que é comercializada na várzea do estuário amazônico. Vale destacar que a madeira do pau mulato, assim como das outras espécies da várzea, atende, principalmente, a população de baixa renda que constrói suas casas de madeira nas periferias das cidades.

No estudo de comercialização realizado nas cidades de Macapá e Santana também foi detectado carência da madeira de pau mulato, que não consegue atender a demanda. Isso mostra a importância das ações de fomento das atividades de manejo da espécie e da intensificação dos sistemas silviculturais, para aumentar a produção dessa madeira em menos tempo. Este fornecimento de madeira de pau mulato está diretamente relacionado com o

manejo das áreas de roçado abandonado, onde a espécie apresenta elevadas densidades de indivíduos.

Diante da verificação da elevada disponibilidade de plântulas de pau mulato nos roçados abandonados, constatou-se a necessidade de avaliar o ritmo de crescimento da espécie nestas áreas, para então subsidiar formas de manejo adequadas para o fornecimento de madeira de qualidade. Com relação ao ritmo de crescimento, o pau mulato é uma das poucas espécies que concilia rápido desenvolvimento com uma elevada densidade e qualidade da madeira para diversos fins. Isso torna a espécie altamente atrativa, pois a maioria das outras espécies de alta densidade que possuem madeira nobre demora muito para crescer e não permite manejos mais intensivos, pois a capacidade de reposição dos estoques é baixa devido ao lento crescimento. A dendrocronologia realizada indica que o ciclo de corte do pau mulato em florestas secundárias que não receberam nenhum tratamento silvicultural é de 10 anos, enquanto outras espécies com densidades da madeira similares podem ter ciclo de corte de mais de 50 anos. Quando o manejo da regeneração natural é realizado de forma adequada e sistemas silviculturais mais intensivos são aplicados o ciclo de corte do pau mulato pode ser ainda mais reduzido.

Além de apresentar rápido crescimento, o pau mulato apresenta elevadas densidades de indivíduos nos roçados abandonados, o que caracteriza elevado potencial biológico que constitui-se como uma oportunidade para o manejo da espécie. No que diz respeito ao potencial biológico, o pau mulato apresenta características silviculturais que o destacam como uma espécie promissora para o manejo visando o fornecimento de madeira. Esse manejo pode ser realizado em sistemas agroflorestais, assim como em povoamentos puros. Características como rápido crescimento, densidade da madeira elevada, boa forma do fuste e boas propriedades tecnológicas da madeira também em indivíduos jovens, grande disponibilidade de mudas em áreas de regeneração natural e de volume de madeira de qualidade, ressaltam o pau mulato como uma das principais espécies da várzea com potencial madeireiro.

O manejo do pau mulato, adotando-se densidades adequadas, em sistemas agroflorestais ou em povoamentos puros, permitirá que a espécie desenvolva seu potencial de crescimento, reduzindo o tempo para atingir o incremento máximo em volume e biomassa, portanto, reduzindo o ciclo e o diâmetro mínimo de corte. Devido à elevada abundância de regenerantes e indivíduos jovens, assim como da maior aptidão da espécie para sistemas silviculturais mais intensivos em áreas abertas do que para manejo da espécie na floresta natural, abre-se a possibilidade de colheita de indivíduos jovens com menores diâmetros do

que o DMC definido para o manejo, inclusive, para permitir a realização dos necessários desbastes e aproveitamento dessa madeira roliça proveniente dos mesmos.

Nos sistemas agroflorestais estudados, verificou-se que o pau mulato apresentou maior crescimento em diâmetro nos SAFs com maiores valores para riqueza de espécies. Isto sugere que uma composição florística diversa deve ser priorizada nos SAFs com o manejo de pau mulato. De modo geral, o pau mulato apresentou crescimento limitado em sistemas agroflorestais com elevada densidade de indivíduos da própria espécie e de outras espécies, mostrando que os ribeirinhos tendem a introduzir na área uma quantidade maior de indivíduos do que aquela ideal para otimizar o crescimento, demonstrando a necessidade do desbaste e de critérios técnicos para auxiliar na definição dos arranjos dos SAFs. A densidade de indivíduos a ser adotada nos sistemas agroflorestais com o pau mulato dependerá, dentre outros fatores, do arranjo de espécies que se deseja compor nestas áreas. O pau mulato pode ser manejado não somente com outras espécies florestais, mas também espécies agrícolas, juntamente com culturas anuais, na fase inicial de crescimento, possibilitando a diversificação da produção da propriedade ribeirinha.

