

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA
PARA A AMAZÔNIA - CITA**

**DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL DO MOGNO
(*SWIETENIA MACROPHYLLA KING*), EM ÁREA MANEJADA
NA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL**

QUÉTILA SOUZA BARROS

**RIO BRANCO-ACRE
2016**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E
PÓS-GRADUAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA A
AMAZÔNIA



DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL DO MOGNO (*SWIETENIA MACROPHYLLA KING*), EM ÁREA MANEJADA NA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL

QUÉTILA SOUZA BARROS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**.

Área de Concentração: Ciência e Inovação Tecnológica

Orientador _____
Dr. Marcus Vinício Neves d' Oliveira

Rio Branco – Acre
Março de 2016

UNIVERSIDA FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA
PARA A AMAZÔNIA

QUÉTILA SOUZA BARROS

**DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL DO MOGNO
(*SWIETENIA MACROPHYLLA KING*), EM ÁREA MANEJADA
NA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL**

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: //

Dr. Marcus Vinício Neves d' Oliveira

(Orientador)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Prof. Dr. Thiago Augusto da Cunha

Universidade Federal do Acre

Dr. Evandro Orfanó Figueiredo

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e melhores amigos Antonio Hugo e Maria Eliana, pelo amor e apoio em todas as circunstâncias.

AGRADECIMENTOS

À Deus por mais essa caminhada.

A minha família pelo amor e apoio incondicional.

A todos os amigos que me ajudaram e torceram por mim.

A meu orientador Marcus Vinício Neves d' Oliveira pelos conhecimentos transmitidos e empenho para que todas as fases da pesquisa fossem executadas da melhor forma possível.

Ao Msc. Luís Claudio de Oliveira pela inestimável colaboração no desenvolvimento do trabalho.

A Anelena Carvalho, pelos conselhos e ajuda tanto na coleta de dados, quanto no processo de escrita da dissertação.

A Embrapa-Acre por todo o apoio logístico na execução da pesquisa.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos e financiamento da pesquisa.

Aos ajudantes de campo da Embrapa-Acre e amigos Airton, Aldeci e Freire, minha eterna gratidão.

Aos moradores do Antimary, os quais sempre nos receberam muito bem.

Ao professor Dr. Thiago Augusto da Cunha pelas dicas ao trabalho.

A Jordana Riss pela amizade e incentivo em todos os momentos.

A Robert Thompson pela colaboração para realização do trabalho e palavras de incentivo.

Aos colegas da Embrapa-Acre pelos bons momentos.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão dessa etapa.

Não haverá borboletas, se a vida não
passar por longas e silenciosas
metamorfoses.

Rubem Alves

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo geral analisar a dinâmica de regeneração natural do mogno (*Swietenia macrophylla* King) em uma área explorada seletivamente na Floresta Estadual do Antimary-Acre. Foram estudados cinco ambientes floresta não perturbada, trilhas de arraste, pátios de estocagem, bordas e leitos de estradas. Foram selecionadas 20 matrizes para o estudo, em torno delas foram instalados 4 transectos de 40 x 5 m partindo da base de cada uma nos quadrantes Norte, Sul; Leste e Oeste. Foram identificadas e estudadas as trilhas, pátios e estradas próximas das matrizes. Em todos os ambientes, foram plaqueteadas e medidas todas as plântulas encontradas. Foram calculadas as taxas de ingresso, mortalidade e crescimento. As variáveis morfométricas área de projeção da copa e altura foram obtidas a partir do modelo de altura do dossel gerado a partir de dados LIDAR. Em todos os ambientes foram realizadas análises químicas do solo. Os principais resultados foram: i. O maior número de plântulas foi encontrado na floresta não perturbada (86,9%); ii. As distâncias de 0-15 m da matriz concentraram o maior número de plântulas; iii. O número de plântulas aumentou conforme acréscimo na área da copa das matrizes e altura; iv. As variáveis distância e DAP também tiveram efeito no total de plântulas por ambiente; v. Embora não tenha sido encontrada diferença estatística, a direção influenciou a densidade de plântulas que foi maior no quadrante Oeste (36,1%); vi. A mortalidade foi maior nas trilhas (67,3%) e a sobrevivência nos pátios (75 %) e leitos de estradas (80%); viii. Na floresta houve maior percentual de ingressos (20,2%). ix. As médias de pH H₂O, K, P, M.O e C.O foram menores na floresta; ix. O crescimento das plântulas foi melhor nas faixas mais distantes da matriz. Entre as principais conclusões: houve efeito de ambiente no total de plântulas, sem efeito observado da direção, nos leitos e pátios as plântulas tiveram melhor estabelecimento, a ausência de luz foi um fator determinante para alta mortalidade, o crescimento em altura no ambiente de floresta não perturbada foi lento.

Palavras chave: Sucessão florestal, Ingresso, Mortalidade, Crescimento de plântulas

ABSTRACT

The main objective of this work was to study the seed dispersion, growth and survival of *Swietenia macrophylla* King (Mogno) seedlings in a selectively logged area in the Antimary State Forest – Acre. Five environments (undisturbed forest; skid trails; log landings, roads edges and roads bed) were studied. 20 seed trees were selected to the study, around them, from the tree base, four 40 X 5 m transects were established following the quadrants north, south, east and west. Skid trails and roads close to the selected seed trees were identified and along them 40 m transects established. Log landings close to the seed trees were also identified and the *S. macrophylla* natural regeneration studied in 20 X 20 m plots. In all studied environments all *S. macrophylla* seedlings found were tagged and measured. Growth, recruitment and mortality rates were calculated along two years. The morphometric variables tree height and crown area were obtained from a canopy height model generate through lidar data processing. In all environments soil physicochemical analyses were performed at three different deeps. The most important results were: i. most of the seedlings (86.9%) were found in the undisturbed forest; ii. the highest seedling concentration was found between 0 and 15 m from the seed tree base; iii. tree height, DBH and crown area influenced seedlings density; iv. although no statistical differences could be found, direction influenced seedling density which was higher in the West quadrants; v. mortality rates were lower on the roads bed (80%); vi. ingrowth rates were higher in the undisturbed forest; vii. soil analyses reveled the means for pH, O.M. and O.C. were smaller in the undisturbed forest; viii. soil density and humidity did not varied among environments; ix. growth was not influenced by seed tree distance or environment. The main conclusion was that the distance from the seed trees explained the seedlings density differences among environments, mortality rates were high in all studied areas and the landings provided the best habitat to the seedlings establishment.

Keywords: Forest succession; Recruitment; Mortality; Seedlings growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ocorrência natural do mogno na América do Sul.....	6
Figura 2- Localização da Floresta Estadual do Antimary	17
Figura 3- Localização das matrizes de <i>S. macrophylla</i> selecionadas para o estudo de dinâmica de regeneração natural dentro do talhão de exploração na Floresta Estadual do Antimary-Acre	19
Figura 4- Esquema de delimitação das árvores matrizes de <i>S. macrophylla</i> na floresta não perturbada, na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....	20
Figura 5 -A. Georreferenciamento da árvore matriz de mogno. B. Mensuração da circunferência da matrizes	21
Figura 6- A, B, C e D ilustração do levantamento das plântulas de <i>S. macrophylla</i> na Floresta Estadual do Antimary-Acre, no período de 2014-2015	23
Figura 7- Modelo de altura do dossel do talhão de exploração da UPA de 2013 na Floresta Estadual do Antimary, utilizado para obtenção da área de projeção da copa (m ²) e altura total (m) das matrizes de <i>S. macrophylla</i>	24
Figura 8- Esquema de isolamento da copa da árvore matriz de <i>S. macrophylla</i> no Arcgis 10.1	25
Figura 9- Visualização da árvore em 3D no programa Fusion	26
Figura 10- Regressão para o efeito da distância (m) sobre o número de plântulas <i>S. macrophylla</i> por ambiente (floresta, trilhas, pátios, bordas e leitos das estradas) no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....	38
Figura 11- Regressão para o efeito da área de projeção da copa (m ²) sobre o número de plântulas <i>S. macrophylla</i> por ambiente (floresta, trilhas, pátios, bordas e leitos das estradas) no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary -Acre	40
Figura 12 - Regressão para o efeito da altura total (m) sobre o número de plântulas <i>S. macrophylla</i> por ambiente (floresta, trilhas, pátios, bordas e leitos das estradas) no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary -Acre.....	42
Figura 13- Percentual de plântulas <i>S. macrophylla</i> recrutadas, sobreviventes e mortas observadas nos transectos instalados ao redor das árvores matrizes (n=20), seguindo as orientações Norte, Sul, Leste e Oeste no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....	45
Figura 14- Percentual de plântulas de <i>S. macrophylla</i> recrutadas, sobreviventes e mortas observadas nas parcelas experimentais nos ambientes de flo-esta, trilhas, pátios, bordas e leitos de estrada no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre	48

Figura 15 - Comportamento do fósforo entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre	51
Figura 16- Comportamento da matéria orgânica entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....	51
Figura 17- Comportamento do carbono orgânico entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....	52
Figura 18- Regressão para o crescimento em altura (mm) das plântulas de <i>S. macrophylla</i> de acordo com a distância e orientação (N, S, L, O) no ambiente de floresta não perturbada no ano de 2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....	55
Figura 19- Comportamento do cálcio entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre	56
Figura 20- Comportamento do magnésio entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, para efeito do ambiente (floresta, trilha, pátio, borda e leito de estradas) e da origem geográfica (Norte, Sul, Leste e Oeste) no total de plântulas, ingresso, mortalidade, sobrevivência e crescimento de *S. macrophylla* no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....30

Tabela 2-Teste F para o efeito do ambiente e covariáveis DAP (cm), altura (m), área de copa (m²) e distância (m) sobre o número de plântulas *S. macrophylla* por ambiente (floresta, trilha, pátio, borda e leito de estrada), no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre.....32

Tabela 3-Teste covariância de Fisher para o número de plântulas de *S. macrophylla* por ambiente (floresta, trilha, pátio, borda e leito de estrada), com a utilização das covariáveis DAP, altura, área de projeção da copa e distância no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre33

Tabela 4- Análise descritiva para regeneração, mortalidade e sobrevivência de plântulas de *S. macrophylla* por ambiente (borda, floresta, trilha, pátio, leito) no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre36

