

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

GRAZIELY PESSOA DA SILVA

ESTABELECIMENTO INICIAL DE *Aniba rosaeodora* Ducke EM PLANTIOS
COMERCIAIS SOBRE SOLO COM VARIAÇÕES TEXTURAIS NA AMAZÔNIA
CENTRAL

ITACOATIARA - AM

2021

GRAZIELY PESSOA DA SILVA

ESTABELECIMENTO INICIAL DE *Aniba rosaeodora* Ducke EM PLANTIOS
COMERCIAIS SOBRE SOLO COM VARIAÇÕES TEXTURAIS NA AMAZÔNIA
CENTRAL

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

Orientador: Dr. Victor Alexandre Hardt
Ferreira dos Santos

ITACOATIARA - AM

2021

GRAZIELLY PESSOA DA SILVA

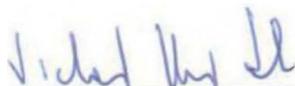
**ESTABELECIMENTO INICIAL DE *Anlbil ROMfflOdonl* Ducke EM PLANTIOS
COMERCIAIS SOBRE SOLO COM VARIAÇÕES TEXTURAIS NA AMAZÔNIA
CENTRAL**

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

Itacoatiara-AM, 22 de dezembro de 2021.

Nota: 8,0

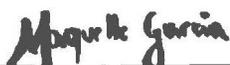
BANCA EXAMINADORA



Dr. Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos - UEA
(Orientador)



Dr. Luís Antônio Çoutrim dos Santos - UEA



Dra. Maquille Neves Garcia
Membro Externo

Dedico a mim por ter superados todos os meus traumas, medo, depressão, ansiedade, dificuldades, pela minha coragem de vencer, pela persistência, insistência, as pessoas que torceram e torcem pelo meu sucesso e ao meu orientador que teve paciência comigo me encorajando nos momentos de difícil.

"Cada pessoa em sua existência pode ter duas atitudes: construir ou plantar. Os construtores podem demorar anos em suas tarefas, mas um dia terminam aquilo que estavam fazendo. Então param e ficam limitados por suas próprias paredes. A vida perde o sentido quando a construção acaba. Mas existem os que plantam. Estes, às vezes, sofrem com tempestades, com as estações, e raramente descansam. Mas ao contrário de um edifício, o jardim jamais pára de crescer. E, ao mesmo tempo que exige atenção do jardineiro, também permite que, para ele a vida, seja uma grande aventura. Os jardineiros sempre se reconhecerão entre si porque sabem que na história de cada planta está o crescimento de toda a Terra."

(Paulo Coelho)

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Nossa Senhora Aparecida que estiveram comigo todo tempo me dando serenidade e humildade para traçar minhas metas e que sempre torna todas as coisas possíveis.

Aos meus familiares por me ama, e me aceitar com todos os meus defeitos, meus pais José Semião da Silva e Wilma Pessoa da Silva que mesmo longe sempre rezando por mim e me transmitindo amor, carinho, dedicação, compreensão, apoio financeiro todos esses anos e me incentivando sempre nos estudos.

A Universidade do Estado do Amazonas e Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara pelo acolhimento e contribuição na minha formação.

A todos os meus professores pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

Professor Dr. Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos pela orientação, impulso, credibilidade, incentivo, confiança, paciência, amizade, ajuda na elaboração e contribuição deste trabalho e pela constante demonstração de sabedoria e humildade.

Professor Dr. Eduardo Mafra, por todo conhecimento transmitido, pela amizade, carinho, pelos momentos de descontração antes e depois das provas.

Ao Professor MSc Daniel Ferreira Campos pela imensa ajuda quando eu mais precisei.

Professora Elisângela pela sua excelente atenção nos momentos de dificuldade.

Ao Senhor Alessessandre Roque pelos puxões de orelha quando eu queria desistir.

Toda a equipe da secretária Juciane Arcos, Joseane Sá, Elidiane Lamara, Israel de Paula, pelo atendimento e eficiência em resolver nossos problemas acadêmicos.

À Fazenda Simpatia no nome do senhor Sergio Souza pelo atendimento, atenção e por ter concedido a área para realização do meu trabalho de conclusão de curso.

Ao Fábio Balieiro de Goes pela magnifica ajuda de campo na coleta de dados.

À colega Karen Ademildes Sobral Moreira pela ajuda nas partes laboratoriais.

Às minhas queridas amigas de todas as horas Edivan Pinheiro (Diva), Silvana Fabricio, Joycimara Rodrigues pela amizade e ajuda nos momentos de dificuldades.

Aos meus colegas de turma pela convivência nesses anos todos.

Meus sinceros agradecimentos

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar se o desenvolvimento inicial de *Aniba rosaeodora* - uma espécie de grande relevância social, econômica e ambiental na Amazônia - é influenciado pela textura do solo ao longo de um gradiente topográfico. O trabalho foi realizado na Fazenda Simpatia, localizada no km 3 do Ramal da Sudam, margem direita, município de Itacoatiara, Amazonas. Foram mensuradas, em 10 parcelas com 30 árvores cada, as seguintes características: 1) Diâmetro do colo, 10 cm acima do solo; 2) Altura total (AT) 3) Altura de inserção (AI) da copa 4) Diâmetro da copa (DC) nas projeções das linhas e entrelinhas. A partir dos dados de altura de copa, altura de projeção de copa e diâmetro de copa foi calculado o comprimento (CC) e volume de copa (VC). Além das informações dendrométricas, foram coletadas amostras de solo no centro de cada parcela inventariada. Em cada parcela foram coletadas amostras nas camadas de O - 20 cm e 20 - 40 cm de profundidade, usando a técnica de mini trincheiras. Análise estatística foi obtida por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Uma variação na altitude - 11,3 metros (54,68 - 43,39 m) - proporcionou uma significativa variação nos teores de argila e areia do solo. A associação entre a altitude da parcela e textura do solo, nas duas camadas avaliadas (0-20 cm e 20-40 cm), foi comprovada pela análise de correlação, com exceção para os valores de silte. Uma maior altitude foi associada com maior concentração de argila e menor concentração de areia. Solos em parcelas com altitude menor que 47,3 m foram, em sua grande maioria, arenosos na camada de O - 20 cm; enquanto em parcelas com altitude superior a esse limite foram observados solos de textura média na camada de O - 20 cm. Na camada de 20 - 40 cm, a maioria dos solos amostrados foram de textura média, com exceção da parcela a 43,39 m de altitude em que o solo é arenoso; e da parcela a 54,68 m em que a textura na camada subsuperficial foi argilosa. Foi observada elevada mortalidade (>30%) e variação no crescimento entre as árvores do plantio. A variação no crescimento das árvores estava associada com a textura do solo ao longo do gradiente topográfico; pois, as características dendrométricas da espécie estavam associadas com a concentração de areia (maior crescimento) e argila (menor crescimento) nas camadas superficiais e subsuperficiais do solo. Em conclusão, os resultados mostram que a textura do solo varia conforme

as mudanças de altitude do terreno, influenciando positivamente o estabelecimento inicial do plantio de *Aniba rosaeodora* em condições de maiores concentração de areia nas partes baixas da topografia na região do município de Itacoatiara.

Palavras chaves: Pau-rosa. Desenvolvimento. Propriedades do solo.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate whether the initial development of *Aniba rosaeodora* - a species of great social, economic and environmental relevance in the Amazon - is influenced by soil texture along a topographic gradient. The work was carried out at Fazenda Simpatia, located at km 3 of Ramal da Sudam, on the right bank, municipality of Itacoatiara, Amazonas. Over the two hectares of *Aniba rosaeodora* plantation, the following characteristics were measured, in 10 plots, with 30 trees each: 1) Diameter of the collar, 10 cm above the ground, using a precision digital caliper (0,01 mm); 2) Full height (AT) using a measuring tape; 3) Insertion height (AI) of the crown using a measuring tape; 4) Diameter of the crown (DC) in the projections of the lines and between the lines using a measuring tape. From the crown height, crown projection height and crown diameter data, the crown length (CC) and crown volume (VC) were calculated. In addition to dendrometric information, soil samples were collected in the center of each inventoried plot. In each plot, samples were collected in the layers of O - 20 cm and 20 - 40 cm in depth, using the mini trench technique. Statistical analysis was obtained using the Pearson correlation coefficient. A small variation in altitude - 11.3 meters (54.68 - 43.39 m) - provided a significant variation in the clay and sand contents of the soil. The association between plot altitude and soil texture, in the two evaluated layers (0-20 cm and 20-40 cm), was proven by the correlation analysis, except for the silt values. It was observed that as the altitude of the plot increased, the soil was more concentrated in clay and less concentrated in sand. Soils in plots with an altitude of less than 47.3 meters were mostly sandy in the O - 20 cm layer; while in plots with altitude above this limit, medium textured soils were observed in the O - 20 cm layer. In the 20 - 40 cm layer, most of the sampled soils were of medium texture, with the exception of the plot at 43.39 meters of altitude where the soil was sandy; and the plot at 54.68 m where the texture in the subsurface layer was clayey. High mortality (>30%) and variation in growth among trees in the plantation were observed. Variation in tree growth was associated with soil texture along the topographic gradient; therefore, the dendrometric characteristics of the species were associated with the concentration of sand (greater growth) and clay (lower growth) in the superficial and

subsuperficial layers of the soil. In conclusion, the results show that the soil texture varies according to terrain altitude changes, positively influencing the initial establishment of *Aniba rosaeodora* planting in conditions of higher sand concentration in the lower parts of the topography in the region of the municipality of Itacoatiara.

Key words: Rosewood. Development. Soils properties.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coeficientes de correlação de Pearson para associação entre altitude e concentração de areia, silte e argila do solo em duas camadas (0 - 20 cm e 20 - 40 cm). As correlações significativas ($p < 0,05$) estão em negrito.