A densidade de indivíduos de pau mulato necessita ser manejada e definida desde a fase de plântula. Na fase inicial, a espécie apresenta rápido crescimento e abundante regeneração, possibilitando o manejo, sem necessidade de aquisição de mudas. Logo após o abandono do roçado, já é possível realizar o primeiro desbaste arrancando as mudas, para evitar que elas rebrotem, reduzindo drasticamente a densidade de dezenas de milhares de plântulas, que se não forem desbastadas irão formar uma verdadeira floresta de varetas.

O segundo desbaste do povoamento de regeneração do pau mulato pode ser realizado quando a espécie atinge idades entre 5 e 7 anos e possui capacidade de fornecer volume madeira roliça que pode ser aproveitado na propriedade ribeirinha. As árvores de pau mulato que permanecerem na área, após o segundo desbaste, poderão ser destinadas às serrarias, no final do ciclo, para o fornecimento de madeira aos pontos de comercialização em Macapá e Santana.

Ao se pensar na produção de madeira roliça resultante do segundo desbaste, é necessário deixar uma densidade de plântulas após o desbaste inicial próxima a  $600 \text{ ind ha}^{-1}$  para garantir uma boa produção de madeira. Como as árvores ainda são finas no segundo desbaste, deve-se priorizar uma maior quantidade de árvores com crescimento médio durante os primeiros anos de desenvolvimento do que uma menor quantidade de árvores com maior crescimento, pois o ganho no crescimento nas menores densidades não deve compensar o ganho com mais árvores de crescimento médio. Nessa fase, pensando na sequência da



condução das árvores de pau mulato para atender as demandas das serrarias, a densidade pode ser reduzida para uma quantidade em torno de 100 árvores por hectare. Essa densidade de árvores de pau mulato é a que mais tem favorecido o crescimento de árvores jovens da espécie, tanto em sistemas agroflorestais, quanto em povoamentos puros.

Após o segundo desbaste e aproveitamento da madeira, abre-se bastante espaço na área e a possibilidade de introdução de mudas de açaizeiros e outras espécies tolerantes a meia sombra, buscando a seleção de espécies com potencial de uso para os ribeirinhos e com alguma função ecológica importante no sistema.

Essas considerações ainda são de caráter inicial e precisam de confirmação por meio da continuidade dos estudos nas parcelas permanentes e por meio de testes mais específicos do sistema, com acompanhamento de longo prazo de todas as etapas em uma mesma área. A realização de estudos de modelagem da prognose de produção, considerando os diferentes cenários, também é necessária para melhor embasar a tomada de decisão de qual é o melhor sistema de manejo do pau mulato nas várzeas do estuário amazônico.