APÊNDICES

Apêndice 1- Quadro número de plântulas mensuradas, sobreviventes e mortas por ambiente e matriz.....	71
Apêndice 2- A. Quadro. Variáveis morfométricas (Altura, Área de projeção da copa) e número de plântulas produzidas por matriz.....	72
Apêndice 2- B Tabela. Valores médios, máximos e mínimos de DAP, altura e Área de projeção da copa.....	72
Apêndice 3 - Quadros de comparação das médias dos componentes químicos entre os ambientes.....	73
Apêndice 3 A –Fósforo (P)	73
Apêndice 3 – B Matéria orgânico (M.O)	73
Apêndice 3- C Carbono orgânico (C.O)	74
Apêndice 3 D –Potássio (K)	74
Apêndice 3 E –Magnésio (Mg)	75
Apêndice 3 F –pH ₂ O.....	75
Apêndice 4 – Quadros de comparação das médias física do solo.....	76
Apêndice 4 A –Densidade.....	76
Apêndice 4 B –Umidade.....	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
2.1 Geral.....	9
2.2 Específicos:.....	9
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 Descrição geral da espécie	11
3.2 Densidade populacional do mogno	12
3.3 Produção e dispersão das sementes.....	13
3.4 Dinâmica de regeneração natural da espécie	15
3.4.1 <i>Recrutamento e mortalidade</i>	15
3.4.2 <i>Crescimento</i>	17
3.4.3 <i>Influência do ambiente na dinâmica de regeneração</i>	17
3.5 Ataque por pragas	20
3.6 Conservação e manejo.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Caracterização da área de estudo	26
4.2 Descrição da área do manejo	27
4.3 Delineamento amostral	18
4.4 Análises Estatísticas	27
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1. Influência do ambiente na dinâmica de regeneração	29
5.2 Efeito da distância no número de plântulas de <i>S. macrophylla</i>	47
5.3 Efeito da área de projeção da copa e da altura total no número de plântulas de <i>S. macrophylla</i>	39
5.4 Recrutamento, sobrevivência e mortalidade de plântulas de <i>S. macrophylla</i> em função da direção	53
5.5 Recrutamento, sobrevivência e mortalidade de plântulas de <i>S. macrophylla</i> em função do ambiente.....	56
5.6 Comportamento físico-químico do solo por ambiente.....	59
5.7 Crescimento das plântulas em altura	62
6. CONCLUSÕES.....	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1. INTRODUÇÃO

As florestas localizadas em áreas tropicais representam a parte com maior biodiversidade florística em termos de ecossistemas florestais, sendo descritas pela elevada ocorrência de espécies arbóreas, altos índices de produtividade primária e elevadas quantidades de biomassa, por conta das condições edáficas (MACHADO, 2010). Conciliar o uso sustentável dos recursos florestais com a conservação desses ecossistemas, tornou-se um dos gargalos ao desenvolvimento dos países. Assim como os debates sobre a biodiversidade e as alterações climáticas, os empasses sobre o abastecimento do mercado de madeira tropical, permeiam sobre a Amazônia, visto que a região concentra as maiores reservas florestais tropicais do planeta, com cerca de 300 milhões de hectares de florestas (HIGUCHI et al., 2010).

O manejo florestal sustentável para exploração madeireira, tem se mostrado uma boa alternativa, levando em consideração o planejamento e o emprego de técnicas adequadas que permitam uma produção contínua, com redução do desperdício da madeira (ANGELO et al., 2014). Essa atividade é considerada a principal atividade econômica que pode proporcionar a conservação das florestas, permitindo o desenvolvimento sustentável em ambiente de florestas nativas, seja a nível global, regional ou local (ROTTA, MICOL e SANTOS, 2006).

Em termos econômicos (*Swietenia macrophylla* King), é uma das essências florestais madeireiras mais importantes presentes em florestas tropicais (GROGAN et al., 2005; GROGAN et al., 2014). O mogno é uma das espécies com maior valor comercial da região tropical (MEXAL et al., 2002; INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION-ITTO, 2014; RODRÍGUEZ- MORELOS et al., 2014). Esta espécie ocorre naturalmente com baixa densidade populacional menos de um indivíduo por hectare (MARENCO, GONÇALVES e VIEIRA, 2001). Estima-se que tenha restado somente 20% dos estoques de mogno na América do Sul (GROGAN et al., 2010).

Esta situação criou a oportunidade para a União internacional para Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais-IUCN incluir o mogno na lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção pela União Internacional para Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais-IUCN (World Conservation

Monitoring Centre,2015). Sendo que nesse mesmo ano, a exploração foi suspensão em toda Amazônia brasileira através do Decreto nº 2.687 (BRASIL,1998).

Existe um forte movimento para diminuir a comercialização de madeira da espécie, em 2003, passou a ser exigido que os países produtores de madeira de mogno, garantissem que as taxas e procedimentos de extração fossem sustentáveis (MEDINA et al., 2014). Nesse mesmo ano no Brasil, a exploração de mogno de qualquer natureza foi suspensa pelo período de 150 dias, através do Decreto 4.593 até que fossem estabelecidos pelos órgãos competentes critérios para exploração sustentável da espécie (BRASIL,2003). Esses critérios foram estabelecidos no Decreto nº 4.722 que institui que todos os planos de manejo que continham exploração de mogno deveriam ser reformulados, e que a mesma só seria permitida mediante técnicas de manejo florestal sustentável (BRASIL,2003).

Embora os movimentos para conservação do mogno tenham sido iniciados em meados da década de 90, e no final dessa década e inícios dos anos 2000, o Brasil tenha passado a formular medidas que garantissem a exploração sustentável da espécie, somente em 2008 o mogno foi inserido na lista das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, pela Instrução Normativa nº 16 (BRASIL,2008), sendo também protegido por lei na Bolívia (GROGAN et al., 2014). A portaria nº 443 estabeleceu que espécies consideradas vulneráveis como *S. macrophylla* , estavam proibidas de coleta, corte, transporte, armazenamento, manejo, beneficiamento e comercialização (BRASIL,2014).

No entanto, a Instrução Normativa nº 1, permite a aprovação de planos de manejo florestal sustentável na Amazônia, que contenham espécies constantes na lista da flora brasileira ameaçadas de extinção na categoria vulneráveis, entre elas o mogno, desde que sejam estabelecidos os seguintes critérios: manutenção de pelo menos 15% do número de árvores por espécie na área de exploração da Unidade de Produção Anual (UPA), respeitando o limite mínimo de manutenção de quatro árvores por espécie por 100 hectares, manutenção de todas as árvores das espécies cuja abundância de indivíduos com DAP superior ao diâmetro mínimo de corte (DMC) seja igual ou inferior a quatro árvores por 100 ha (BRASIL,2015).

Essa decisão baseada na baixa densidade populacional e na extração predatória, vem sendo alvo de debates para definir diretrizes para manejar sustentavelmente a espécie. Um primeiro passo seria estudar os padrões de

regeneração natural do mogno, em florestas nativas (BARROS et al., 2011). Outro seria estudar a ecologia de sementes e plântulas é primordial para compreensão da regeneração natural das espécies arbóreas tropicais, visto que nesta fase que os fatores bióticos e abióticos, definem a abundância e riqueza populacional das espécies (MOSTACEDO e FREDERICKSEN, 2001). Justificado principalmente para espécies em risco de extinção, corroborando para sua manutenção ecológica (NORGHAUER,2011). Para espécies como a *S.macrophylla*, a fase de estabelecimento das plântulas é crucial para o seu ciclo de vida, pois nesses período comumente ocorre pouca disponibilidade de luz e elevada predação, que são as principais causas de mortalidade em juvenis (GROGAN et al., 2014).

Por outro lado, o efeito da exploração seletiva na recuperação da população em florestas tropicais e no rendimento futuro da madeira para espécies de alto valor comercial, são desconhecidos pela falta de informação da germinação da semente à senescência (GROGAN et al., 2014). Poucos estudos nessa área foram relacionados ao tema, como por exemplo, Gullison et al., (1996) na Bolívia; d' Oliveira (2000), no Acre; Grogan et al., (2005); Grogan e Galvão (2006), no Pará e Gutiérrez- Granados, Juárez e Alcalá, (2011), no México.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral: avaliar a dinâmica de ocorrência natural do mogno (*Swietenia macrophylla* King), em fase de plântulas em área de manejo florestal na Floresta Estadual do Antimary-Acre.

2.2 Específicos:

- Determinar o efeito da distância e da orientação cardinal (Norte, Sul, Leste e Oeste) na ocorrência de plântulas com relação a árvore matriz;
- Determinar a taxa de recrutamento, sobrevivência e mortalidade das plântulas por orientação cardinal (Norte, Sul, Leste e Oeste) e por ambiente (estrada,trilha, pátio) e floresta não perturbada;
- Estudar o efeito do porte da árvore matriz (altura total, DAP e área de copa) na ocorrência de plântulas;
- Avaliar a influência da fertilidade do solo no crescimento das plântulas.

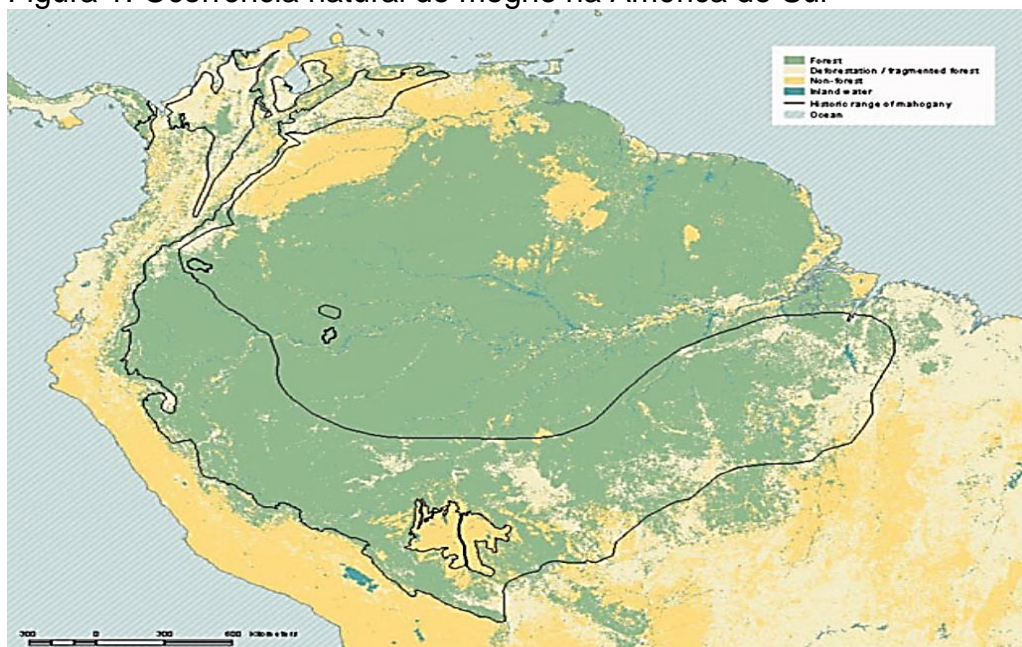
3. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi separada em seis tópicos: i. descrição geral da *Swietenia macrophylla* King (mogno); ii. a densidade populacional do mogno em florestas nativas; iii. produção e dispersão das sementes; iv. dinâmica de regeneração natural; v. Ataque por pragas; vi. Conservação e manejo.