Tabela 2. Valores percentuais de mudas replantadas e falhas em plantio de *Aniba rosaeodora* no município de Itacoatiara, Amazonas.

Tabela 3. Média e coeficientes de variação (CV), para as três abordagens de análise de dados, das variáveis dendrométricas de um plantio de *Aniba rosaeodora* em dez parcelas ao longo de um gradiente topográfico na Amazônia Central.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson para as associações entre a mortalidade de *Aniba rosaeodora* e as concentrações de areia, silte e argila de duas camadas do solo. As correlações significativas ($p < 0,05$) estão em negrito.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson para as associações entre o crescimento de *Aniba rosaeodora*, em diferentes abordagens, e as concentrações de areia, silte e argila de duas camadas do solo. As correlações significativas ($p < 0,05$) estão em negrito.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Fazenda Simpatia.

Figura 2. Imagem ilustrativa do método de coleta das amostras de solo. Abertura da trincheira com cavadeira (superior esquerdo); corte da lateral da mini trincheira (superior direito), remoção da amostra de solo 0 - 20 cm (inferior esquerdo); remoção da amostra de solo 20- 40 cm.

Figura 3. Variação da textura do solo, em duas profundidades (0 - 20 cm e 20 - 40 cm) conforme gradiente topográfico em uma área com reflorestamento de *Aniba rosaeodora* em Itacoatiara -AM.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Objetivos.....	12
1.1.1. Geral.	12
1.1.2. Específicos.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3. METODOLOGIA.	19
3.1. Localização e histórico da área de estudo.	19
3.2. Estratégia experimental.	19
3.3. Análises estatísticas.	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REFERÊNCIAS.	37

1. INTRODUÇÃO

O pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) é uma espécie florestal, atualmente, com um desempenho econômico de grande valor na Amazônia brasileira (LARA; COSTA; SAMPAIO, 2021). A *Aniba rosaeodora* fornece um óleo essencial, obtido através da destilação de suas folhas, galhos, madeira e raízes, muito demandado no mercado nacional e internacional devido ao seu uso na indústria de perfumes (FELSEMBURGH, 2019).

Devido à exploração florestal desordenada e à carência de tecnologias e fiscalização, várias espécies arbóreas de grande importância para a região amazônica estão em processo de extinção ou já foram, praticamente, extintas (CONTIM; CONTIM, 2018). Dentre essas espécies, o pau rosa teve as populações naturais drasticamente reduzidas no último século (HOMMA, 2003).

As plantas jovens de *A. rosaeodora* necessitam de sombra moderada para o desenvolvimento inicial, mas, após o estabelecimento inicial (1 - 2 anos após o plantio) se desenvolvem melhor em pleno sol (SAMPALIO, 2000). Por exemplo, existem evidências de que a espécie apresenta bom índice de sobrevivência (80%) a pleno sol, com incrementos médios anuais de 0,83 m em altura, 0,79 cm em diâmetro e 9,1 m³ ha ano⁻¹ de volume (SUDAM, 1979; USECHE, 2003). No entanto, são escassas as informações sobre os efeitos das propriedades física do solo sobre o crescimento da espécie.

A textura do solo é uma característica física que influencia outras características físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente, em solos muito intemperizados como os da bacia amazônica (SOUZA, 2004). Por esse motivo, a textura exerce fundamental influência no desenvolvimento das árvores em plantios florestais, principalmente no que se refere à água disponível no solo. Um solo bem estruturado possui maior porosidade total e maior capacidade de retenção de água do que um mal estruturado ou que tenha sido compactado.

Em solos da Amazônia, a topografia tem se destacado como um fator altamente associado à textura do solo. Por exemplo, Ferraz et al. (1998) demonstraram a variação da textura do solo em diferentes topossequências (platô, encosta e baixos) na Amazônia Central. Segundo os autores, os solos de platôs são de textura argilosa; nas encostas, variam de argilo arenosa próximos

aos platôs e franco argiloso arenosa próximos aos baixos; e os solos nas áreas de baixos apresentam textura franco arenoso.

Alguns autores tenham relatado a associação do *status* nutricional das árvores de *A. rosaeodora* com parâmetros de crescimento e produção (TAKEDA, 2008; **KRAINOVIC**, 2011). No entanto, nenhum estudo tem relatado a associação direta das propriedades do solo sobre o crescimento de *A. rosaeodora* em plantios de produção, especialmente, no que se refere à textura do solo (**KRAINOVIC**, 2020). Sabendo que a textura do solo influencia diretamente características do solo determinantes para o estabelecimento vegetal (e.g. disponibilidade de água) e considerando a variação espacial, ao longo da topossequência, dessa característica do solo, torna-se necessário investigar quais são os sítios de plantio mais propícios ao desenvolvimento de espécies florestais de reconhecida importância, tal como, *Aniba rosaeodora*.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar se o desenvolvimento de *Aniba rosaeodora*, durante a fase de estabelecimento inicial, é influenciado pela textura do solo.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Descrever a variação natural da textura do solo ao longo de uma topossequência em área de plantio de *A. rosaeodora* em Itacoatiara, Amazonas.
- ii. Caracterizar o estabelecimento inicial (sobrevivência, altura, diâmetro do coleto e características de copa), aos 32 meses após o plantio, de um reflorestamento de *A. rosaeodora* na região de Itacoatiara, Amazonas.
- iii. Investigar os efeitos da variação natural da concentração de argila e areia no solo, em uma topossequência, sobre o estabelecimento inicial de árvores jovens, 32 meses de idade, de *Aniba rosaeodora* em plantio comercial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Aniba rosaeodora* Ducke

Aniba rosaeodora é uma importante espécie encontrada na Amazônia Brasileira (QUINET et al., 2014; LARA; COSTA; SAMPAIO, 2021). É uma árvore da família Lauraceae, popularmente conhecida como pau-rosa, pau-rosa-mulatinho, pau-rosa-itaúba, pau-rosa-imbaúba. Pode ser encontrada no Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Venezuela, Peru, Colômbia e Equador (TAKEDA, 2008). No Brasil, têm ocorrência nos municípios de Boa Vista, Macapá, Santarém, Manaus, Rio Branco, Porto Velho, Juruti, Maués, Jacundá, Parintins, Presidente Figueiredo, Manicoré, às margens do Rio Madeira, Rio Oiapoque (MAY;BARATA, 2004), Nova Olinda, Novo Aripuanã, Barreirinha, Borba, Itacoatiara, Silves, Rio Preto da Eva e Itapiranga (SAMPAIO et al., 2002). A espécie pode ser encontrada tanto em floresta de terra firme úmida como também em área de campinarana, com habitat preferencial em platôs e nascentes de igarapés, em Latossolos amarelos e vermelhos (OHASHI; ROSA, 2004).

Árvore de grande porte, atingindo até 30 m de altura e 2 m de diâmetro, ocupa o dossel intermediário ou superior da floresta, com sua copa estreita ou ovalada (VIANA et al., 2011). Quanto ao tronco, a espécie, geralmente, possui um tronco retilíneo, coberto por uma casca pardo-avermelhada que se desprende facilmente em grandes placas e com uma madeira de alburno amarelo-claro com estrias avermelhadas e cerne esbranquiçado a amarelado. Ainda sobre a madeira da espécie, é de elevada densidade (0,8 - 0,9 g.cm⁻³), com camadas de crescimento, ao longo da seção transversal da madeira, escura e bem demarcada por zonas fibrosas, possui grã regular para irregular, textura média com superfície lustrosa lisa ao tato de fácil manuseio e pode receber acabamento fino (CAMARGO; FERRAZ, 2016). As propriedades físicas e mecânicas da madeira permitem seu uso em uma série de produtos, porém, devido ao alto valor do linalol, extraído da madeira por destilação, o uso da madeira para outros fins é quase nulo (CAMARGO; FERRAZ, 2016).

Sobre a morfologia e fenologia, a espécie possui folhas simples e alternadas, os frutos são bagas lisas, as flores são hermafroditas de coloração amarelada e pequenas e a sua frutificação inicia-se sempre na época de chuvas (SAMPAIO et al., 2003). A dispersão dos frutos é realizada por pássaros que em frequente situação

acabam também predando as sementes, dificultando a coleta de sementes com qualidade e quantidade (SPIRONELLO; SAMPAIO; TELES, 2004).

A árvore de pau-rosa possui grande importância econômica na indústria de cosméticos e farmacêuticos, devido à extração do seu óleo essencial, constituído majoritariamente por linalol (80-97%), utilizado como fixador de perfumes (MAIA et al., 2007). Apesar de o linalol estar presente em todas as partes da árvore, o óleo essencial é basicamente extraído da madeira (LARA; COSTA; SAMPAIO, 2021). De acordo com o IBAMA, para cada tambor de 180 litros de óleo produzido, 80 mudas de *A. rosaeodora*, deveriam ser plantadas, pois o principal problema para extração do óleo é a destruição da árvore (LEITE; QUISEN; SAMPAIO, 2001).

Análises do óleo essencial de *A. rosaeodora* apresentaram alta concentração de linalol extraído da madeira, cerca de 85%, e das folhas, cerca de 81% (LUPE, 2007). Fatores como a substituição do óleo natural de pau-rosa por correspondentes sintéticos e a inexistência de uma política florestal para o setor, também contribuíram para o declínio da exportação do óleo nas últimas décadas (SAMPALIO, 2000). Por fim, devido a esse risco, pesquisadores procuram fontes renováveis e sustentáveis como alternativas para obtenção do linalol, como por exemplo, o plantio da espécie. (LARA; COSTA; SAMPAIO, 2021).