No entanto, as informações geradas no âmbito desta dissertação já são suficientes para orientar ajustes na legislação florestal e políticas de fomento, como já aconteceu no Estado do Amapá. Essas informações subsidiaram normas específicas para o manejo da floresta de várzea, regulamentada recentemente por meio do DECRETO Nº 3.325 de 17 de junho de 2013, publicado no Diário Oficial do Estado na data de 17/05/2013, que traz a revisão de todas as normativas ligadas às atividades florestais no Estado, durante a construção da política florestal do Amapá, captaneada pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF/AP). No referido decreto foram introduzidos regulamentos específicos para o manejo do pau mulato, com base nas informações geradas no projeto Florestam, gerando grandes avanços para uma legislação que necessita sair de critérios únicos para toda a floresta para definir critérios de manejo por espécie ou grupo ecológico, considerando os diferentes ritmos de crescimento e peculiaridades das espécies. O IEF/AP também já está usando informações dessa dissertação para construir o programa de fomento pró-extratativismo, dentro do qual estão inseridas ações pró-madeira, para fomentar atividades de manejo da regeneração do pau mulato.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. M. V. C. de; SOUZA, V. F. de; LOCATELLI, M.; COSTA, R. S. C.; VIEIRA, A. H.; RODRIGUES, A. N. A.; COSTA, J. N. M.; ASHARAM, C. P. de S.; VENEZIANO, W.; JÚNIOR, R. da S. M. **Sistemas Agroflorestais como alternativa auto-sustentável para o estado de Rondônia**. 1 - Histórico, aspectos agronômicos e perspectivas de mercado. Porto Velho: PLANAFLORO / PNUD, 1995. 59 p.
- ALMEIDA, M. C. **Aspectos Ecofisiológicos da Germinação de Sementes de Mulateiro (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) – Rubiaceae**. 2003. 116 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2003.
- ALMEIDA, S.S.; AMARAL, D.D.; SILVA, A.S.L. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. **Acta Amazonica**, Manaus, v.34, n.4, p.513-524, 2004.
- ANDRADE, T. M. de; ASSIS, R. L. de; WITTMANN, F.; SCHONGART, J.; PIEDADE, M. T. F. Padrões de regeneração em clareiras de origem antrópica na várzea da RDS Mamirauá, Amazônia Central. **UAKARI**, Manaus, AM, v. 4, n. 2, p.19-32, 2008.
- APPLEGATE, B.T.S.; ZARIN, D.J.; RABELO, F.G. Log and sawn lumber volume relationships for *Calycophyllum spruceanum*: a naturally regenerating timber source from Amazonian tidal floodplain forests Amapa – Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.33, p.77-86, jan./jun. 2000.
- ARAÚJO, A. P.; JORDY FILHO, S.; FONSECA, W. N. A vegetação da Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. p. 135- 152. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36).
- ARAÚJO, B. H. de. **Tecnologia da madeira de pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) para diferentes usos em função do diâmetro**. 2013. 85 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado do Amapá, Macapá, 2013.
- ATTA-KRAH, K.; KINDT, R.; SKILTON, J. N.; AMARAL, W. Managing biological and genetic diversity in tropical agroforestry. **Agroforestry Systems** v. 61, p. 183-194, 2004.
- BARROS, A. C.; VERÍSSIMO, A. (Edt.) **A expansão madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará**. 2ªed. Belém: IMAZON, 2002. 166p.
- BOIVIN-CHABOT, S., MARGOLIS, H. A., J. C. WEBER. Variation in coppice-shoot growth among provenances of *Calycophyllum spruceanum* Benth. in the Peruvian Amazon Basin. **Forest Ecology and Management**, v. 198, p. 249–260, 2004.
- BRIENEN, R.J.W. & ZUIDEMA, P.A. 2007. Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. The Ecological Society of America. **Frontiers in Ecology and the Environment**. 5(6): 302 – 306.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 470p.
- CANNELL, M.G.R. 1984. Timbery biomass of forest stands. **Forest Ecology and Management**. 8 (3 – 4): 299 – 312.
- CARIM, M. J. V.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição Florística e Estrutura de Floresta de Várzea no Município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 191-201, 2008.
- CARVALHO, J. O. P. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará**. 1982. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.
- CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M.A.; CHAMBERS, J.Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J.-P.; NELSON, B.W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**. 145: 87 – 99.