3.1 Descrição geral da espécie

O mogno, pertence à família meliácea, com ocorrência em toda a América Latina, desde o México até o Brasil (RODRÍGUEZ e CÓRDOBA,2013; GÓMEZ e TORREZ,2007; BAIMA,2001; MORRIS, CASTILLO e MIZE,2000; COSTA et al., 1999), Figura 01.Trata-se de uma árvore de grande porte, que perde as folhas na estação seca (caducifólia), suas flores são brancas, e os frutos apresentam deiscência, as sementes são ovoides (RODRÍGUEZ E CÓRDOBA,2013). Uma matriz (porta semente) de mogno, pode produzir 50 ouriços, com cerca de 60 sementes cada um (MUNGUIA et al., 1949; GROGAN,2005).

Figura 1. Ocorrência natural do mogno na América do Sul



Fonte: Grogan et al., 2010

De acordo com a literatura a altura do mogno pode variar de 25 m (THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN,2015); 30 m (LORENZI,2002); 45 m (GÓMEZ e TORREZ,2007); a 70 m (CARVALHO,2007), com um diâmetro a altura do peito (DAP), que pode alcançar de 200 cm (GÓMEZ e TORREZ,2007) a 350 cm (RIBEIRO,2010). Pode ocorrer em diferentes condições edáficas, (BARROS et al., 2011). A incidência de mogno no Brasil está intimamente correlacionada com áreas de terra firme e planas próximo as nascentes de rios no sudoeste amazônico (GROGAN, BARRETO e VERÍSSIMO, 2002). Com ocorrência nos Estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso, Rondônia, Acre e Amazonas (LIMA JÚNIOR e GALVÃO, 2005). Ocorre em altitudes de 50-400 m, com precipitação anual em torno de 1500-4000 mm (LAMB, 1966).

3.2 Densidade populacional do mogno

A espécie tem um baixo potencial de regeneração natural (MARTÍNEZ,2011; BAIMA,2001). Apresenta um padrão de distribuição populacional, que a define como de ocorrência rara, a densidade populacional do mogno normalmente é extremamente baixa (menos de 1 ind.ha⁻¹). No entanto, na Guatemala foram encontrados 12 indivíduos adultos numa faixa de 1 ha (GROGAN, BARRETO e VERÍSSIMO,2002). Esse fenômeno de alta incidência de indivíduos de mogno maduros também foi observado em algumas áreas de floresta tropical do Panamá, Nicarágua, Guatemala, Belize e México, onde foram encontradas mais de 60 árvores ha⁻¹ (LAMB ,1966).

A ocorrência de árvores de mogno descrese em áreas onde a pluviosidade anual é considerada alta, em alguns locais a distribuição diamétrica de indivíduos exploráveis, com DAP superior a 50 cm chega a ser a metade das árvores ocorrentes antes da retirada da madeira, isso retrata que as florestas primárias podem apresentar um estoque significativo de indivíduos para extração futura (GROGAN, BARRETO e VERÍSSIMO, 2002).

Baseado em estudos realizados em três áreas florestais da Bolívia a distribuição diamétrica do mogno, foi irregular em todos os ambientes analisados (GÜNTER,1999). Na Amazônia peruana, em áreas consideradas com alta incidência da espécie, foram encontrados no máximo um indivíduo adulto a cada três hectares. Verificou-se ainda uma tendência de redução da população adulta do mogno, em alguns casos é encontrada uma árvore adulta a cada 10 hectares, com pouca presença de regeneração natural (MARMILLOD,2007).

Em pesquisa realizada em uma área no Estado do Pará foi verificada a ocorrência de cerca de 0,7 árvores por ha. Em outro levantamento realizado no mesmo Estado, desta vez em áreas ripárias, havia uma densidade maior, mais de 2 indivíduos por ha⁻¹ (GROGAN ,2001a). Nos estados do Acre e do Amazonas, a distribuição diamétrica do mogno não é regular, em uma área > 1000 h, existiam cerca de 110 árvores, divididas em 19 classes de diâmetro, com maior frequência de indivíduos na faixa de 120-129,9 cm de DAP, também houve número expressivo de indivíduos na faixa de diâmetro de 30 cm (GOMES e CARVALHO,2010). No estado do Pará, a distribuição por classe de diâmetro do mogno não é uniforme, varia muito conforme o ambiente em que as árvores estão inseridas. Foi encontrado em média 0,25 árvores ha⁻¹ com diâmetro mínimo de 30 cm, a ocorrência de plântulas foi muito rara (VERÍSSIMO et al., 1995).

3.3 Produção e dispersão das sementes

As sementes não apresentam dormência (MORRIS, CASTILLO e MIZE,2000). O desenvolvimento da semente é mais acelerado em florestas densas, assim como estabelecimento das mudas. Porém, os indivíduos juvenis só conseguem sobreviver em áreas de clareira, não muito distantes da árvore matriz (GROGAN, 2001 b). No México a dispersão das sementes ocorre entre os meses de fevereiro e março (MORRIS, CASTILLO e MIZE,2000).

Sementes coletadas em ambientes alterados na América Central, apresentaram qualidade inferior as de ambientes sem perturbação por exploração (BREED et al., 2012). Plântulas encontradas em ambiente de luz, apresentam tecidos mais resistentes, ao ataque de pragas e doenças pela maior produção de compostos fenólicos, se comparadas a indivíduos sob sombreamento (germinação em áreas de sub-bosque) (ABDALA-ROBERTS et al,2014).

Na Costa Rica foi identificado que as matrizes de mogno frutificam de julho a dezembro, sendo a melhor época para coleta dos frutos maduros entre dezembro e janeiro (RODRÍGUEZ e CÓRDOBA (2013). Em Tabasco no México foi encontrado um padrão de frutificação para o mogno de maio a agosto (GAONA et al. ,2007). Em Honduras os frutos abrem e são dispersados no fim do inverno (MENDIETA,ZAPATA e TOM, 1999). No Brasil, mas precisamente no Estado do Pará, em Curuá-Una, a frutificação da espécie ocorreu entre os meses de outubro e novembro. Já no sul do

Amazonas a frutificação aconteceu de julho a outubro, e a dispersão entre os meses de agosto a setembro (BARROS et al. 2011; CARVALHO,2007). No Acre e no Mato Grosso o mogno, frutifica entre os meses de julho a outubro (CARVALHO,2007). Na região de Yucatán no México, em meados de 2002, a estação chuvosa foi prolongada bem além do comum, aumentando também o período de dispersão das sementes (CAMARÁ-CABRALES e KELTY, 2009). O padrão fenológico (floração, frutificação e dispersão), da espécie podem diferir em função das condições climáticas (LIMA JÚNIOR e GALVÃO,2005; CAMARÁ-CABRALES e KELTY,2009)

Um dos fatores primordiais para conhecimento da ecologia do mogno é saber as dimensões da planta-mãe e sua produtividade, e como esses dois itens podem modificar as taxas de dispersão e densidade de indivíduos por área (NORGHAUER et al., 2011). Comparando a produção de frutos em três áreas de concessão florestal na Bolívia, os índices variaram de 1495 frutos. ha⁻¹ até 4.183 frutos. ha⁻¹(GÜNTER, 1999). Uma única árvore pode produzir até 600 frutos (GULLISSON et al., 1996). Em Marajoara no Pará, em uma área de aproximadamente 700 ha, foram levantadas mais de 5.000 sementes ao redor de 25 matrizes (NORGHAUER et al., 2011). Em outra região do Pará, durante o período de maior frutificação, a taxa de produção anual não foi superior 26,3%, menos de 9% das matrizes produziram mais de 100 frutos (GROGAN e GALVÃO,2006). A produtividade de frutos e sementes foi mais elevada em árvores de maior porte em diâmetro e altura (CAMARÁ-CABRALES e KELTY,2009).

Matrizes localizadas próximas a estradas em áreas de manejo apresentam uma produtividade maior, se comparadas às localizadas no interior das florestas, esse fato pode ser explicado pela incidência de luz lateral nas árvores encontradas nas bordas de estradas de arraste, supondo-se assim que a luz além de ser fator importante na emergência das plântulas, também tem influência direta na produção de ouriços e sementes (GULLISON et al., 1996).

Em áreas distintas, os resultados da literatura para o raio de dispersão das sementes de mogno foram: mínimas 10 m (NORGHAUER et al., 2011); médias 30 m árvores de maior porte e 22 m de menor (CAMARÁ-CABRALES e KELTY,2009); 32-26 m (GULLISON et al., 1996) e máximas 35-40 m (NORGHAUER et al, 2011) e 80 m (GULLISON et al., 1996). A densidade de plântulas tende a diminuir conforme, aumento da distância em relação a árvore matriz (NORGHAUER et al., 2011).

Aproximadamente 50% das sementes caíram no sentido Oeste, e a menor proporção à Leste (GROGAN e GALVÃO, 2006). A maioria das sementes de mogno foram dispersadas no sentido Oeste da matriz (NORGHAUER et al. 2011; NORGHAUER et al., 2015). No estudo houve uma maior proporção de propágulos de mogno no sentido Norte, denotando que os padrões de dispersão são fortemente influenciados pela direção dos ventos (GROGAN, BARRETO e VERÍSSIMO, 2002; CAMARÁ-CABRALES e KELTY, 2009).

Quanto à viabilidade das sementes, mais de 70% viáveis, cerca de 20% não desenvolvidas, 4% predadas e menos de 1% atacadas por pragas por fungos (CAMARÁ-CABRALES e KELTY, 2009). A maioria dos autores citados, (GROGAN e GALVÃO, 2006; NORGHAUER et al., 2011; NORGHAUER et al., 2015), levantaram que a maior parte das sementes caem a Oeste da matriz. Entretanto, cabe salientar que esse padrão vai depender do porte da árvore mãe e da direção dos ventos dominantes em cada local analisado.