2.2. Silvicultura da *Aniba rosaeodora*

A silvicultura de *Aniba rosaeodora* inicia-se na produção de mudas, que pode ser feita pela semeadura direta em sacos plásticos individuais ou em sementeiras para posterior repicagem. Pesquisadores têm demonstrado que o substrato organo-arenoso aliado ao sombreamento entre 30 ou 50% são favoráveis ao desenvolvimento das mudas em viveiros (ROSA et al., 1997; SAMPAIO et al., 2003).

O pau-rosa é uma espécie que pode ser utilizada em plantios comerciais. No entanto, algumas peculiaridades da espécie devem ser consideradas. O pau-rosa é uma espécie heliófila, necessitando de luz solar para maior incremento em diâmetro e altura após o estabelecimento das plantas em plantios a plena abertura (TAKEDA, 2008). Porém, na fase inicial de desenvolvimento, as mudas de pau-rosa necessitam de sombreamento para sobrevivência (ARAÚJO et al., 2005).

Pesquisas que utilizaram a poda da copa de pau-rosa apontam que esta espécie possui grande potencial para ser submetida a este tratamento silvicultura!

(SAMPAIO et al.,2005). As podas periódicas geram a revigoração da planta de pau-rosa, aumento da produção de massa vegetal e volume das folhas e galhos, além de tornar esses componentes vegetais mais espessos, contribuindo com isto para a obtenção de maior volume de óleo extraído (CHMR, 2000). Em termos médios, a distribuição da biomassa de uma árvore de pau-rosa é de 86,2 % para o tronco, 6,17 % para galhos e 7,63 % para folhas (SAMPAIO et ai., 2005). A consolidação desta tecnologia de exploração demonstrará a viabilidade técnica e econômica dos plantios de pau-rosa (KRAINOVIC, 2011).

Uma das alternativas para assegurar um suprimento constante de matéria prima para as usinas de destilação e reduzir ou evitar a exploração desordenada da espécie é o plantio, na forma de reflorestamento puro ou em consórcio; entretanto, faltam informações seguras sobre a silvicultura e ecologia da espécie e também, sobre a melhoria no sistema de destilação e o aproveitamento da biomassa foliar para produção de óleo essencial (SANTANA, 2000).

Empresários que desejam plantar pau-rosa, visando maximizar a produção de óleo, poderiam optar por espaçamentos maiores, o que permitirá o consórcio do pau-rosa com culturas como mandioca, pupunha, banana ou espécies florestais de rápido crescimento, pois, conforme escrito anteriormente, o pau rosa exige sombreamento nos primeiros anos de plantio (SAMPAIO et ai, 2003). Estas culturas de ciclo curto contribuem na receita para manutenção do plantio, pois os custos são elevados e tem retomo financeiro (SAMPAIO et ai., 2003). Deste modo, em função do elevado valor de mercado, o cultivo da espécie, hoje protegida por lei, vem despertando o interesse de muitos investidores, que veem na espécie uma excelente alternativa de investimento, possibilitando elevados lucros a médio e longo prazo (DESCONCI, 2016).

Pouco se sabe sobre o requerimento nutricional do pau-rosa, principalmente durante o ciclo de cultivo e em diferentes densidades populacionais (MATOS, 2015). Naturalmente, a espécie cresce em latossolos amarelos e vermelhos, arenosos e argilosos, exclusivamente na terra firme (SAMPAIO; FERRAZ; CAMARGO, 2003). Diante da relevância da silvicultura para produção de óleo linalol e conservação dos povoamentos naturais de *Aniba rosaeodora*, torna-se imperativo a realização de pesquisas que demonstrem as preferências edáficas dessa espécie.

Atualmente, dado o rigor das legislações, os produtores de óleo de pau-rosa são constantemente pressionados a adotarem práticas sustentáveis na exploração, o

que tem contribuído para o desenvolvimento de novos métodos de extração de óleo essencial (FERRAZ et al., 2009), como por exemplo, a obtenção do óleo, sem a necessidade da supressão do indivíduo, sendo o óleo obtido a partir da destilação de folhas e galhos, por meio do manejo da biomassa aérea. Portanto, o sucesso na silvicultura do pau-rosa poderá ser obtido a partir do desenvolvimento de técnicas de manejo mais adequadas para a espécie (TAKEDA, 2008).

2.3. A importância da textura do solo

A necessidade de conhecer os tipos de solos de uma determinada área implica em estabelecer práticas conservacionistas criando subsídios para possíveis planejamentos ambientais, direcionando ao manejo adequado da mesma (ZUFFO; STEINER, 2018).

As propriedades físicas têm um papel central em estudos da qualidade do solo, tendo em vista seu grande efeito sobre os processos químicos e biológicos do solo, na retenção e transporte de água e elementos químicos, na emergência de plântulas, no desenvolvimento radicular e na erodibilidade do solo (DEXTER, 2004).

Dentre as propriedades físicas, a textura do solo refere-se à distribuição quantitativa das classes de tamanho das partículas que compõem o solo. A textura depende das características do material de origem e dos agentes de formação do solo e influi sobre a retenção de água, arejamento, resistência à penetração das raízes, capacidade de troca de cátions, porosidade, densidade do solo e, conseqüentemente, no crescimento das árvores (BERTONI, LOMBARDI, 2008).

A determinação das análises físicas do solo permite conhecer melhor análise de estabilidade de agregados e porosidade, além de outros atributos relacionados com a condição ambiental de sobrevivência da planta, do sistema radicular e a dinâmica da água no solo, indicando assim melhores formas de manejo e conservação dos solos (ZUFFO; STEINER, 2018).

A capacidade de armazenamento de água no solo tem um limite que é determinado por características físicas do solo, inerentes à sua composição e a fatores relacionados ao manejo (MORALES, 2014). No que se refere à textura, quanto mais argiloso for o solo, maior quantidade de água ficará retida nele, em comparação a solos menos argilosos. Porém, a maior quantidade de água armazenada, muitas vezes não está disponível para as plantas, ou seja, o potencial matricial que essa água

está adsorvida às partículas do solo é maior que a capacidade das plantas em extraí-la (SILVA, 2003). Existe, portanto, diferença entre água armazenada no solo e água disponível para as plantas, pois, no solo, existe uma proporção de poros de pequeno diâmetro que retém a água a tensões superiores à capacidade de extração pelas plantas (SILVA, 2003).

2.4. Textura do solo e gradiente topográfico na Amazônia Central

Dentre os fatores que afetam a textura do solo, a topografia tem se destacado em solos da Amazônia. A Floresta de terra firme na Amazônia Central recobre um relevo constituído por diferentes compartimentos geomorfológicos denominados "platô", "vertente" e "baixio", caracterizados por tipos de solo, declividades e dinâmicas hídricas distintas (COSTA et al.; 2020). Os solos do platô são de textura muito argilosa, classificados como latossolo amarelo; nas encostas variam de argila arenosa (próximo aos platôs) e solos de textura franco argiloso arenosa (próximo aos baixios), classificados como argissolos vermelho amarelo; e nos baixios são de textura franco arenoso, classificados como arenossolos hidromórficos (GALVÃO, 2005), ou, espodossolos na classificação atual.

Os solos dos "platôs" de terra firme na Amazônia Central são bastante intemperizados, com baixos teores de nutrientes, porém com boas características físicas e hídricas (PERIN et al., 2011). Os solos do "baixio" possuem maiores concentrações da fração areia, ao contrário dos solos do "platô" e das "vertentes", que aumenta a densidade aparente do solo (NETA; NISHIWAKI, 2018). Os solos situados no baixio podem emitir elevados teores de carbono para a atmosfera em curto espaço de tempo, pois a característica física desses solos é mais rapidamente alterada quando comparado com os solos mais argilosos: Latossolo (platô) e Argissolo (vertente) (MARQUES et al., 2013). Os solos do baixio, devido a maior porcentagem de areia, são mais instáveis na manutenção do carbono no solo podendo liberar o carbono para atmosfera mais facilmente caso o solo seja perturbado (MARQUES et al., 2013).

O preparo de solo para o plantio de espécies florestais objetiva disponibilizar quantidades suficientes de água e de nutrientes para o estabelecimento mais rápido das mudas (BAPTISTA; LEVIEN, 2010). Em geral, as técnicas de preparo, além de visar ao rápido crescimento do sistema radicular, por meio do revolvimento, o que

facilita a absorção de água e de nutrientes, elimina plantas indesejáveis próximas das mudas, evitando a competição (BARROS; NEVES, 2003).

As alterações nas propriedades físicas se iniciam a partir da derrubada das árvores, uso de máquinas agrícolas, pisoteio de animais, para implantação dos cultivos, geralmente manejados com umidade excessiva com sérias consequências na porosidade, densidade, retenção de água e nutrientes e na dificuldade de penetração de raízes das plantas (PERIN et al., 2011).

Os atributos físicos do solo diretamente relacionados com o crescimento das plantas são: a retenção de água, a aeração e a resistência à penetração das raízes. Assim, um solo com boa qualidade física requer um balanço entre aeração e retenção de água, além de resistência do solo à penetração não impeditiva ao crescimento das raízes (LETEY, 1985). O desenvolvimento das plantas depende dos atributos do solo, das variações de temperatura e do regime das chuvas. Por isso, embora um solo seja muito fértil devido à sua composição mineral, as plantas podem não se desenvolver satisfatoriamente por estresse hídrico (MORALES, 2014).

3. METODOLOGIA

3.1. Localização, caracterização e histórico da área de estudo

O trabalho foi realizado na Fazenda Simpatia, localizada no km 3 do Ramal da Sudam, com as coordenadas geográficas 03°05'09,2" S e 58°43'52" W, município de Itacoatiara, Amazonas (Figura 1). A Fazenda Simpatia, com 180 hectares, compõe a empresa Mattoso Extratos Naturais LTOA. A empresa é especializada na produção de óleos essenciais de uma diversidade de espécies: Pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), Macacaporanga (*Aniba parviflora*), Cumaru (*Dipteryx odorata*), Priprióca (*Cyperus articulatus*) e Patchhouli (*Pogostemon cablin*).