- DEZZEO, N.; WORBES, M.; ISHII, I.; HERRERA, R. 2003. Growth rings analysis of four tropical tree species in seasonally flooded forest of the Mapire River, a tributary of the lower Orinoko River, Venezuela. **Plant Ecology**. 168: 165 – 175.
- D' OLIVEIRA, M. V. N. **Regeneração natural de uma floresta de várzea explorada por método tradicional, no Paraná Abufarí no Médio Rio Purús**. 1989. 75 p. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 1989.
- D'OLIVEIRA, M.V.N.; MENDES, L.M. da S.; SILVEIRA, G. S. Estudo do mulateiro, (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) em condições de ocorrência natural em plantios homogêneos. **Boletim de Pesquisa**. EMBRAPA/CPAF-ACRE, Rio Branco, nº 8, 1992.
- DUBOIS, J. C. L. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: Rebrap: Fundação Ford, 1996. 228 p.
- DUCKE, A. The pao mulato of Brazilian Amazonia. **Tropical Woods**, Yale, n.49, p.1-4, 1937.
- ENQUIST, B.J.; LEFFLER, A.J. 2001. Long-term tree ring chronologies from sympatric tropical dry-forest trees: individualistic responses to climatic variation. **Journal of Tropical Ecology**. 17: 41 – 60.
- FRANKE, I.L. Levantamento de uma população de mulateiro (*Calycophyllum spruceanum*) em pastagem no Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. Manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.229-231. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).
- FRANKE, I.L.; MIRANDA, E.M. de.; VALENTIM, J.F. Comportamento de espécies de uso múltiplo para sistemas agroflorestais no Estado do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. Manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 97-100. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 7).
- FURNIVAL, G.M. An index for comparing equations used in constructing volume tables. **Forest Science**, Washington, v.7, n.4, p.337-341, Dec. 1961.
- GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.26, n.5, p.559-566, 2002.
- GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G.; MOURÃO JÚNIOR, M.; SILVA, M. F. da; CARIM, M. de J. V.; JARDIM, M.A.G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição florística e estrutura de floresta de várzea no município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 191-201, 2008.
- GONZÁLES, J. C. D. Promotion of Natural Regeneration to establish productive managed Forest on Fallow land near Pucallpa, In the Peruvian Amazon. 2007. 143 p. Tese (Doutorado) – Universidade Albert Ludwig de Friburgo, Alemanha, 2007.
- GUITTON, T. L. **Madeiras da Amazônia: características e utilização**. Rio Branco: CEAG-AC. Laboratório Autônomo de Estudos Florestais da Amazônia, 1991. 138 p. il.
- GOURLAY, I.D. 1995. The definition of seasonal growth zones in some African Acacia species – A review. **IAWA Journal**. 16: 353 – 359.
- HOMA, A. K. O. **Cronologia da ocupação e destruição dos castanhais no sudeste paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 132 p.
- HUMMEL, A. C., ALVES, M. V. da S., PEREIRA, D., VERÍSSIMO, A., SANTOS, D. (2010). **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados** (p. 20). Belém/Brasília: Imazon e Serviço Florestal Brasileiro - SFB.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Manuais Técnicos em Geociências número 1. 2012.

- IBDF, DPq-LPF. **Madeiras da Amazônia, características e Utilização; estação experimental de Curuá-Uma.** Amazon Timbers Characteristics and Utilization; Curua-Uma Experimental Forest Station. Brasília: 1998.
- JAKSON, N. A.; WALLACE, C. K. Tree pruning as means of controlling water use in an agroforestry system in Kenya. **Forest, Ecology and Management**, v. 126, p. 133-148, 2000.
- JARDIM, F. C. S. **Estrutura da Floresta Tropical Úmida da Estação experimental de Silvicultura do INPA.** 1985. 195 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 1985.
- JIANBO, L. Energy and economic benefits of two agroforestry system in northern and southern China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 116, p. 255-262, 2006.
- JONG, W. de. Tree and forest management in the floodplains of the Peruvian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v.150, p.125-134, 2001.
- JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in floodplain systems. In: Dodge, D.P. (eds.). Proceedings of the International Large River Symposium. **Cen. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.** v.106, p. 110 – 127, 1989.
- KVIST, L.P., ANDERSEN, M.K., STAGEGAARD, J. & LLAPAPASCA, C. Extraction from woody forest plants in flood plain communities in Amazonian Peru: use, choice, evaluation and conservation status of resources. **Forest Ecology and Management** v.150, p. 147-174, 2001.
- MACHADO, A.M.; FILHO, A.F. **Dendrometria.** Curitiba: A. Figueiredo Filho, 2003. 309p.
- MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. **Relatório Técnico Final: Situação atual das espécies de árvores de valor madeireiro nas florestas de várzea.** Belém, 2004. 88 p.
- MACHADO, E. L. M.; HIGASHIKAWA, E. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; NAVES, M. L.; GOMES, J. E. Análise da diversidade entre sistemas agroflorestais em assentamentos rurais no sul da Bahia. **Revista Científica de Engenharia Florestal**, n. 5. 2005.
- NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry.** 1 ed. The Netherlands, Kluwer, 1993.
- NEBEL, G. & KVIST, L.P. 2001. A review of Peruvian flood plain forests: ecosystems, inhabitants and resource use. **Forest Ecology and Management.** 150: 3 – 26.
- OIMT. 2006. **Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas.** 2006. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Yokohama, Japón. OIMT. 210 p.
- OLIVEIRA, A. D. **Viabilidade econômica de Serrarias que processam madeiras florestais nativas – O caso do município de Jarú, Estado de Rondônia.** CERNE, v. 9, N.1, p. 001-015, 2003.
- OLIVEIRA, L. C. **Dinâmica de crescimento e regeneração natural de uma floresta secundária no Estado do Pará.** 1995. 136p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.
- OLIVEIRA JR., de P. H. B.; MACEDO, D. S.; NOGUEIRA, E. L. S.; GUEDELHA, C. **Relatório Complementar: Caracterização da produção, comercialização e o potencial de certificação de madeira nas florestas de várzea.** Manaus, 2005.51p.
- O' NEILL, G.A.; DAWSON, I.K., SOTELO-MONTES, C.; GUARINO, L.; CURRENT, D.; GUARIGUATA, M.; WEBER J.C. Strategies for genetic conservation of trees in the Peruvian Amazon basin. **Biodiversity and Conservation** v. 10, p. 837-850, 2001.
- PEIXOTO, C. D.; IWAKIRI, S. Dados e índices da indústria madeireira do estado do Amazonas. Manaus: INPA/CPFF, 1984. 32p. (Série Técnica nº4).
- PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia.** Imazon, Belém. 124 p, 2010.
- PILLAR, V. D. P. **Ecossistemas, comunidades e populações: conceitos básicos.** Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Ecologia. 2002. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>