3.4 Dinâmica de regeneração natural da espécie

3.4.1 Recrutamento e mortalidade

Foi avaliado a sobrevivência de plântulas de mogno, dentro da floresta fechada e em clareiras, ao término do estudo que durou 8 anos, no máximo 2% das mudas localizadas sob dossel fechado conseguiram sobreviver. A taxa de sobrevivência após o primeiro ano, em ambiente de floresta fechada, foi de 32,3% e após 7 menor que 2%. No ambiente de clareira, após o primeiro ano, houve uma taxa de sobrevivência superior a 70% (GROGAN et al., 2005).

As mudas de mogno, tem uma sobrevida em florestas naturais de no máximo 8 anos, quando localizadas próximo a árvore matriz, fato explicado pela competição com espécies secundárias, ataque por pragas (insetos e fungos), condições ambientais extremas de seca, e predação por animais silvestres, através do pisoteio (GROGAN et al., 2005).

As taxas de mortalidade, se mantém depois da fase germinativa, principalmente devido aos ataques sofridos pelas plântulas por agentes biológicos e falta de água, entre outros fatores. Mesmo que as mudas sobrevivam nas fases iniciais, o sombreamento em algum momento prejudicará seu estabelecimento

(GULLISSON e HUBBELL, 1992). Na Bolívia há uma falta de informações sobre os índices de mortalidade do mogno, os poucos dados existentes reportam que os indivíduos em classes de diâmetros baixas, não resistem até a fase adulta (GÜNTER, 1999). A taxa de sobrevivência das mudas até alcançarem o estágio adulto não ultrapassou 12% em ambientes naturais (FREE et al.,2014). Em quatro anos de acompanhamento do desenvolvimento de plântulas de *S. macrophylla* (2002-2006), 98% dos juvenis presentes no primeiro levantamento haviam morrido (VERWER et al., 2008). A maior taxa de mortalidade no ambiente de floresta, ocorreu no período de seca, no primeiro semestre após a germinação das sementes (GROGAN et al.,2003).

Os índices de recrutamento são maiores em áreas de clareiras naturais ou artificiais (GULLISSON et al., 1996; SNOOK, et al., 2005; ZUDEIMA et al., 2009; NORGHAUER et al.,2015). A sobrevivência de plântulas e a dinâmica de crescimento da espécie em ambientes de florestas naturais, são pouco compreendidos (SOARES et al., 2010). Na Reserva indígena Kaiapó, no Pará, até 30 metros de distância da matriz 50% das mudas de mogno não sobreviveram, e o principal fator responsável pela mortalidade foi o ataque de pragas (NORGHAUER et al., 2011). Em uma área de clareira moderada, a taxa de mortalidade anual de plântulas foi de 25-40% (NEGREROS-CASTILHO e MIZE,2008). Em uma área de clareira, a taxa de mortalidade da espécie ficou em torno de 25-30% (D' OLIVEIRA, 2000). Há uma alta mortalidade de plântulas, que varia entre 40-70% (NEGREROS-CASTILLO et al.,2003, GULLISON et al.,1996)

3.4.2 Crescimento

Em áreas que sofreram exploração madeireira no México, a taxa de crescimento foi de 0,8 cm ao ano (VESTER e NAVARRO-CERRILLO ,2005). As mudas localizadas em ambiente de floresta fechada cresceram no máximo 4% ao ano, enquanto as de clareira tiveram um incremento em altura de até 126 cm ao ano (GROGAN et al.,2005). O incremento em altura em áreas de clareira após cinco anos foi de três metros (D' OLIVEIRA, 2000). O crescimento em altura de 45 cm depois de três ou quatro anos de estabelecimento (CASTILHO e MIZE,2008). A iluminação da copa é um fator crítico para o crescimento rápido (WADSWORTH e GONZÁLEZ,2008). A *S. macrophylla* apresenta um padrão de crescimento lento (GONÇALVES et al., 2012).

Uma árvore para alcançar estágio adulto em condições naturais podem demorar até 70 anos (FREE et al., 2014). Escalante et al., (2012), após um ano de plantio levantaram média de crescimento em altura para plântulas de *S. macrophylla* de 50,85 cm. Em Yucatán no México o crescimento em diâmetro foi de cerca de 0.73 cm ao ano, o que remete que para as árvores alcançarem 55 cm de DAP pode levar até 75 anos (NEGREROS-CASTILLO e MIZE,2014). Souza et al (2010), estudando as exigências nutricionais e crescimento de mudas de mogno, em quatorze tratamentos, encontraram menor e maior altura de 16,44 cm e 30,15 cm, respectivamente em doze meses (COSTA et al., 2013). O crescimento em diâmetro das árvores de *S.macrophylla* pode ultrapassar um cm/ano. No Pará o crescimento diamétrico anual médio foi de 0,64 cm, isso denota que indivíduos de rápido crescimento podem atingir porte comercial (55 cm) no máximo em 60 anos (GROGAN,2001).

3.4.2 Influência do ambiente na dinâmica de regeneração

A regeneração natural da espécie ocorre mais rapidamente em áreas alteradas, visto que é uma espécie de clareira, que demanda presença de luz para se desenvolver (MORRIS, CASTILLO e MIZE ,2000; BROWN, JENNINGS e CLEMENTS, 2003; SNOOK et al., 2005; MAYHEW e NEWTON, 1998).

Antes mesmo da luz o fator primordial para germinação das sementes é a umidade, as mesmas podem se desenvolver inicialmente sem a presença de luz e sobreviver sem ela até por períodos de anos (GROGAN et al., 2001b). No entanto, a presença de luz auxilia tanto no crescimento das mudas, quanto na produção de

substâncias de defesa da planta a ataque de pragas (ABDALA-ROBERTS et al., 2014).

Apesar de ser de conhecimento amplo que a presença de luz e baixos índices de competição, são fatores importante para os estabelecimento e sobrevivência de plântulas de mogno, as condições ideais para que ocorra a emergência das plântulas não tem sido foco de pesquisas científicas. Embora o sombreamento possa não estar entre as condições ideais para o desenvolvimento das mudas, este deve ser considerado como um dos principais responsáveis pela germinação das sementes, já que mantém a umidade do solo (MORRIS et al., 2000). As mudas se estabelecem melhor em condições sombreadas (GROGAN e GALVÃO,2006).

Dessa forma, pressupõe-se que na fase germinativa o fator primordial é o sombreamento, isso traz sérias implicações, já que o principal fator responsável pelo crescimento das plântulas (luz), não é indispensável à sua germinação. Sendo assim, o ideal seria semear em locais com sombreados em clareiras, para favorecer o aumento das taxas de regeneração (MORRIS et al., 2000). Pouco se sabe, sobre a importância da abertura de clareiras pós manejo madeireiro nas taxas de regeneração do mogno (SNOOK et al., 2005). Ao analisar as taxas de regeneração do mogno em áreas alteradas e não alteradas foram levantadas 1925 plântulas dentro da floresta, em uma área no estado do Pará (GROGAN et al., 2005). A densidade de plântulas em uma área explorada no México foi superior a 100 plântulas por ha-1 com até 1 cm de diâmetro do colo (DC) (VESTER e NAVARRO-CERRILLO,2005).

A regeneração natural da espécie é melhor em locais onde ocorreram distúrbios ambientais em escala reduzida (BROWN, JENNINGS e CLEMENTS, 2003; MEDINA et al., 2014). Em 28 parcelas estudadas só houve presença de regeneração natural de mogno em três, sendo que a pesquisa foi conduzida em áreas onde houveram distúrbios ambientais em larga escala (ex: inundações) (GULISSON et al., 1996). O mogno parece muito resistente a distúrbios ambientais (LEMES et al., 2007).

Não há dúvida sobre a capacidade do mogno para regenerar em clareiras causadas por grandes perturbações ambientais (VESTER e NAVARRO-CERRILLO, 2005). Não foi comprovado que a sobrevivência do mogno é de fato relacionada a distúrbios em alta escala, ou que a espécie não existiria sem eles. Não há nenhuma comprovação ecológica de que só há regeneração do mogno em áreas afetadas por distúrbios ambientais (SYNNOTT, 2009).

Nas florestas em estágios sucessionais avançados o mogno é encontrado em baixas densidades, pois embora possa haver luz suficiente para a emergência das plântulas, a umidade do solo pode não ser satisfatória para sua sobrevivência. Onde há presença de solos com elevada umidade, há um elevado número de regenerantes em relação à árvores maduras. Provavelmente os fatores físicos do ambiente são os principais determinantes da densidade populacional do mogno (BROWN, JENNINGS e CLEMENTS, 2003).

Acerca dos efeitos de distúrbios ambientais e da extração madeireira sobre os padrões de regeneração do mogno, locais afetados por esses dois fatores apresentam taxas de regeneração natural inferiores a áreas intactas (GUTIÉRREZ-GRANADOS, JUÁREZ e ALCALÁ, 2011). Estudos realizados em Belize comprovaram que a dimensão das aberturas no dossel das florestas, não apresentou resultado significativo sobre as taxas de sobrevivências das mudas e plântulas (SNOOK et al., 2005).

O local estudado onde houve uma menor produção de frutos, foi o que havia maior percentuais de regeneração natural, isso representa que períodos de seca permeiam entre os principais fatores que propiciam a redução da regeneração natural da espécie, já que o ambiente onde houve menos regeneração foi afetado pela seca. Pode haver uma correlação entre os índices de precipitação e a presença de luz no ambiente florestal, podendo esses dois fatores, serem os principais para definir as taxas de regeneração natural (GÜNTER, 1999). A luz como fator de sucesso da regeneração natural, este de fato represente uns dos elementos primordiais para a sobrevivência da espécie (FREE et al., 2014).

As taxas de crescimento do mogno são maiores em ambientes com solos hidromórficos, isso demonstra que a taxa de nutrientes no solo, pode ser um fator importante nos padrões de crescimento, distribuição e estrutura populacional da espécie. Em ambientes com solos degradados, pelo movimento constante de tratores florestais o desenvolvimento das mudas de mogno em altura não foi prejudicado, no entanto a dinâmica de sobrevivência das plântulas foi bem inferior se comparada a áreas não compactadas.) (WHITMAN, BROKAW e HAGAN, 1997).