As condições gerais de sítio onde estão estabelecidos os reflorestamentos da Fazenda Simpatia são definidas pela predominância do Latossolo Amarelo Distrófico com textura variando de média a muito argilosa (SILVA, 2003); o clima da região é Af - tropical e sem estação seca definida, seguindo o sistema de classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014). De acordo com a normal climatológica (1991- 2021) da região - sumarizado do banco de dados da estação meteorológica convencional de Itacoatiara (3,14°S; 58,44°W) do Instituto Nacional de Meteorologia - a temperatura média mensal (amplitude de 26,5 -28,4°C) e umidade do ar (amplitude 77,8%- 86,8%) variam pouco ao longo do ano. A precipitação chega a uma média anual de 2520 mm com os maiores valores observados entre janeiro e abril e os menores valores (< 100 mm) entre agosto e setembro (INMET, 2021). Quanto à vegetação, é típico na região a floresta ombrófila densa (IBGE, 2012). Em uma floresta inventariada próxima ao município de Itacoatiara (AM), foi descrita uma abundância média de 350 árvores por hectare; riqueza de 159 espécies de árvores por hectare, sendo as espécies mais frequentes a *Eschwellera odora* e *Scleronema micranthum* (PRANCE; RODRIGUES; SILVA, 1976).



Figura 1. Mapa de localização da Fazenda Simpatia.

De modo geral, os plantios da fazenda estão estabelecidos em uma área de 18 hectares, seguindo um espaçamento de 3 m x 1,5 m. No que se refere ao preparo do solo, o procedimento, geralmente, aplicado é o semimecanizado, com aplicação de gesso agrícola, superfosfato simples, composto de micronutrientes (**FTE BR12**), cinza e calcário. No momento do plantio também é adicionado esterco bovino nas covas de plantio e sulfato de amônia em cobertura. Durante o período chuvoso, a cada ano, são aplicados, na região da projeção da copa, gesso, calcário, esterco bovino e cinzas. O controle das plantas daninhas é realizado de forma manual e mecânica, com um coroamento de 1 metro de raio. Nos meses de baixa precipitação (< 100 mm, agosto - setembro - outubro) é feita uma suplementação hídrica via sistema de irrigação com aspersores de impacto.

Para o cumprimento dos objetivos do presente projeto, foi avaliado um plantio de dois hectares e com 32 meses de idade. A área do plantio abrange uma topossequência que, visualmente, possui solo com variações texturais. Os solos das regiões mais próximas do curso d'água (pontos baixos no terreno) possuem solo com

aparência arenosa, enquanto solos mais distantes do curso d'água (pontos elevados no terreno) possuem textura argilosa ao tato.

Anteriormente, os dois hectares da área do reflorestamento era uma capoeira. Esta vegetação foi, manualmente, roçada e a biomassa acumulada em leiras (enleiramento) para a total limpeza das linhas de plantio. Na sequência foi realizada abertura manual de covas com 30 centímetros de diâmetro e 40 centímetros de profundidade. Com uma antecedência mínima de 15 dias ao plantio, foi realizado o condicionamento químico do solo da cova com aplicação de calcário e gesso agrícola. No momento do plantio, foi misturado cinzas, adubos químicos (150 gramas de superfosfato simples, 20 gramas de FTE) e esterco curtido ao solo da cova.

O plantio foi realizado em fevereiro de 2019, utilizando mudas com um ano de idade, 60 a 80 cm de altura, de propágulos (sementes ou plântulas) procedentes de Maués e Nova Olinda do Norte, Amazonas. As mudas foram produzidas sob sombrite com 50% de atenuação da irradiância. Com o intuito de aclimatar as mudas às condições de campo, com dois meses de antecedência ao plantio, a intensidade de sombreamento foi reduzida para 25%, com substituição do sombrite. Durante os três meses iniciais, após o plantio em campo, as mudas permaneceram sob um sombreamento proporcionado por folhas de palmeiras. Esse procedimento de sombreamento após o plantio tem sido empregado com frequência, tendo em vista à intolerância da espécie a alta irradiância nos estágios iniciais de desenvolvimento.

No que se refere às atividades de manutenção do plantio, foram realizados dois replantios em fevereiro de 2020 e 2021. Além disso, no final do período seco (segunda quinzena de outubro) e meados da estação chuvosa (maio) de cada ano, foi realizado o coroamento e a adubação de cobertura com 100 gramas por planta de sulfato de amônia (outubro) e 100 gramas do formulado 10% Nitrogênio-10% Fósforo -10% Potássio (maio).

3.2. Desenho experimental

Ao longo dos dois hectares do plantio de *Aniba rosaeodora* foram mensuradas, em 10 parcelas, com 30 árvores cada, as seguintes características: 1) Diâmetro do coleto, 10 cm acima do solo, com o uso de um paquímetro digital de precisão (0,01 mm); 2) Altura total (AT) com o uso de uma trena; 3) Altura de inserção (AI) da copa usando uma trena; 4) Diâmetro da copa (DC) nas projeções das linhas (DC1) e

entrelinhas (DC2) com o uso de uma trena. A partir dos dados de altura de copa, altura de projeção de copa e diâmetro de copa foi calculado o comprimento (CC) e volume de copa (VC).

$$CC=AT-AI$$

$$VC = DC1/2 \times DC21'2 \times n: \times CC \times 1,33$$

O volume de copa é uma informação fundamental para essa espécie, pois dessa porção da árvore é extraído o óleo em sistemas de podas sucessivas.

O número de mudas mortas e replantadas foi contado em cada parcela. A identificação das mudas replantadas foi feita com o auxílio do gerente da fazenda, que mantém o controle dessa atividade.

As parcelas foram distribuídas de forma a capturar a variação de altitude na topossequência do plantio. A altitude de cada parcela foi determinada por meio de altímetro barométrico, com resolução de 30 cm, instalado no GPS garmin etrex vista hcx.

Além das informações dendrométricas, foram coletadas amostras de solo no centro de cada parcela inventariada. Em cada parcela foram coletadas amostras nas camadas de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm de profundidade, usando a técnica de mini trincheiras (Figura 2). As amostras foram enviadas para o Laboratório de solo da Universidade Federal do Amazonas para determinação dos teores de areia, silte e argila. No laboratório, a análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).



Figura 2. Imagens ilustrativas do método de coleta das amostras de solo. Abertura da trincheira com cavadeira (superior esquerdo); corte da lateral da mini trincheira (superior direito), remoção da amostra de solo 0- 20 cm (inferior esquerdo); remoção da amostra de solo 20- 40 cm.

3.3. Análises estatísticas

Na presente pesquisa foram considerados objetivos de caracterização e inferência via associação. O primeiro e o segundo objetivos específicos são de caracterização, portanto, foram reportados os valores médios de textura do solo, sobrevivência, replantio e variáveis dendrométricas em cada parcela.

Para o terceiro objetivo específico foi testada a seguinte hipótese: "O estabelecimento inicial de *Aniba rosaeodora* está associado à textura do solo ao longo de um gradiente topográfico". Para a verificação dessa hipótese, foi testada a associação, por meio do coeficiente de correlação de Pearson, entre as variáveis dendrométricas e a concentração de areia, silte e argila do solo. A priori, também foi testada a associação entre a altitude da parcela vs textura do solo e altitude vs características dendrométricas.

Para os objetivos específicos 2 e 3, as variáveis dendrométricas foram sumarizadas em médias considerando três abordagens. Na primeira abordagem foi utilizada a média de todas as plantas, na segunda abordagem foram excluídas as plantas de replantio e na terceira abordagem buscou-se representar a média do crescimento potencial da espécie, usando a média das três árvores mais altas de cada parcela.

As análises e figuras foram realizadas no programa Excel, do pacote Office 365, Windows. Foi utilizado o valor de 5% como probabilidade de erro tipo 1.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Variação da textura do solo conforme o gradiente topográfico

Os percentuais de areia, silte e argila do solo, conforme a altitude da parcela, estão ilustrados na Figura 3. Uma variação na altitude - 11,3 metros (54,68 - 43,39 m) - proporcionou uma significativa variação nos teores de argila e areia do solo. A associação entre a altitude da parcela e textura do solo, nas duas camadas avaliadas (0-20 cm e 20-40 cm), foi comprovada pela análise de correlação (Tabela 1); com exceção para os valores de silte. Foi observado que conforme a altitude da parcela aumentou, o solo era mais concentrado em argila e menos concentrado em areia. Solos em parcelas com altitude menor que 47,3 metros foram, em sua grande maioria, arenosos na camada de O - 20 cm; enquanto em parcelas com altitude superior a esse limite foram observados solos de textura média na camada de O - 20 cm. Na camada de 20-40 cm, a maioria dos solos amostrados foram de textura média, com exceção da parcela à 43,39 metros de altitude em que o solo foi arenoso; e da parcela à 54,68 m em que a textura na camada subsuperficial foi argilosa.

Na Amazônia, a variação da textura dos solos conforme o gradiente topográfico é um fenômeno já reportado por alguns autores (GALVÃO, 2005; COSTA, 2020). Nesse cenário, um dos principais padrões observados são os solos argilosos nas regiões altas de "*platô*"; solos de textura média nas "*encostas*" e solos arenosos nas regiões de "*baixid*" (GALVÃO, 2005). Em florestas naturais, são observadas espécies arbóreas generalistas e especialistas desses ambientes (GUEDES, 2016). Na silvicultura, a associação da distribuição das espécies arbóreas com as características do solo em ambientes naturais pode ser uma boa pista para seleção de sítios adequados de plantio. Outra forma dessa associação ser aplicada é em plantios florestais, observando os efeitos das propriedades do solo sobre o desenvolvimento das árvores plantadas e classificando os sítios apropriados para cada espécie.