- PINTO, I. C.; MACEDO, R. L.; FERNANDES, R. S.; Agricultura Familiar nas Várzeas do Alto Rio Amazonas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 1209-1212, 2009.
- PORRO, M.; KANASHIRO, R.; SARMENTO, C.; MANESCHY, R. E.; OLIVEIRA, V. **Iniciativas promissoras e fatores limitantes para o desenvolvimento de sistemas agroflorestais na Amazônia. Belém e Tomé-Açu, Pará, Brasil: Memórias, resultados e encaminhamentos.** Belém:Iniciativa Amazônica, 2006. 85p.
- QUEIROZ, J. A. L. de. **Fitossociologia e distribuição diamétrica em floresta de várzea do estuário do Rio Amazonas no Estado do Amapá.** 2004. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- QUEIROZ, J. A. L. Composição florística e estrutura de floresta em várzea alta estuarina amazônica. **Revista Floresta**, vol. 35, n.1, 2005.
- QUEIROZ, A. L. de; MACHADO, S. do A. Potencial de utilização madeireira de espécies florestais de várzea no município de Mazagão no estado do Amapá. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 293-302, 2007.
- QUEIROZ, J. A. L. de; MOCHIUTTI, S. Efeito do manejo de açazais sobre a diversidade de espécies florestais no Estuário Amazônico. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DA IUFRO, Belém, 2000, **Resumos...** [S.l.], 2000. p. 135.
- REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis.** Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, SEBRAE-AM/INPA, 2001. 405p.
- RIBEIRO, N.; SITEO, A.A.; GUEDES, B.S.; STAISS, C. **Manual de silvicultura tropical.** Maputo: Universidade Eduardo Mondlane Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal. 2002.
- RIBEIRO, R.N.S.; TOURINHO, M.M.; SANTANA, A.C. Avaliação da sustentabilidade agroambiental de unidades produtivas agroflorestais em várzeas flúvio marinhas de Cameté - Pará. **Acta Amazônica**, v.34, n.3, p. 359 - 374, 2004.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira.** São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 296p.
- ROLIM, S, G; COUTO, H, T, Z; JESUS, R, M; FRANÇA, J, T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA), **Acta Amazonica**, Vol, 36(1)p. 107-114, 2006.
- ROSA, S. A. **Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de floresta de várzea da Amazônia Central.** 2008. 76f. Dissertação de Mestrado– Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2008.
- RUSSELL, J. R., WEBER, J.C., BOOTH, A., POWELL, W., SOTELO MONTES, C. DAWSON, I. K. Genetic variation of riverine populations of *Calycophyllum spruceanum* in the Peruvian Amazon Basin, revealed by AFLP analysis. **Molecular Ecology**, v 8, p. 199–204, 1999.
- SANTOS, V.F.; TARDIN, A.T. **Projeto zoneamento ecológico-econômico do setor costeiro estuarino do Estado do Amapá: diagnóstico sócio-ambiental, relatório técnico de solos.** Macapá: IEPA, 2003. 22p.
- SCHNEIDER, P, R; SCHNEIDER, P, S, P; SOUZA, C, A, M. **Análise de Regressão aplicada à Engenharia Florestal**, 2, Ed. Santa Maria: FACOS. p. 294, 2009.
- SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**. 18: 581 – 597.
- SCHÖNGART, J.; JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; AYRES, J.M.; HÜTTERMANN, A.; WORBES, M. 2004. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño-Southern Oscillation effect. **Global Change Biology**. 10: 683 – 692.

- SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F.; JUNK, W.J.; WORBES, M. 2005. Wood growth patterns of *Maclobium acaciifolium* (Benth.) (Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water Floodplain Forests. **Oecologia**. 145: 454 – 461.
- SCHÖNGART, J.; ORTHMANN, B.; HENNENBERG, K.J.; POREMBSKI, S.; WORBES, M. 2006. Climate – growth relationships of tropical tree species in West Africa and their potential for climate reconstruction. **Global Change Biology**. 12: 1139 – 1150.
- SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F.; WORBES, M.; PIEDADE, M.T.F.; KRAMBECK, H. J.; JUNK, W.J. 2007. Management criteria for *Ficus insipida* Willd. (Moraceae) in Amazonian white – water floodplain forests defined by tree – rings analysis. **Annals of Forest Science**. 64: 657 – 664
- SCHÖNGART, J. 2008. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**. 256: 46–58.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1988. **Tree rings**. Reidel, Dordrecht. 276 pp.
- SILVA, E. N.; SANTANA, A. C.; QUEIROZ, W. T.; SOUZA, R. J. Estimação de equações volumétricas para árvores de valor comercial em Paragominas, estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 7, n. 13, p. 7-18, 2011.
- SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, D.; LUTZ, E.; CLEMENT, C. **Experiências agroflorestais na Amazônia brasileira: restrições e oportunidades**. Brasília, DF: Banco Mundial: Programa Piloto para a proteção das Florestas Tropicais do Brasil, 1998. 120 p.
- SOTELO MONTES, C., H. VIDAURRE, WEBER, J. Variation in stem-growth and branch-timber traits among provenances of *Calycophyllum spruceanum* Benth. from the Peruvian Amazon. **New Forest**, v. 26, p. 1–16, 2003.
- SOTELO-MONTES, C.; HERNÁNDEZ, R.; BEAULIEU, J.; WEBER, J.C. Genetic variation and correlations between growth and wood density of *Calycophyllum spruceanum* Benth. at an early age in the Peruvian Amazon. *Silvae Genet* v. 55, p; 217–228, 2006.
- SOUZA, A. L.; SCHETTINO, S.; JESUS de, R. M.; VALE do A. B. Dinâmica da regeneração natural em um a floresta Ombrófila Densa secundária, após corte se cipós, Reserva Natural da Companhia Vale do Rio Doce S. A., estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 411-419, 2002.
- THOMAS, C.; ANDRADE, C. M.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.
- UGARTE-GUERREA, L. J. ; DOMÍNGUEZ-TORREJÓN, G. Índice de sitio (IS) de *Calycophyllum spruceanum* Benth. en relación com la altura dominante del rodal en ensayos de plantación en la Cuenca del Aguaytía, Ucayali, Perú. **Ecología Aplicada**. v.9, n.2, p. 101-111, 2010.
- VALENTE, M. D. R; QUEIROZ, A. T; PINHEIRO, J. G; MONTEIRO, L. A. S. Modelo de predição para o volume total de Quaruba (*Vochysia inundata* Ducke) via análise de fatores e regressão. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.307-317, 2011.
- VERÍSSIMO, A.; CAVALCANTE A., VIDAL E. , LIMA, E.; Pantoja, F.; BRITO, M. **O Setor Madeireiro no Amapá: Situação Atual e Perspectivas para o Desenvolvimento Sustentável**. Governo do Estado do Amapá & IMAZON, 1999.
- WITTMANN, F.; ANHUF, D.; JUNK, W.J. 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian Várzea forests by remote-sensing techniques. **Journal of Tropical Ecology**. 18: 805 – 820.

- WORBES, M. 1985. Structural and other adaptations to long-term flooding by in Central Amazonia. **Amazoniana**. 9 (1): 459 – 484.
- WORBES, M. 1989. Growth rings, increment and age of trees in inundation forest, savannas and mountain forest in the neotropics. **IAWA Bulletin**. 10(2): 109 – 122.
- WORBES, M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees — a review. **IAWA Journal**. 16: 337– 351.
- ZEE. **Primeira aproximação do Zoneamento Econômico Ecológico do Amapá**. Relatório Final (Versão Simplificada). Macapá: GEA/IEPA, 104 p. 1998.