3.5 Ataque por pragas

O desenvolvimento do mogno pode ser prejudicado pelo ataque da *Hypsipyla grandella* Zeller, uma lepidóptera, apontada como o principal praga das meliáceas (BECKER, 1976). A incidência do ataque desse agente é bem mais significativa em ambientes com presença de luz solar em abundância. Uma outra praga é a *Phyllocnistis meliacella*, também da ordem lepidóptera que ataca a folhagem jovem do mogno. Além disso, muitas arvoretas livres da competição com a vegetação acabaram sendo fortemente atacadas pela broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zeller) (SOTO, DOMÍNGUEZ e MATRIGAL, 2009; NORGHAUER et al., 2015).

O estabelecimento de plantios de mogno, visando a indução de sua regeneração tem fortes chances de fracassar devido ao ataque da *Hypsipyla grandella* Zeller, levando em conta que ainda não foi encontrada uma técnica que englobe facilidade, baixo custo, e eficiência (LUNZ et al., 2009), sob condições de crescimento favoráveis populações de *Swietenia* sofrem ataque da *Hypsipyla* (NORGHAUER et al., 2011). Os sintomas do ataque são perceptíveis pela produção de goma pela atividade larval e secagem das folhas ainda jovens (OHASHI et al., 2002).

O ataque da *Hypsipyla grandella* Zeller, é perceptível durante todo o desenvolvimento da planta, sendo mais notório durante as fases iniciais (LUNZ et al., 2009). Nem mesmo as sementes estão livres do ataque da praga (HOWARD e GIBLINDAVIS, 1997). Há duas alternativas de controle da praga, em áreas de floresta secundária com ocorrência do mogno, a primeira seria o preparo do solo, a ocorrência de luz na copa, com lados sombreados para que seja estimulado o crescimento lateral, minimização da competição, e a remoção dos galhos e/ou folhas infectadas (YARED e CARPANEZZI, 1981). Na fase adulta a *Hypsipyla grandella* deixa de ser uma lagarta, e transforma-se numa mariposa (OASHI, 2002).

“Essa praga ataca o broto terminal das mudas” (CARVALHO, 2007). A broca dos ponteiros do mogno, prejudica o desenvolvimento das mudas e arvoretas, sendo um dos principais fatores que explicam as baixas taxas de ocorrência da espécie por ha⁻¹ na floresta (GROGAN, BARRETO e VERÍSSIMO, 2002). O ataque da *Hypsipyla grandella*, ocorre no período chuvoso (SOARES et al., 2010).

3.6 Conservação e manejo

Medidas para a conservação e manejo da espécie incluem: rotações de corte que incluam a extração de mais de uma espécie para que não haja supressão de apenas um recurso, ciclos de corte em períodos de 100 anos, levando em consideração a baixa densidade populacional da espécie em florestas nativas, e como fator mais importantes a delimitação de árvores matrizes (GULLISON et al., 1996). Nos últimos 25 anos no México e em Belize, tem sido aplicados tratamentos de enriquecimento em áreas com mogno, levando em consideração que a abertura do dossel promove maior êxito na regeneração natural (SYNNOTT, 2009). O uso de práticas silviculturais em ambientes de floresta nativa, podem ser necessários para manutenção ecológica do mogno (GÜNTER, 1999).

Analisar a influência dos fatores ambientais, é uma alternativa para entendimento das causas da alta mortalidade da espécie em áreas de floresta nativa, unindo essas pesquisas a aplicação de técnicas silviculturais de melhoramento e enriquecimento que visem diminuir a exclusão competitiva e o ataque por pragas, haverá um favorecimento da regeneração e da sobrevivência do mogno (FREE et al., 2014). A abertura de clareiras e a aplicação de métodos silviculturais, estimulam o desenvolvimento da regeneração, seja natural ou artificial (CAMARÁ-CABRALES e KELTY, 2009).

Para garantir a regeneração adequada e futuras produções de madeira de mogno (*S. macrophylla*), muitas florestas exploradas são recuperadas, através de plantios de enriquecimento, e mantidas com o emprego de tratamentos silviculturas que podem garantir a manutenção da sobrevivência dessa espécie (CERRILLO et al., 2008). A menos que tratamentos silviculturais sejam realizados para estimular o maior desenvolvimento de mudas de mogno, pressupõe-se que demorará em média de 105 a 148 anos para que árvores atinjam diâmetro comercial em florestas nativas (GULLISON et al., 1996).

A aplicação de tratamentos silviculturais, com inclusão de técnicas de libertação por meio do corte de cipós e desbaste (retirada de indivíduos indesejáveis), podem melhorar significativamente a sustentabilidade das colheitas de mogno (VERWER et al., 2008). Embora, um dos principais entraves para sua sobrevivência em ambientes naturais, pode ser a exclusão competitiva, ou seja a existência de uma espécie que compete pelos mesmos recursos (água, luz, nutrientes, espaço) nesse caso, técnicas

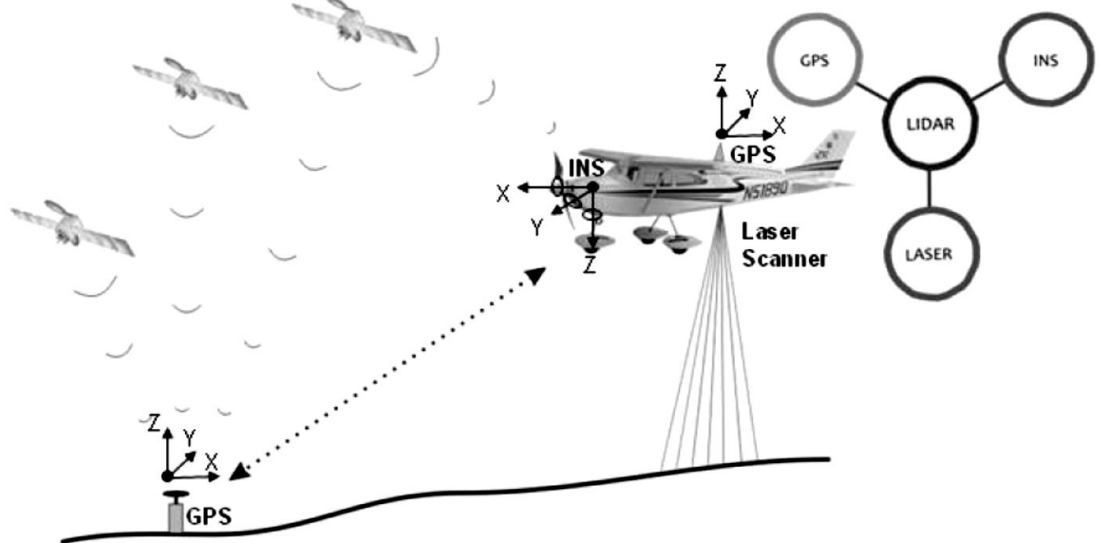
silviculturais de enriquecimento podem ser empregadas para que haja êxito nas taxas de regeneração natural. Possivelmente o estabelecimento e sobrevivência das plântulas de mogno, podem estar associados ao estágio de sucessão da floresta (BROWN, JENNINGS e CLEMENTS,2003).

4. Emprego da tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging) na área florestal

O Lidar é um sensor remoto ativo, no qual é realizada a coleta de dados pela emissão de sua própria luz independente da presença de uma fonte de luz externa, diferente do caso dos sensores passivos (fotografias aéreas e imagens de satélite). Seu princípio consiste na emissão de um pulso de laser na direção de uma superfície ou objeto. Ao atingir o alvo, a luz é refletida na direção contrária e retorna ao sistema laser. Seguindo os princípios de triangulação ou da medição do tempo de retorno do pulso refletido (Time-of-Flight), o sistema Lidar calcula a distância entre o sensor e o objeto (ANDERSEN et al., 2003; WAGNER et al.,2004).

O Lidar pode realizar uma varredura a partir de uma plataforma terrestre fixa ou móvel (veículo automotor), aeronave ou um sistema orbital (satélite ou estação espacial) (NASA, 2014; WAGNER et al., 2004). Para o laser aerotransportado ou Airborne Laser Scanner (ALS), o conjunto do sistema laser é mais complexo, em decorrência da movimentação da aeronave, em três eixos distintos provocados pela turbulência atmosférica (BEHAN, 2000; LIMA, FREITAS e KRUEGER, 2002). O conjunto é constituído por um Sistema Inercial de Navegação (INS) e um par de receptores GNSS L1/L2 (Figura 3), sendo um instalado no sistema laser na aeronave e outro no solo (GIONGO et al., 2010). Os sistemas baseados na tecnologia LIDAR são capazes de fornecer modelos precisos acerca das copas das árvores e da altura. Isso corre em função da pequena divergência dos pulsos da vegetação densa (POPESCU,2002).

Figura 3. Esquema operacional do sistema Lidar aerotransportado



Fonte: Adaptado de Giongo et al., 2010

Atualmente o Lidar tem destacado em diversas áreas de aplicações, tais como: planejamento costeiro, avaliação de risco de inundações, telecomunicações e redes de transmissão de energia, florestas, agricultura, petróleo, transportes, planejamento urbano, mineração, entre outros. O sensor de varredura a laser aerotransportado tem grande potencial para aplicações florestais por apresentar capacidade de mobilização de uma grande quantidade de pontos com alta exatidão, baixo custo e alta velocidade de aquisição de dados da estrutura vertical e horizontal das áreas florestais, Tabela 1 (ALVES,2010). Na área florestal, a expectativa da adoção do perfilhamento por meio do LIDAR (*Light Detection And Ranging*) aerotransportado é que os inventários florestais permitirão uma combinação de baixo custo, precisão, qualidade e confiabilidade (FIGUEIREDO et al., 2014).