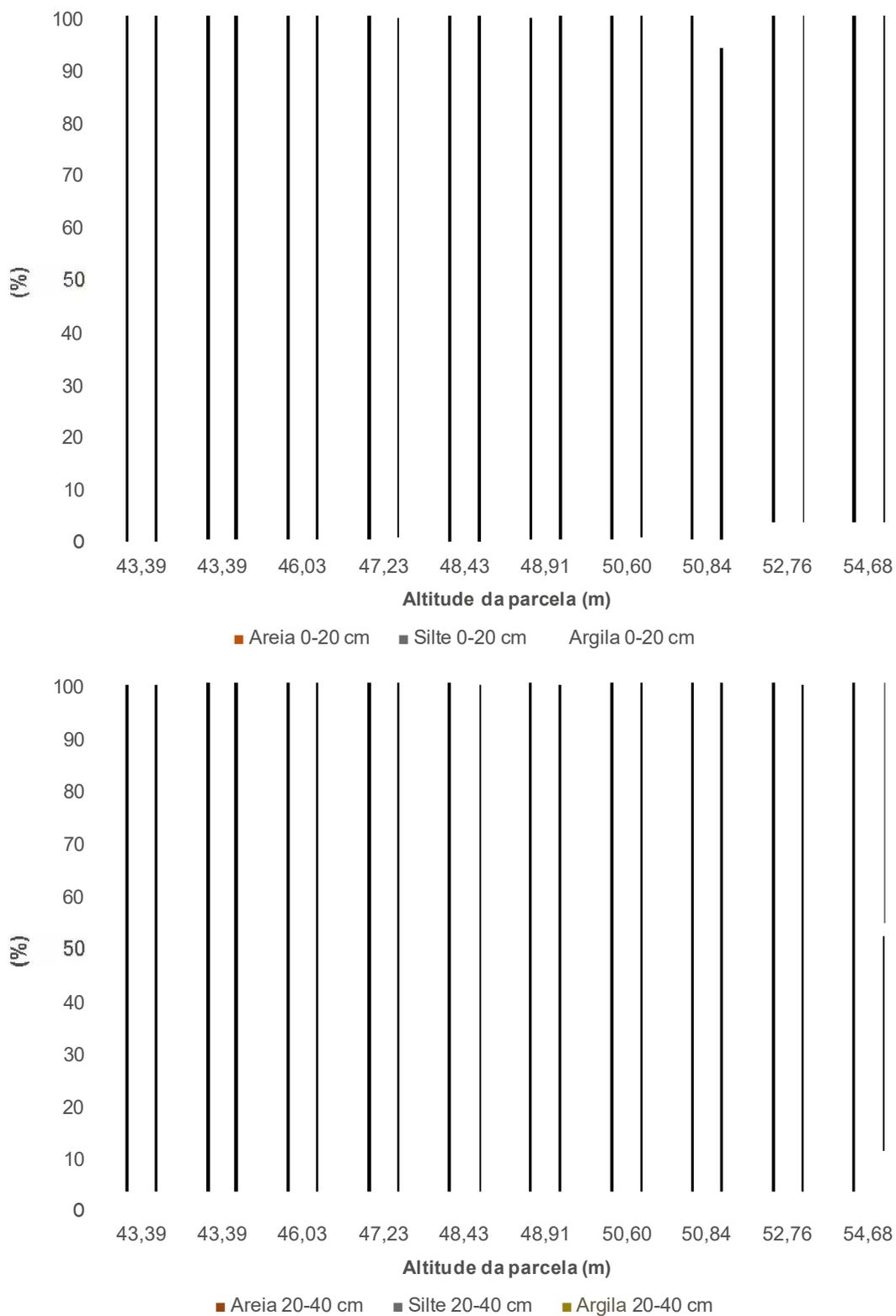


Figura 3. Variação da textura do solo, em duas profundidades (0 - 20 cm e 20 - 40 cm) conforme gradiente topográfico em uma área com reflorestamento de *Aniba roseodora* em Itacoatiara -AM.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson para associação entre altitude e concentração de areia, silte e argila do solo em duas camadas (0 - 20 cm e 20 - 40 cm). As correlações significativas ($p < 0,05$) estão em negrito.

	<i>Coeficiente de correlação</i>
Areia 0-20 cm	-0,781
Silte 0-20 cm	0,519
Argila 0-20 cm	0,821
Areia 20-40 cm	-0,909
Silte 20-40 cm	0,255
Argila 20-40 cm	0,833

4.2. Estabelecimento inicial de *Aniba rosaeodora* em plantio de produção na Amazônia Central

Os valores percentuais de plantas mortas e replantadas em cada parcela estão resumidos na Tabela 2. Os valores de mortalidade variaram de 0 a 13 %, mas representam apenas as falhas no momento da coleta dos dados. Os valores reais de mortalidade, ao longo dos 32 meses, são a soma das falhas no plantio (Mortas) e o número de mudas replantadas (Replântio). O percentual de replântio variou de 13% a 60%; enquanto a soma da mortalidade ao longo dos 32 meses também variou de 13% a 60%

Em média, o percentual de mortalidade ao longo dos 32 meses após o plantio foi de 37%. Esses elevados valores de mortalidade corroboram outras evidências que indicam a elevada mortalidade de *Aniba rosaeodora*. Em um experimento, sob condições de viveiro, Rosa et al., (1997) reportaram valores de mortalidade para *A. rosaeodora* variando de 35% a 45% quando cultivadas em condições de pleno sol; e 18% a 20% sob 70% de sombreamento. Em plantio de enriquecimento de clareiras, aos 35 meses após o plantio, a sobrevivência de *A. rosaeodora* foi independentemente do tamanho da clareira e os valores variaram entre 51,2% e 74,3% (FONSECA, 2007). No plantio avaliado no presente estudo, a aclimação das mudas no viveiro e a cobertura das mudas com palhas de palmeiras não foi suficiente para reduzir os valores de mortalidade abaixo de 30%; contudo, os valores de mortalidade poderiam ser ainda maiores em condições de maior exposição à fatores de estresse durante os meses iniciais após o plantio.

Tabela 2. Valores percentuais de mudas replantadas e falhas em plantio de *Aniba rosaeodora* no município de Itacoatiara, Amazonas.

Altitude	Mortas	Replântio	Mortalidade 32 meses
43,39	0%	20%	20%
43,39	0%	40%	40%
46,03	3%	20%	23%
47,23	0%	60%	60%
48,43	10%	43%	53%
48,91	3%	30%	33%
50,60	0%	13%	13%
50,84	7%	33%	40%
52,76	13%	47%	60%
54,68	0%	23%	23%

Para as três abordagens de análise dos dados foi observada uma elevada variação das médias das características dendrométricas entre as parcelas de diferentes altitudes (Tabela 3). Essa variação entre as parcelas está sumarizada por um elevado coeficiente de variação para as características avaliadas. Os menores valores de coeficiente de variação foram observados para o diâmetro do coleto e altura (-25%), enquanto os maiores valores foram observados para o volume de copa (>70%). Se considerada a abordagem 1 (todas árvores), de maior variação dos dados, por exemplo, as árvores de *A. rosaeodora* apresentaram valores médios de diâmetro do coleto variando entre 4,53 cm e 1,87 cm, altura entre 2,8 m e 1,14 m; e volume de copa entre 0,62 e 14,4 m³ (Tabela 3).

Considerando as médias das parcelas nas abordagens 1, 2 e 3, as árvores de *A. rosaeodora*, cresceram em média 68; 80 e 105 centímetros em altura por ano, ao longo dos 32 meses após o plantio, respectivamente. No que se refere ao diâmetro do coleto, os incrementos anuais foram 1,18; 1,42 e 1,85 centímetros para as abordagens 1, 2 e 3, respectivamente. Os valores de incrementos anuais em altura e diâmetro do coleto são similares aos observados para a espécie em um plantio, com 36 meses de idade, no município de Maués, Amazonas (TAKEDA, 2008). No estudo, Takeda (2008) reportou um incremento em altura de 76 cm ano⁻¹ e de diâmetro do coleto de 1,12 cm ano⁻¹. Em um plantio com idade de 4 anos, no município de Maués, Krainovic (2011) observou valores de incremento em altura de 110 centímetros por ano, valores comparáveis com o crescimento potencial (abordagem 3 - maiores árvores da parcela) médio em altura das árvores do plantio avaliado no presente estudo; e com o valor médio de crescimento em altura (105 cm ano⁻¹) da parcela de

menor altitude (43,39 m) mesmo se considerada as árvores de replantio (abordagem 1).

4.3. A associação do estabelecimento inicial de *Aniba rosaeodora* com a textura do solo

Todos os parâmetros de crescimento avaliados (altura, diâmetro do coleto e copa), nas três abordagens investigadas, estiveram, geralmente, associados com a altitude (negativamente) e textura do solo (positivamente com a areia e negativamente com a argila) nas camadas de O - 20 cm e 20 - 40 cm de profundidade (Tabela 5). Por outro lado, os valores de mortalidade não estiveram associados com a textura do solo (Tabela 4).

Para a primeira abordagem, que considerou todas as árvores das parcelas, todos os parâmetros de crescimento estiveram associados negativamente com a altitude da parcela e a concentração de argila no solo na camada de 20 - 40 cm; e, positivamente associados com a concentração de areia à 20 - 40 cm de profundidade. O diâmetro do coleto não esteve associado com a concentração de argila e areia na camada superficial do solo (O - 20 cm), enquanto as demais variáveis resposta estiverem negativamente associadas à argila e positivamente associadas à areia nessa camada. A concentração de silte esteve negativamente associada apenas com o volume de copa e quando considerada a camada de O- 20 cm.