Tabela 1. Contribuições potenciais da tecnologia Lidar em aplicações florestais

Parâmetros Florestais	Forma de obtenção de dados ALS	Exemplo de aplicação na literatura
Altura do dossel e/ou árvores individuais	Medida direta	Næsset (1997)
Volume de copa	Medida direta	Coops et al. (2007)
Diâmetro de copa	Medida direta	Roberts et al. (2005)
Número de indivíduos	Medida direta	Hirata et al. (2009)
Volume	Modelagem	Ioki et al. (2010)
Biomassa	Modelagem	Danilin & Medvedev (2004)
Carbono	Modelagem	Balzter et al. (2007)
Área basal	Modelagem	-
Diâmetro à altura do peito (DA)	Modelagem	-
Material combustível aéreo	Modelagem	Andersen et al. (2005)
Cobertura de copa	Fusão com outros sensores	-
Identificação de espécies	Fusão com outros sensores	Kim (2007)

Fonte: Adaptado de Giongo et al., 2010

5. Morfometria de copa

A morfometria de copa é designada como o estudo matemático das formas num mesmo grupo árvores. As alterações nas formas e dimensões das árvores ao longo do tempo, vem adquirindo uma nova abordagem em função da possibilidade de aperfeiçoamento de modelos estatísticos de estimativa volumétrica, competição e crescimento (HASENAUER, MOSER e ECKMÜLLNER, 1995). As primeiras pesquisas sobre morfometria de copa foram desenvolvidas por Burger (1939) e Assman (1961). Entre as principais variáveis morfométricas podemos destacar:

Área de projeção da copa- superfície abrangida pela projeção vertical da copa. Através da qual calcula-se o espaço ocupado pela árvore e juntamente com dados de incremento, calcula-se a produtividade da mesma (MITSCHERLICH, 1978).

Diâmetro da copa- uma variável básica para a dedução de outras características das árvores e corresponde à distância entre as linhas de projeção dos pontos mais externos da copa (REININGER, 1987).

O volume de copa- calculado pelo sólido de rotação que melhor modela a copa de cada espécie, assim como o manto de copa, calculado como a área superficial deste

mesmo sólido, podem, igualmente, ser em usados para calcular a produção e a produtividade (MITSCHERLICH,1978).

Durlo e Denardi (1998), conceituaram outros parâmetros morfométricos das copas entre eles:

A proporção de copa ou porcentagem de copa-corresponde à relação entre o comprimento da copa e altura total da árvore.

Grau de esbeltez- também conhecido como relação h/DAP , é uma variável que caracteriza a estabilidade das árvores. Quanto mais alto o grau de esbeltez, tanto mais instável é a árvore.

Índice de saliência- A relação entre o diâmetro de copa e o DAP, foi denominada índice de saliência. Este índice expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP.

Formal de copa, denominou-se a relação entre o diâmetro de copa e a altura da mesma.

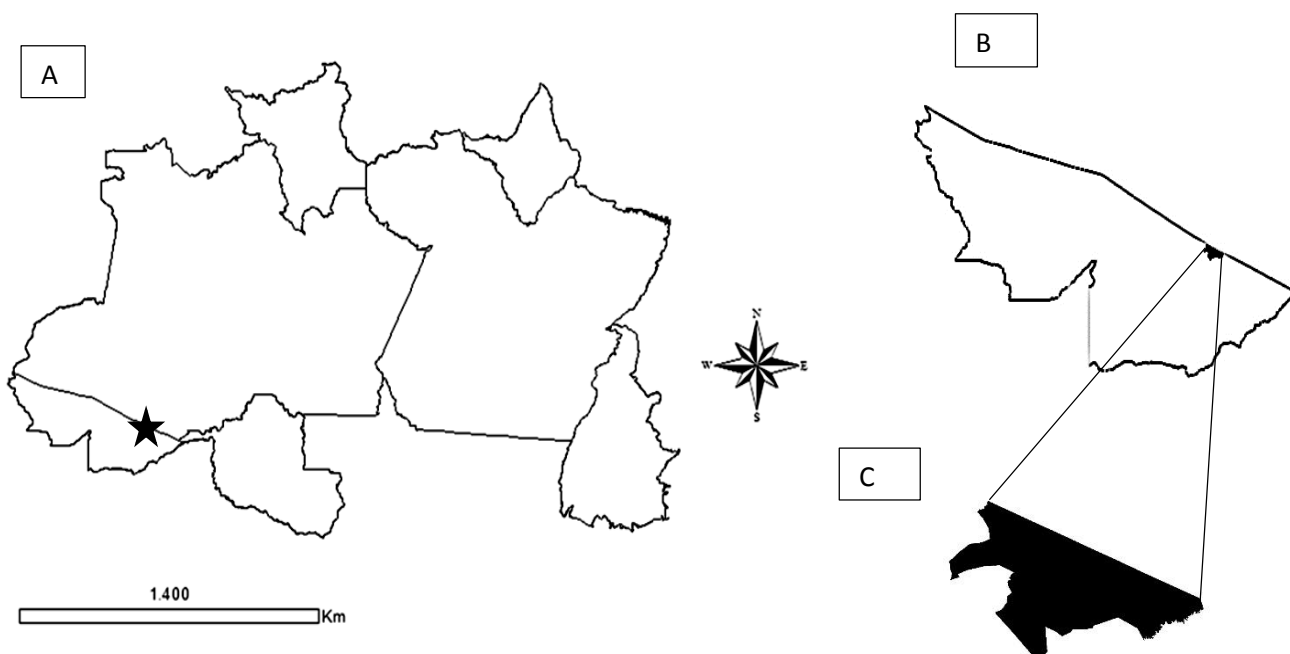
Comprimento da copa- diferença entre a altura total e a altura de inserção do primeiro galho vivo (COSTA,2011).

5.1 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

A Floresta Estadual do Antimary foi oficialmente criada no ano de 1997, pelo Decreto nº 046 (ACRE,1997). Pertence a categoria de Unidades de Conservação (UCs) de Uso Sustentável, no qual as populações que nela vivem podem fazer uso dos recursos naturais de forma sustentável (SILVA, 2012). Figura 2. A FEA está localizada no município de Bujari, no Estado do Acre (68°01' a 68°23' W; 9°13' a 9°31' S). A temperatura média anual é de 25°C, com a época seca de março a setembro e apresentando uma precipitação média anual de 2.041 mm. Com 76.832 ha, a FEA é cortada pelo Rio Antimary e apresenta quatro tipos básicos de vegetação (floresta aluvial, floresta aberta com bambu, floresta aberta com palmeiras e floresta densa) (FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE, 1996).

Figura 2- A. Localização da Floresta Estadual do Antimary na Amazônia. B. No Estado do Acre. C. Mapa da FEA



4.2 Descrição da área do manejo

A Unidade de Produção Anual de 2011 explorada em 2013 tem 3970 ha de área total, área de efetiva exploração de 2.596 ha, todos os indivíduos com DAP > 40 cm foram inventariados. Foram mensuradas 17.198 árvores, com potencial produtivo de 104.932,890 m³ produtivo de 104.932,890 m³ de madeira identificadas ao todo 101 espécies ocorrentes na área, destas três foram consideradas proibidas de corte: castanheira (*Bertholletia excelsa*), mogno (*Swietenia macrophylla King*) e seringueira (*Hevea brasiliensis L*), e duas espécies de copaíba (*Copaífera spp*), foram reservadas para fins não madeireiros e 53 espécies não se enquadraram nos padrões estabelecidos para exploração, foram selecionadas 45 espécies aptas para a exploração madeireira com DAP > 65 cm todas foram selecionadas para corte, totalizando volume de 77.693,669 m³ para a área efetiva de manejo, com média de 29,933 m³/ha, uma exploração de média intensidade (SECRETARIA ESTADUAL DE FLORESTA,2010).

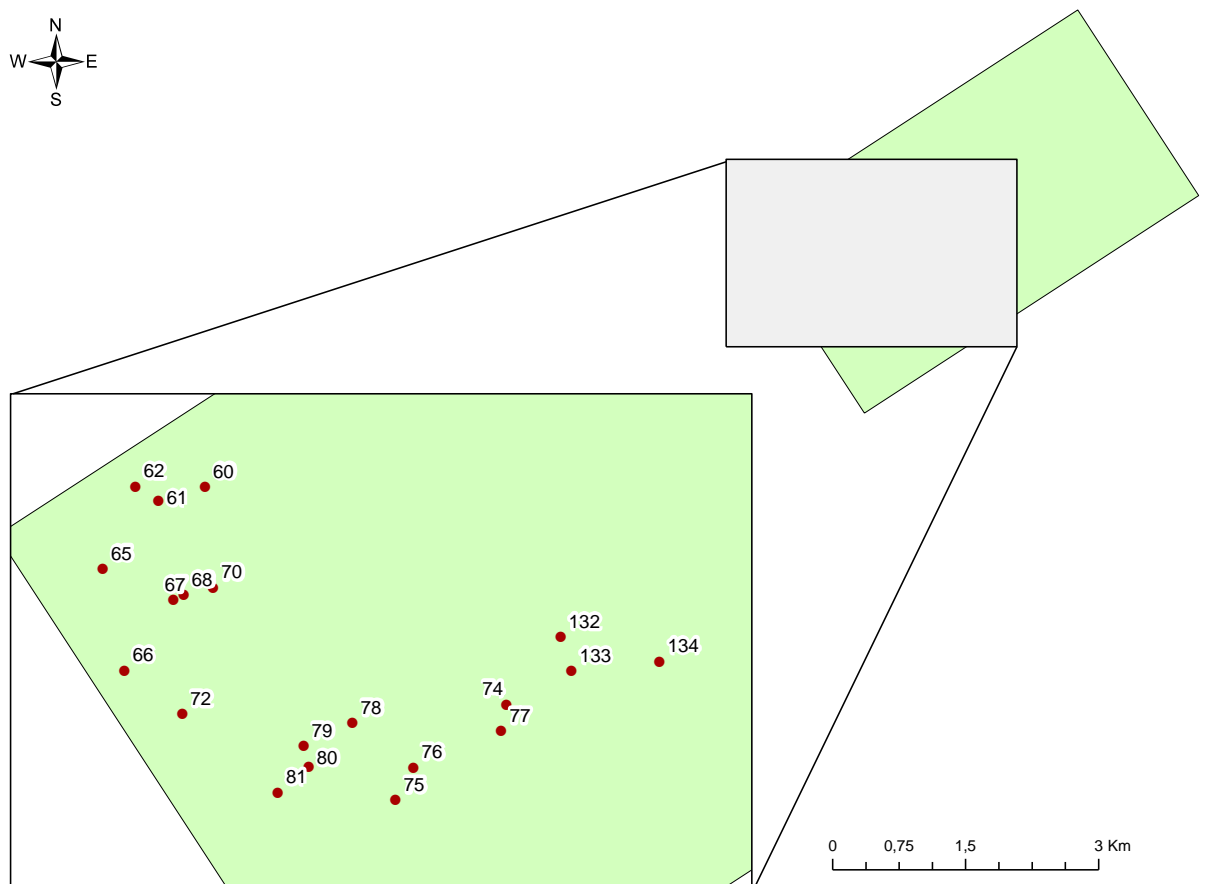
4.3 Delineamento amostral

Dentro da UPA foram selecionadas 20 árvores matrizes de mogno de um total de 69, de forma intencional dentro das áreas que não foram perturbadas pela atividade de exploração ocorrida em 2013. Essa atividade ocorreu em outubro de 2014. O critério de seleção das matrizes levou em consideração os seguintes aspectos: Frutificação observada em 2014, maior porte (altura e diâmetro), e acesso (por conta da alta incidência de bambu (*Guadua sp.*), deslocamento difícil no período chuvoso, optou-se por matrizes que além das características citadas estivessem localizadas na mesma área de entorno), recurso financeiro e humano, e tempo, visto que um estudo que abrangesse todas as matrizes necessitaria de um maior período de levantamentos (Figura 3).

Foram realizados levantamentos em cinco ambientes: floresta (área não explorada), trilhas de arraste, pátios de estocagem e estradas (borda e leito). Para levantamento da regeneração natural de mogno em áreas sem perturbação (floresta), foram utilizados os dados do inventário florestal da Unidade de Produção Anual de 2013, para localização das árvores de mogno. Posteriormente, foi realizado um levantamento preliminar de campo no talhão de exploração de 2013, onde foram selecionadas as árvores objeto de estudo.

O arranjo amostral para as parcelas dentro da floresta não explorada foi realizado com base numa amostragem mista, com duas unidades amostrais: primária-árvores matrizes de modo aleatório e secundária-direções (Norte, Sul, Leste e Oeste) de forma sistemática, com parcelas de área fixa, conforme adaptado de Péllico-Netto e Brena (1997). Para as parcelas em áreas exploradas (estradas, trilhas e pátios) foi empregado o método de amostragem por conveniência, já que foram selecionados os ambientes próximos às árvores matrizes, com parcelas de área variável.

Figura 3- Localização das matrizes de *S. macrophylla* amostradas para o estudo de dinâmica de regeneração natural da espécie dentro do talhão de exploração na Floresta Estadual do Antimary-Acre



4.4 Levantamento da regeneração natural

4.4.1 Regeneração natural dentro da floresta não perturbada

Para contabilização da ocorrência de plântulas ao redor de cada matriz, foram instalados quatro transectos com 40 metros de comprimento por 5 metros de largura, partindo da base de cada árvore matriz em quatro quadrantes Norte, Sul; Leste, Oeste, com o emprego de fita zebra para demarcar o centro das subparcelas, conforme adaptado de Grogan et al., (2005), para avaliar o estabelecimento de plântulas conforme a direção dos ventos (Figura 4), com intervalos a cada 5 metros (0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30,-35 e 35-40), para observação da regeneração natural por faixa de medição. Cada matriz foi georreferenciada com GPS geodésico, todas as circunferências a altura do peito foram mensuradas (Figura 5).

Em cada árvore matriz e dentro de cada transecto a ocorrência de plântulas foi contabilizada, no início da estação chuvosa (período pós dispersivo) no ano de 2014. O objetivo foi contabilizar todas as plântulas pertencentes a produção de sementes de 2014. No ano seguinte foram realizados levantamentos nos meses de junho, julho e outubro.

Figura 4- Esquema de delimitação das árvores matrizes de *S. macrophylla* na floresta não perturbada, na Floresta Estadual Antimary-Acre

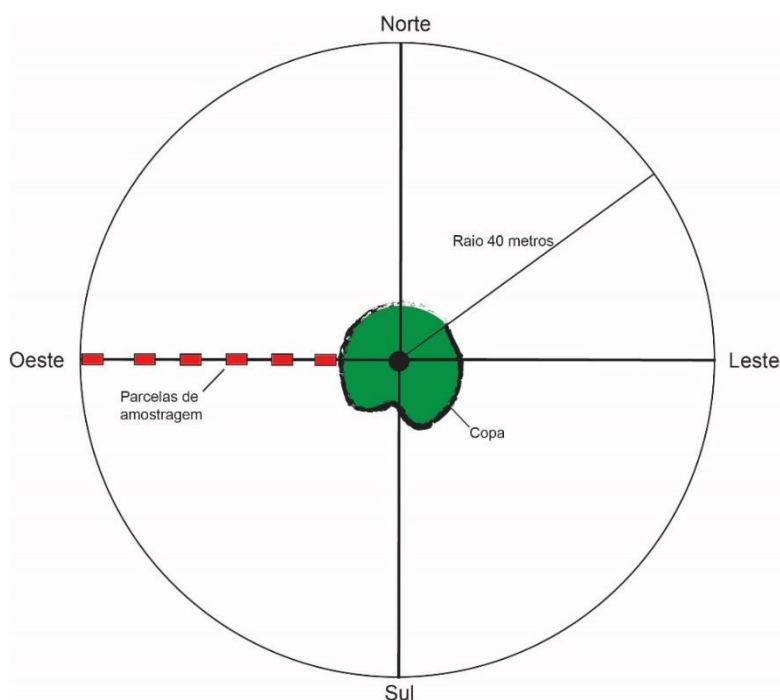


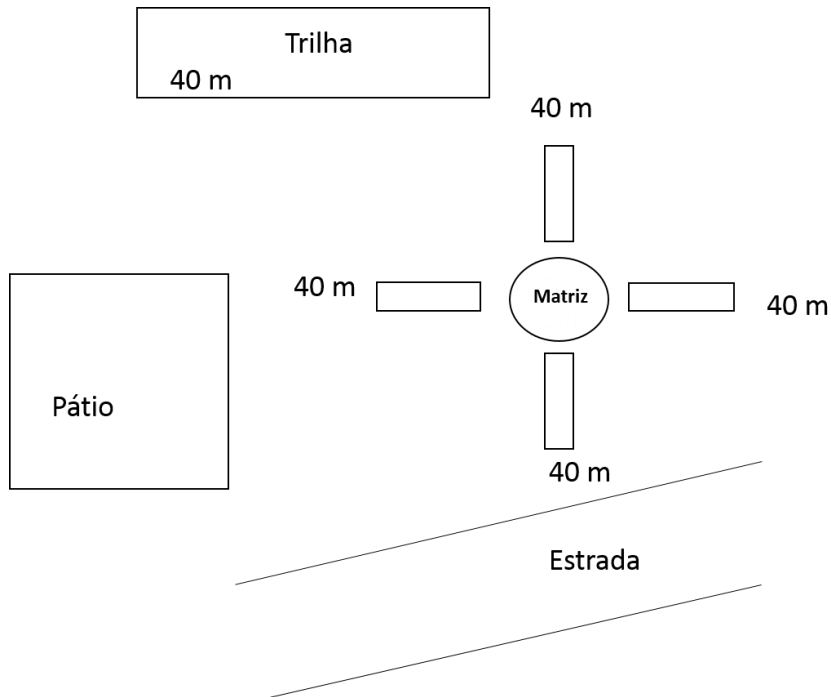
Figura 5- A. Mensuração da circunferência da matrizes; B. Georreferenciamento da árvore matriz de *S. macrophylla* na floresta não perturbada, em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre



4.4.2 Regeneração natural em áreas alteradas

Para efeito de determinação da regeneração natural, em áreas alteradas pela exploração florestal foram adotados quatro tratamentos, a considerar mudas presentes em pátios de estocagem de toras; estradas secundárias (borda e leito), trilhas de arraste. Foram verificadas as trilhas próximas das árvores matrizes, onde foram delimitadas parcelas de 40 m pela largura da trilha, tanto nas estradas de arraste (leito e borda) quanto nos pátios de estocagem, foram mensuradas todas as plântulas decorrentes em toda faixa extensão do ambiente, Figura 6. Foram verificadas 10 trilhas, três pátios de estocagem e seis estradas, totalizando 19 parcelas em ambientes explorados.

Figura 6. Esquema de delimitação das parcelas amostrais, para estudo da regeneração natural da *S. macrophylla* nas áreas alteradas pela exploração madeireira, na Floresta Estadual do Antimary-Acre



O parâmetro para inclusão no banco de plântulas e/ ou mudas foi adaptado de Silva (2010), foram considerados como indivíduos regenerantes, todos os indivíduos recém germinados, até mudas com altura máxima de 1,30 m, os mesmos foram medidos para obtenção da altura (cm) e diâmetro do colo (DC) da plântula (mm), e plaqueteados, para finalidades desse estudo, Figura 7. Foram feitos levantamentos no meses de junho e julho de 2015 (início da estação seca) para levantamento das taxas de ingresso, crescimento, e mortalidade. O crescimento foi calculado como sendo a diferença em altura (mm), entre as duas medições.

Figura 7- A,B,C e D ilustração do levantamento das plântulas de *S. macrophylla* na Floresta Estadual do Antimary-Acre, no período de 2014-2015



Os índices de sobrevivência das plântulas foram calculados conforme Moreira (2011):

$$S\% = \frac{N - n}{N} \times 100$$

Onde: S%: Taxa de sobrevivência das espécies;

N: número de plântulas contabilizadas vivas na primeira medição em 2014;

n: número de plântulas contabilizadas mortas na segunda medição em 2015.

As taxas de mortalidade serão calculadas pelo método adaptado de Lieberman e Lieberman (1987), conforme a fórmula a seguir:

$$M = (N1/N0) / T$$

Sendo: N0= número de plântulas no primeiro inventário.

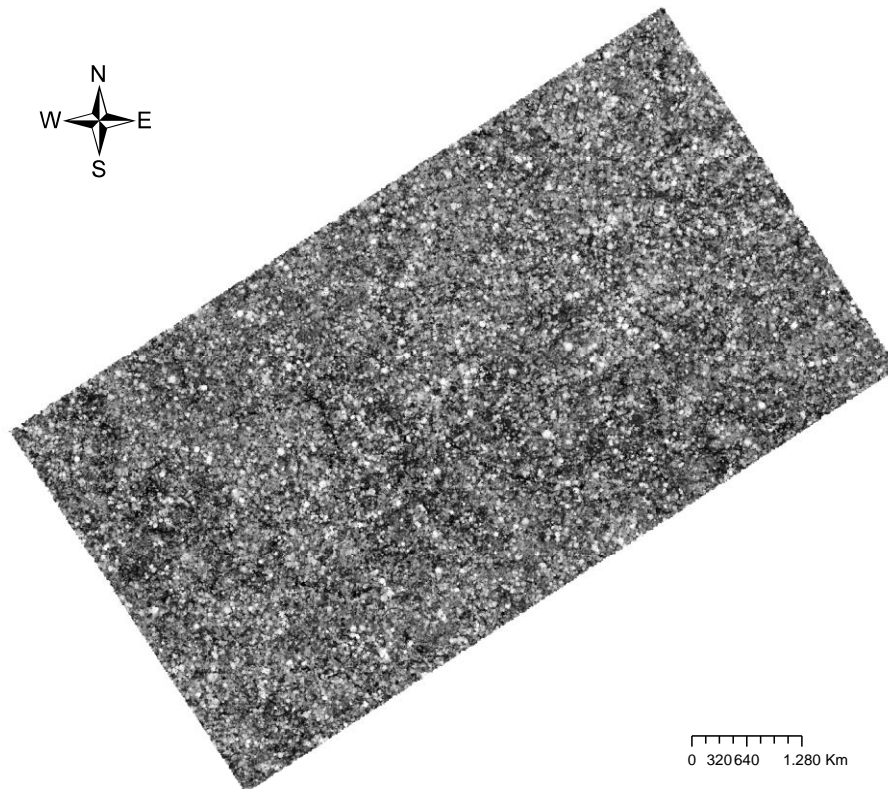
N1= número de plântulas sobreviventes no segundo inventário meses depois.