Os resultados da segunda abordagem - que excluiu as plantas de replantio da média - foram similares àqueles observados na primeira abordagem, indicando pouco efeito do replantio na conclusão geral sobre o efeito da textura do solo e altitude das parcelas sobre o crescimento de *Aniba rosaeodora*. As únicas duas exceções foram: a associação positiva entre coleto e areia (O - 20 cm) e a ausência da associação negativa significativa entre coleto e argila (20 - 40 cm).

Quando a associação entre o crescimento de *Aniba rosaeodora* com a textura do solo foi avaliada considerando o crescimento potencial (terceira abordagem - média das três árvores mais altas), os coeficientes de correlação foram significativos, principalmente para a camada de 20 - 40 cm. Nessa camada subsuperficial, as associações não foram significativas apenas para silte (todos parâmetros), coleto vs areia e, coleto vs argila e diâmetro de copa vs argila.

Tabela 3. Média e coeficiente de variação (CV), para as três abordagens de análise de dados, das variáveis dendrométricas de um plantio de *Aniba rosaeodora* em dez parcelas ao longo de um gradiente topográfico na Amazônia Central.

Parcela Altitude	Coleto (cm)	Altura (m)	Diâmetro de Copa(m)	Comprimento de Copa (m)	Volume de Copa (m ³)
<i>Abordagem 1 - Todas as árvores</i>					
43,39	4,53	2,80	2,28	2,48	14,40
43,39	3,95	2,15	2,08	2,13	10,85
46,03	3,47	2,05	1,55	1,74	5,07
47,23	3,57	2,14	1,87	2,22	9,33
48,43	2,34	1,39	0,96	1,13	1,45
48,91	2,88	1,61	1,14	1,15	2,26
50,60	3,20	1,92	1,16	1,43	2,83
50,84	2,18	1,32	0,79	0,88	0,68
52,76	1,87	1,14	0,71	0,95	0,62
54,68	3,03	1,63	1,20	1,21	2,58
Média	3,10	1,82	1,37	1,53	5,01
CV(%)	0,25	0,26	0,38	0,36	0,92
<i>Abordagem 2 - Sem as árvores de replantio</i>					
43,39	5,21	3,14	2,28	2,48	14,40
43,39	5,11	2,65	2,08	2,13	10,85
46,03	4,00	2,35	1,55	1,74	5,07
47,23	5,00	2,78	1,87	2,22	9,33
48,43	3,14	1,76	0,96	1,13	1,45
48,91	3,34	1,81	1,14	1,15	2,26
50,60	3,46	2,06	1,16	1,43	2,83
50,84	2,61	1,50	0,79	0,88	0,68
52,76	2,53	1,51	0,71	0,95	0,62
54,68	3,57	1,87	1,20	1,21	2,58
Média	3,79	2,14	1,37	1,53	5,01
CV(%)	0,25	0,25	0,38	0,36	0,92
<i>Abordagem 3 - Três árvores mais altas</i>					
43,39	6,20	4,10	2,49	3,36	16,53
43,39	7,42	3,39	2,74	2,77	16,16
46,03	4,50	3,06	2,02	2,29	7,57
47,23	5,50	3,37	2,11	2,85	10,39
48,43	4,33	2,34	1,29	1,75	2,59
48,91	4,62	2,64	1,85	2,00	6,54
50,60	5,17	2,87	2,00	2,33	7,64
50,84	3,33	1,90	0,87	1,21	0,73
52,76	3,23	1,79	0,87	1,13	0,84
54,68	5,17	2,66	1,78	1,90	4,92
Média	4,95	2,81	1,80	2,16	7,39
CV(%)	0,24	0,24	0,33	0,31	0,72

Obs.: Os valores de características de copa são idênticos entre as abordagens 1 e 2, pois, essas variáveis não foram mensuradas nas plantas de replantio.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson para as associações entre a mortalidade de *Aniba rosaeodora* e as concentrações de areia, silte e argila de duas camadas do solo. As correlações significativas ($p < 0,05$) estão em negrito.

	Coeficiente de correlação
Altitude	0,08
Areia (0-20)	-0,02
Silte (0-20)	0,08
Argila (0-20)	0,00
Areia (20-40)	-0,34
Silte (20-40)	0,48
Argila (20-40)	0,18

Obs.: Não foram observadas correlações significativas.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson para as associações entre o crescimento de *Aniba rosaeodora*, em diferentes abordagens, e as concentrações de areia, silte e argila de duas camadas do solo. As correlações significativas ($p < 0,05$) estão em negrito.

	Altitude	Areia (0-20)	Silte (0-20)	Argila (0-20)	Areia (20-40)	Silte (20-40)	Argila (20-40)
Abordagem 1 - Todas as árvores							
Coleta	-0,750	0,630	-0,531	-0,615	0,794	-0,445	-0,651
Altura	-0,764	0,663	-0,523	-0,663	0,827	-0,374	-0,709
Diâmetro de copa	-0,821	0,699	-0,591	-0,682	0,789	-0,381	-0,668
Comprimento de copa	-0,808	0,724	-0,570	-0,724	0,794	-0,299	-0,701
Volume de copa	-0,816	0,750	-0,656	-0,723	0,774	-0,324	-0,672
Abordagem 2 - Sem as árvores de replantio							
Coleta	-0,782	0,673	-0,572	-0,656	0,738	-0,372	-0,619
Altura	-0,801	0,699	-0,545	-0,701	0,795	-0,312	-0,697
Diâmetro de copa	-0,821	0,699	-0,591	-0,682	0,789	-0,381	-0,668
Comprimento de copa	-0,808	0,724	-0,570	-0,724	0,794	-0,299	-0,701
Volume de copa	-0,816	0,750	-0,656	-0,723	0,774	-0,324	-0,672
Abordagem 3 - Três árvores mais altas							
Coleta	-0,659	0,592	-0,637	-0,522	0,598	-0,586	-0,404
Altura	-0,762	0,617	-0,481	-0,618	0,776	-0,386	-0,653
Diâmetro de copa	-0,713	0,580	-0,483	-0,569	0,726	-0,460	-0,577
Comprimento de copa	-0,766	0,653	-0,503	-0,658	0,776	-0,357	-0,663
Volume de copa	-0,810	0,740	-0,644	-0,715	0,798	-0,399	-0,672

A mortalidade de mudas de *Aniba rosaeodora*, ao contrário dos parâmetros de crescimento, foi uma característica do estabelecimento inicial que não esteve associada ao gradiente de textura do solo (Tabela 4). O valor médio de mortalidade foi alto (>30%), embora dentro da margem já reportada para essa espécie, quando plantada em condições de pleno sol (ROSA et al., 1997). Outros fatores podem estar associados à mortalidade da espécie. Por exemplo, tradicionalmente, *A. rosaeodora* tem sido considerada uma espécie sensível à elevados níveis de irradiância durante seu estabelecimento inicial, o que leva os silvicultores usarem palhas de palmeira para cobertura durante seu estabelecimento inicial (SAMPAIO et al., 2016).

O estresse fisiológico proporcionado pela elevada irradiância pode ser uma das principais causas da elevada mortalidade de mudas de *A. rosaeodora*, apesar das estratégias aplicadas para minimizar esse efeito. Em um experimento conduzido em casa de vegetação, com mudas em recipientes e controlando os níveis de irradiância, Gonçalves et al. (2005), observaram uma redução na fotossíntese e crescimento de *A. rosaeodora* em condições de pleno sol - irradiância máxima de 1300-1800 μmal de fótons $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e intenso sombreamento (10 - 250 μmal de fótons $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Além da alta irradiância, um estresse abiótico, outros fatores bióticos podem estar associados com a mortalidade de mudas de *A. rosaeodora* após o plantio. Alguns autores têm relatado que insetos, da ordem dos coleópteros, são potenciais pragas de sementes e mudas da espécie (MAGALHÃES; ALENCAR, 1979; MORAIS et al. 2009). Nesse caso, as brocas atacam e fragilizam o coleto das mudas ainda no viveiro e quando essas são levadas para campo, morrem em função dessa fragilidade. Portanto, *A. rosaeodora* apresenta elevada mortalidade em campo, e essa mortalidade está associada com diversos fatores de ordem biótica e abiótica, que se misturaram com os efeitos da textura do solo no presente estudo.

No presente estudo, são demonstradas fortes evidências da associação entre crescimento de *A. rosaeodora* e textura do solo, superficial e subsuperficial, ao longo de um gradiente topográfico (Tabela 5). Essas são evidências inéditas e que podem representar um bom avanço para determinação de sítios de plantio para essa espécie. Na silvicultura, em geral, existe uma tradicional frase "não existe espécie ruim, mas sim sítio mal selecionado". Essa frase resume bem os conceitos de seleção de espécies e sítios de plantio para que se obtenha êxito do empreendimento florestal, independente dos objetivos (PANCEL; KÔHL, 2016). Por exemplo, avaliando a qualidade de sítio em plantios de *Bertholletia excelsa*, Souza (2020) demonstrou que

a espécie se desenvolve melhor, maiores valores de índice de sítio representado pela altura dominante das árvores, em solos argilosos em contraposição à solos arenosos. Ainda segundo o autor, a variação na produtividade do sítio foi influenciada principalmente pela textura do solo, topografia, concentrações de K^+ , Mn^{2+} e $pHKCl$ (SOUZA, 2020).

Já é bastante discutido na literatura as variações nos padrões de distribuição das espécies arbóreas conforme variações do solo ao longo do gradiente topográfico na Amazônia (GUEDES, 2016; SOUZA, 2012). Para *A. rosaeodora*, as poucas informações existentes apontam que a espécie ocorre em latossolos amarelos a vermelhos, em solos arenosos e argilosos, porém sendo mais abundante próximo de nascentes de igarapés (SAMPAIO et al., 2016). As informações sobre o padrão de distribuição de *Aniba rosaeodora* precisam ser melhor investigadas para se somar as evidências do presente estudo e, dessa forma, auxiliar os silvicultores da espécie na escolha dos sítios mais adequados ao plantio.

Quanto aos mecanismos que poderiam estar por trás da variação do crescimento das árvores de *A. rosaeodora* nos solos com diferentes texturas, será discutida a seguir, com maiores detalhes, a hipótese da disponibilidade hídrica do solo.

Sabe-se que a argila do solo apresenta elevado potencial de retenção de água, tendo em vista, o aumento da microporosidade do solo (HILLEL, 1971). Conforme o solo seca, a planta precisa desenvolver maiores tensões no xilema para absorver a água do solo (TAIZ et al. 2017). Dessa forma, quanto maior o teor de argila no solo, maior será a força de retenção da água no solo; e em condições de restrição hídrica as plantas precisarão suportar elevadas tensões nos vasos condutores do xilema para ocorrer a absorção de água pelas raízes. No entanto, as plantas possuem um limite de potencial hídrico no qual elas podem extrair água do solo, conhecido como potencial hídrico no ponto de perda de turgor. Na agronomia, esse potencial hídrico é determinado no solo e tem sido generalizado em $-1,5$ Mpa, sendo no solo chamado de ponto de murcha permanente (VEIHMEYER; HENDRICKSON, 1928). A partir desse ponto, as plantas murcham, cessam a transpiração e não absorvem água do solo, acarretando reduções no crescimento e morte da planta, caso o suprimento hídrico não seja reestabelecido (SACK et al., 2003).

Solos argilosos, apresentam uma maior amplitude de água disponível do que solos arenosos, pois possuem uma maior capacidade de campo; no entanto, também

possuem como característica, rápido aumento na tensão de retenção de água conforme reduz o volume de água no solo. Assim, conforme um solo argiloso seca, a força necessária para absorção de água pelas plantas aumenta mais rapidamente (em conteúdos volumétricos de água maior) do que em solos com maiores concentrações de areia.

O ponto de perda de turgor varia entre as plantas e, no caso de espécies arbóreas tropicais, considerando a média das espécies avaliadas na revisão de Bartlett et al. (2012), esse ponto é atingido em potenciais hídricos médios de -1,44 Mpa. Um Latossolo Amarelo Distrófico, na Amazônia Central, com teores de argila de 59% na camada superficial (0 - 12 cm) e 62% na camada subsuperficial (12 - 45 cm) apresenta um conteúdo volumétrico de água variando de 0,27 m³ m⁻³ a 0,3 m³ m⁻³ na tensão de -1,5 Mpa, ponto de murcha permanente (MARQUES et al., 2004).

Ao quantificar a influência da textura na retenção da água do solo, Klein et al. (2010) concluíram que um aumento do teor de argila de 294 g kg⁻¹ aumentou em 0,1g g⁻¹ o conteúdo relativo de água no ponto de murcha permanente. Portanto, em solos mais argilosos, espécies arbóreas perdem o turgor de suas folhas em conteúdo de água no solo maiores, quando comparados com solos arenosos. A perda de turgor, *a priori*, pode levar à redução da fotossíntese, metabolismo primário do vegetal, por conta do fechamento dos estômatos e conseqüentemente na redução do crescimento (BARTLETT et al., 2012).

Ao reunir as informações de variação na textura do solo ao longo da topossequência (Figura 3), heterogeneidade do crescimento de *A. rosaeodora* ao longo desse gradiente, associação do crescimento da espécie com a textura do solo e evidências da literatura, pode-se hipotetizar que a disponibilidade hídrica distinta entre as posições na topossequência afetaram o crescimento das mudas ao longo dos 32 meses após o plantio. Convém destacar que o plantio avaliado no presente estudo recebe irrigação durante o período de baixa precipitação, o que pode ter amenizado o efeito do estresse hídrico sobre a mortalidade; porém, não neutralizou as conseqüências sobre o crescimento das mudas.

A maior concentração de argila também pode influenciar a capacidade de infiltração da água de irrigação no solo. Esse fenômeno foi observado em campo pelo agrônomo, sócio da Fazenda, Sergio Souza. Estudos mais detalhados sobre a resistência ao estresse hídrico de *A. rosaeodora*, testes em maiores amplitudes de textura do solo e outras propriedades físicas (e.g. infiltração de água no solo) devem

ser realizados para adicionar evidências às hipóteses levantadas com essa pesquisa preliminar.

5. CONCLUSÕES

A textura do solo varia conforme mudanças na altitude do terreno em um plantio de *Aniba rosaeodora*, no município de Itacoatiara, Amazonas. Nessa ocasião, e em outras reportadas na literatura, o solo da região, nas camadas superficiais e subsuperficiais, são mais argilosos com o aumento na altitude do terreno e, conseqüentemente, mais concentrados em areia nas partes baixas da topografia.

O estabelecimento inicial de *Aniba rosaeodora* em um plantio de produção no município de Itacoatiara, Amazonas, é caracterizado pela elevada mortalidade (>30%) e necessidade de replantio. O plantio caracteriza-se por um crescimento similar ao observado em outros municípios amazonenses. Contudo, o plantio apresenta elevada variação no crescimento entre as árvores.

A variação no crescimento das árvores de *Aniba rosaeodora* está associada com a textura do solo ao longo do gradiente topográfico no qual o plantio está estabelecido. As características dendrométricas da espécie estão associadas com a concentração de areia e argila nas camadas superficiais e subsuperficiais do solo. Quanto maior a concentração de areia nessas camadas, maiores são os parâmetros de crescimento.

As conclusões reportadas neste estudo, embora sejam fruto de resultados preliminares, são fortes evidências de que a *Aniba rosaeodora* apresenta preferência para determinados sítios de plantio. Portanto, evidências adicionais, com novos experimentos, devem ser adicionadas ao conhecimento acerca da silvicultura da espécie para determinação dos melhores sítios de plantio e tratamentos silviculturais.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil, **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ARAÚJO, M.H.T.; SAMPAIO, P.T.B.; VIEIRA, G.; SPIRONELLO, W.; USECHE, F. L. BRUNO, F.M.S. Sobrevivência e crescimento de plantas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em clareiras artificiais abertas em capoeiras. In **VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas** - SINRAD, Curitiba, PR, 2005.
- BAPTISTA, J.; LEVIEN, R. Métodos de Preparo de Solo e sua Influência na Erosão hídrica e no Acúmulo de Biomassa da parte Aérea de *Eucalyptus saligna* em um Cambissolo Háplico da Depressão Central do Rio grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.4, p.568, 2010.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Arvore**, v.27, n.5, p.635-646, 2003.
- BERTONI, J.; LOMBARDI, N. F. **Conservação do solo**. 6 ed., São Paulo, p. 355, 2008.
- CAMARGO, J. L. C. FERRAZ, 1. D. K. Notas taxonômicas e morfológicas de *Aniba rosaeodora* Ducke: INPA, 2016.
- CONTIM, L. A. S.; CONTIM, L. S. R. A tecnologia produtiva do pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke.) aliada ao desenvolvimento sustentável na região amazônica. *Inclusão Social*, Brasília, v.12, n.1, p.199-207. 2018.
- COSTA, J. B. P.; NETO; E. V.; PINHEIRO, T. G.; MUNIN, R. L. Estrutura etária de duas espécies de palmeiras em uma floresta de terra firme na Amazônia Central. 2020.
- CHAAR, J. da S. Estudos analíticos e modificação química por acetilação do linalol contido no óleo essencial da espécie *Aniba duckei* Kostermans. **Tese de Doutorado**, Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, São Paulo. p. 125, 2000.
- DESCONCI, D. Biomassa e alocação de nutrientes em plantios comerciais de Pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia central. Dissertação (Mestrado), INPA, Manaus, 2016.
- DEXTER, A.R. Soil Physical Quality Part 1. Theory, Effects of Soil Texture, Density, and Organic Matter, and Effects on Root Growth. 120. pp. 201-214, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.geodermaa.2003.09.005>. EMBRAPA. Brazilian Agricultura! Research Corporation, 2006. Brazilian System of Soil Classification, 2nd ed. Center National for Soil Research, Rio de Janeiro, pp. 306 (in Portuguese).
- EMBRAPA. Manual de métodos de Análise de solo. EMBRAPA-CNPq, Rio de Janeiro-RJ, 2. Ed., p. 212, 1997.

FELSEMBURGH, C. A. Empreendedorismo e inovação na engenharia florestal Ponta Grossa, PR, Atena Editora, Cap. 4, 2019.

FERRAZ, J. B. S.; OHTA, S.; SALES, P. C. de. Distribuição dos Solos Ao Longo de Dois Transectos Em Floresta Primária Ao Norte de Manaus (Am). **Pesquisas Florestais para a Conservação da Floresta e Reabilitação de áreas Degradadas da Amazônia**, pg. 109-143, 1998.

FERRAZ, J., BARATA, L. E., SAMPAIO, P. D. T., GUIMARÃES, G. P. Perfumes da floresta Amazônica: em busca de uma alternativa sustentável. **Ciência e Cultura**. 61(3): 40-43, 2009.

FONSECA, G. C. Análise da sobrevivência e desenvolvimento de mudas de Pau-Rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em clareiras Artificiais. **Dissertação** (Mestrado), Universidade do Estado do Amazonas - UEA, 2007.

GALVÃO, M. S. Dinâmica espacial e sazonal da composição isotópica do CO₂ respirado pelos solos de uma Floresta Primária na Amazônia Central. **Dissertação** (Mestrado) - INPA/UFAM, 2005.

GONÇALVES, J. F. de C. et ai. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 3, p. 325-334, 2005.

GUEDES, A. V. Influência de características edáficas na seletividade ambiental de espécies arbóreas ao longo de um gradiente topográfico em floresta de terra firme na Amazônia central. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, 2016.

HILLEL, D. Soil and water. Physical principles and processes. New York, Academic Press, 288p,1971.

HOMMA, A. K. O. O extrativismo do óleo essencial de pau-rosa na Amazônia. Embrapa Amazônia **Oriental-Documentos** (INFOTECA-E). Belém. 32 p. 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 03 set. 2012.

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

KLEIN, V. A. et ai. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1550-1556, 2010.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Ed. Universidade de Passo Fundo. 3º edição, 2014.

KRAINOVIC, P. M. Plantios de pau-rosa (*Aniba rosaeodora ducke*) estabelecidos em áreas com histórico de uso por atividades agrícolas e pecuárias. Cap. li Biomassa da copa de pau-rosa (*aniba rosaeodora ducke*), visando a produção óleo a partir de galhos e folhas. **Dissertação de mestrado** Instituto Nacional De Pesquisas Da Amazônia - Inpa Programa De Pós-Graduação Em Ciências De Florestas Tropicais Manaus-Amazonas, abril, p. 66, 2011.

KRAINOVIC, P. M., BASTOS, R. P., ALMEIDA, D. R. de., NEVES JUNIOR, A. F., SAMPAIO, P. de T. B., SOUZA, L. A. G. de., FALÇÃO, N.P.de. Effect of rosewood plantation Chronosequence on soil attributes in Central Amazonia." *Geoderma* 357 (January): 113952, 2020.

LARA, C. S. COSTA, C. R., SAMPAIO, P. T. B. O mercado de sementes e mudas de pau-rosa (*Aniba* spp.) no Estado do Amazonas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 2001. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.221035>

LEITE, A. M. C.; QUISEN, R. C.; SAMPAIO, P. T. B. Pau-Rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke Lauraceae): Informações sobre o Sistema de Plantio e o Manejo Sustentável da Espécie. **Embrapa Amazônia Ocidental, documentos 13**. Manaus-AM: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, p. 20, 2001.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p. 277-294, 1985.

LUPE, F.A. Estudos da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia, **Dissertação** (Mestrado em química na Área de Química Orgânica) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MAIA, J.G.S.; ANDRADE, E.H.A.; COUTO, H.A.R.; SILVA, A.C.; MARX, F.; HENKE, C. Plant sources of Amazon rosewood oil, **Química Nova**, v. 30, p. 1906-1910, 2007.

MAGALHÃES, L.M.S. & ALENCAR, J.C. Fenologia de pau-rosa (*Aniba* Ducke Kostermans), Lauraceae, em floresta primária na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, 9(2): 227-232, 1979.

MARQUES, J. D. de O. et ai. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo, na região Amazônica. **Acta amazônica**, v. 34, p. 145-154, 2004.

MARQUES, J. D.O. et ai. Carbono Orgânico em Solos Sob Floresta na Amazônia Central. **Anais** do Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, ISBN nº978-85-67562-01-8, Salvador-Bahia, 2013.

MATOS, D. C. Fertilidade do solo e estado nutricional de pau-rosa em função do ciclo de cultivo e densidades populacionais. **Dissertação** (Mestrado). INPA, Manaus, 2015.

MAY, P.H.; BARATA, L.E.S. Rosewood exploitation in the brazilian amazon: options for sustainable production. *Economic Botany* 58(2): 257-265, 2004.

MORAIS, J. W; FIGUEIRA, J. A. M; SAMPAIO, P. de T. B. Eficiência de inseticidas no controle de pragas em sementes e mudas de Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em viveiros, Manaus, Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 533-538, 2009.

MORALES, C. A. S. Preparas E Atributos Físicos De Solos Para Plantio De Eucalipto. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal De Santa Maria Centro De Ciências Rurais Programa De Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Santa Maria, RS-Brasil, p.39,2014.

NETA, E. da F. B; NISHIWAKI, E. Variações sazonais na ciclagem de nutrientes em uma floresta da Amazônia central. **Brazilian Applied Science Review**. ISSN 2595-3621, Curitiba, v. 2, n. 5, p. 1747-1759, out./dez. 2018.

OHASHI, S. T.; ROSA, L. dos S. Pau-rosa - *Aniba rosaeodora* Ducke. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**, (4). p. 2, 2004.

PANCEL, L; KÖHL, M. (Ed.). Tropical forestry handbook. Springer, p. 3633,2016.

PERIN, R. et ai. Alterações Física e Químicas em Solos de Textura muito Argilosa na Amazônia Central em Sistemas de integração lavoura-Pecuária-Floresta. Seminário Produtividade Agropecuária e Benefícios Socioambientais das Pesquisas da Embrapa Amazônia Ocidental. **Anais**, Manaus, 2011.

PRANCE, et ai. Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme km 30 da Estrada Manaus - Itacoatiara, **Acta Amazônica** 6(1): 9-35. 1976

QUINET, A. et ai. Lauraceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro,2014.

ROSA, L. S. et ai. Crescimento e sobrevivência de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) oriundas de três procedências, em função de diferentes níveis de sombreamento, em condições de viveiro. **Boletim**. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, v. 28, p. 37- 62, 1997.

SACK, L; COWAN, P.D; JAIKUMAR, N; Holbrook, **N.M.** The hydrology of leaves: coordination of structure and function in temperate woody species. *Plant Cell Environ.*, 26, 1343-1356,2003

SAMPAIO, P.T.B. Pau-rosa *Aniba rosaeodora* Ducke. In: Biodiversidade Amazônica: exemplos e estratégias de utilização. Por Clay, J.W.; Sampaio, P.T.B. Clement, C.R. 1.Ed. Manaus: **Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico**. 2000.

SAMPAIO, P. T. B.; LEITE, A.; QUISEN, R. "Conservação e utilização de populações naturais de *Aniba rosaeodora* (pau-rosa) no estado do Amazonas". Relatório final Prodetab". Projeto 008/01-98. 2002.

SAMPAIO, P.T.B.; BARBOSA, A. P.; VIEIRA, G.; SPIRONELLO, W. R.; FERRAZ, 1. D.K.; CAMARGO, J. L.C.; QUISEN, R. C. Projeto Jacaranda Fase 11: Pesquisas Florestais na Amazônia Central. Cap. 13. **Silvicultura do Pau Rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke)**, 2003

SAMPAIO, P.T.B.; FERRAZ, 1. D. K.; CAMARGO, J. L. C. Pau-rosa, *Aniba rosaeodora* Ducke. In: FERRAZ, 1. D. K. (coord.). **Manual de Sementes da Amazônia**. Manaus: INPA, p.5, 2003.

SAMPAIO, P.T.B.; BARBOSA, A.P.; VIEIRA, G.; SPIRONELLO, W.R.; BRUNO, F.M.S. Biomassa da rebrota de copas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em plantios sob sombra parcial em floresta primária. **Acta Amazônica** 35 (4): p.491-494, 2005.

SAMPAIO, P.T.B. et ai. Uso e Conservação do pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). EDUA, 164 p. 2016.

SANTANA, J. A. da S. Distribuição Espacial da Regeneração Natural de *Aniba rosaeodora* Ducke (Pau Rosa). **Revista Ciência Agrária**, Belém, nº33, p. 37-48, jan/jun, 2000.

SILVA, V. R. da. Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. p.66,2003.

SOUZA, J. S. de. Dinâmica espacial e temporal do fluxo de CO₂ do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central. **Dissertação** (mestrado). INPA/UFAM, 2004.

SOUZA, P. F. de. Florística, distribuição e diversidade beta da comunidade arbórea ao longo do gradiente ambiental hídrico em uma floresta de terra firme no interflúvio Purus-Madeira, Amazônia Central. **Dissertação** (mestrado), INPA, Manaus, 2012.

SOUZA, A. S. de. Compreendendo os Efeitos de Características Topoedáficas sobre a Produtividade do sítio em plantios de *Bertholletia excelsa* Bonpl. no Amazonas. **Dissertação** (Mestrado), INPA,2020.

SUDAM. Pesquisas e informações sobre espécies florestais da Amazônia. Departamento de Recursos Naturais, Superintendência para o Desenvolvimento da Amazônia. Belém, 1979

SPIRONELLO; W.R., SAMPAIO; P. de T. B. TELES, B.R. Produção e predação de frutos em Aniba rosaeodora Ducke var. Amazônica Ducke (Lauraceae) em sistema de plantio sob floresta de terra firme na Amazônia Central. **Acta bot. bras.** 18(4): 801-807. 2004

TAIZ, L. et ai. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TAKEDA, P.S. Avaliação de biomassa e óleo de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (Aniba rosaeodora Ducke) em plantios comerciais submetidos à poda e adubação. **Dissertação de mestrado**, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM. p.87,2008.

USECHE, F. L. Estabelecimento e Desenvolvimento Inicial De Plântulas De Aniba Rosaeodora Ducke. Em Clareiras Artificiais. **Dissertação de Mestrado**. INPA-UFAM, Manaus- Am, 2003.

VIANA, C. A. dos S *et ai*. **Plantas da Amazônia**: 450 espécies de uso geral / Mary Naves da Silva Rios, Floriano Pastore Jr., organizadores. Brasília: Universidade de Brasília, Biblioteca Central, p.3140, 2011.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de Pinus taeda L. em Cambará do Sul, RS. **Revista Árvore**:35(3): 371-379, 2011.

VEIHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. (Soil moisture at permanent wilting of plants. Plant Physiol., 3, 355-357)1928.

ZUFFO, A.M.; STEINER, F. Elementos da natureza e propriedades do solo - Vai. 4. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.