T= intervalo entre as medições.

Em outubro de 2015, foi realizado novo levantamento para obtenção da taxa de ingressos do respectivo ano. Foram considerados ingressos todos os indivíduos presentes em um levantamento, que não constavam no anterior, conforme Condit et al., (1995).

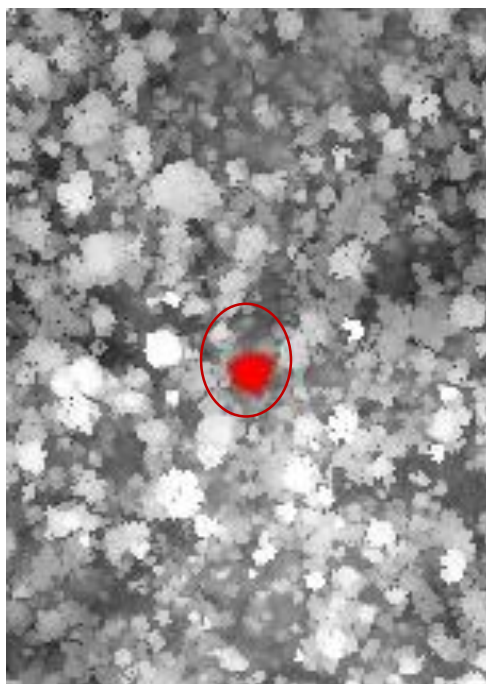
Para obtenção das variáveis morfométricas área de projeção da copa (m²), e altura total (m) foi gerado o modelo de altura do dossel (Figura 07), composto por todos os retonos úteis da amostra dos dados brutos, obtidas com o sobrevôo do LIDAR aerotransportado, presentes no contorno do dossel do talhão de 1000 hectares amostrado pela Empresa Foto Terra no mês de outubro de 2015. Esse modelo foi elaborado por meio do comando canopymodel do Fusion versão 3.30, conforme método de d' Oliveira, Figueiredo e Papa (2014). O modelo gerado foi exportado para o ArcGIS versão 10.1.

Figura 8-Modelo de altura do dossel do talhão de exploração da UPA de 2013 na Floresta Estadual do Antimary, utilizado para obtenção da área de projeção da copa (m^2) e altura total (m) das matrizes de *S. macrophylla*



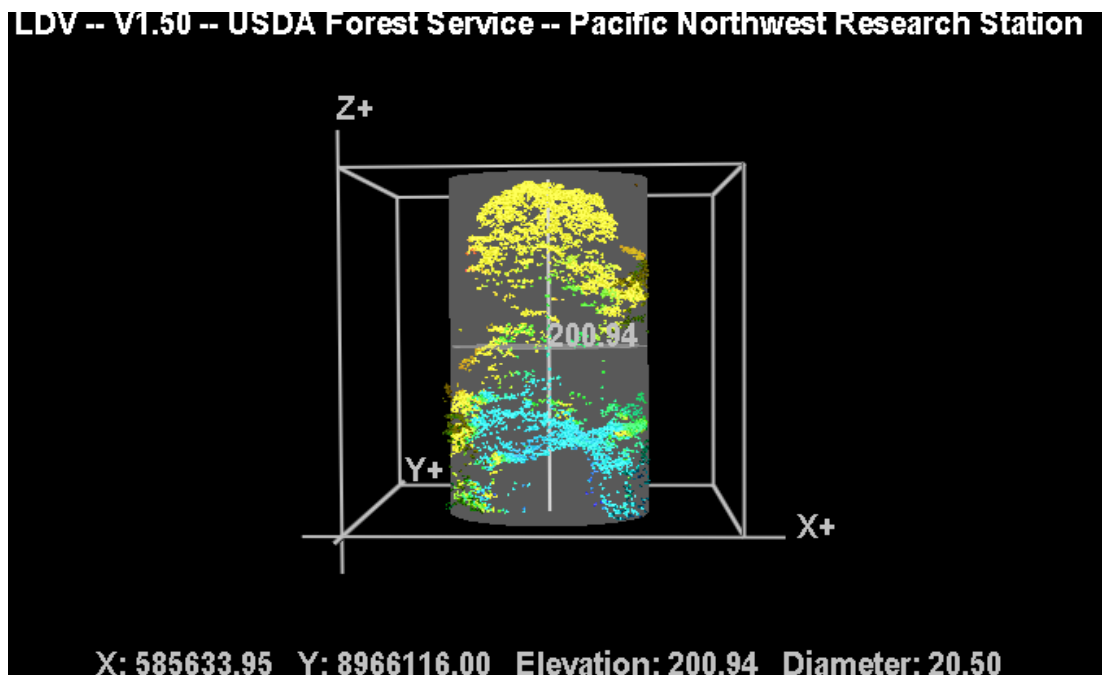
Foram localizadas as 20 árvores matrizes inventariadas em campo com GPS geodésico. As coordenadas receberam transformação geocêntrica nos parâmetros X Y, para localização exata das árvores no arquivo de pontos LIDAR. O isolamento dos pontos do LIDAR das árvores da amostra foi feito por meio da confecção de um polígono tridimensional na região do entorno da copa (Figura 8), conforme adaptado de Figueiredo (2014), no ArcGIS 10.1, onde foram calculadas as áreas de projeção das copas, utilizando a ferramenta calculate área.

Figura 9- Esquema de isolamento da copa da árvore matriz de *S. macrophylla* no ArcGIS 10.1



As alturas totais (HT), foram calculadas no programa FUSION versão 3.3, através da ferramenta measurement marker, onde a altura total foi baseada na diferença vertical entre o sinal do retorno do solo e o sinal do topo da árvore (Figura 9).

Figura 10- Visualização da árvore em 3D no programa Fusion



4.5 Levantamento da fertilidade do solo na regeneração

Para levantamento da química do solo, foram delimitadas 10 unidades amostrais de cada ambiente (floresta, trilha, pátio e estrada), as amostras de solo foram retiradas com trado em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm), acondicionadas em sacos plásticos. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Acre, onde o Ca e Mg foram extraídos com solução de KCl 1 M e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). Enquanto o P e K, foram extraídos com solução de Mehlich 1 (H₂SO 40.0125 M + HCl 0.05 M). A determinação de K foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica (EEA); o P foi determinado por espectrometria utilizando molibdato de amônio e ácido ascórbico, C.O e M.O foram obtidos pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação foi titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr). Para obtenção do pH₂O foi realizada a medição do potencial eletronicamente por meio de eletrodo imerso em suspensão solo: líquido (água) 1:2,5 (Embrapa, 1997).

Para análise de densidade e umidade do solo foram coletadas amostras em três pontos com três profundidades (2,5-7,5 cm; 12,5-17,5 cm; 32,5-37,5 cm), nove pontos por parcela, na floresta, pátios e trilhas, por conta do alto custo das análises e por este não ser o objetivo principal da pesquisa, foram selecionados os ambientes mais extremos, foram excluídas as estradas. As respectivas análises também foram feitas no laboratórios de solos da Embrapa/Acre, com base no mesmo manual que a análise química.

4.6 Análises Estatísticas

Para determinar os efeitos de ambientes (floresta, trilha, pátio, leito e borda de estrada) e direção (Norte, Sul, Leste e Oeste) sobre o número total de plântulas, ingressos, plântulas mortas, sobreviventes e crescimento, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) abaixo, usando o PROC NPAR1WAY Wilcoxon com estimação de Monte Carlo.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^c \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Onde:

c = número de amostras,

n_i = número de observações na i ésima amostra,

$N = \sum n_i$, número de observações em todas as amostras combinadas,

R_i = soma de rankings na i ésima amostra.

Se ocorrerem empates H é dividido por

$$1 - \frac{\sum T}{N^2 - N}$$

Onde:

$T = (t-1) t(t+1)$ para cada grupo de empates.

Efeitos significativos de ambientes ou direção foram comparados por meio da transformação de dados originais em rank (PROC RANK) e posterior análise de variância e comparação de médias (PROC GLM LSD).

Foi utilizada análise de regressão para avaliar a relação entre o número de plântulas por ambiente, com a distância em relação a árvore matriz, área de projeção da copa e altura total, assim como para o crescimento em altura por distância e orientação. As médias de umidade e densidade do solo por ambiente foram comparadas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey Kramer a 5 % de probabilidade. As médias de pH_2O , K, Ca, Mg, P, M.O e C.O foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas às análises foram realizadas utilizando-se o programa SAS 9.2.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Influência do ambiente e direção na dinâmica de regeneração

Para a regeneração natural da *S.macrophylla* por ambiente tabela 1, o maior número de indivíduos foi encontrado na floresta não perturbada 1957 plântulas (86,94%), com altura máxima de 69 cm, para os demais ambientes alterados pela exploração madeireira, a quantidade de plântulas foi bem inferior: 116 (5,15%) nas bordas das estradas, com altura máxima de 1,04 m, 70 (3,11%) nos leitos com máximo de 49 cm de altura, e 104 (4, 62%) nas trilhas de arraste, maior plântula encontrado com 65 cm e nos pátios quatro plântulas (0,18%), com altura máxima de 28 cm, totalizando 2.251 plântulas (2,25 ha⁻¹). A média de número de regenerantes foi expressivamente mais levada na floresta (97,85 plântulas), a soma das médias dos demais ambientes foi inferior a metade da quantidade de mudas nesse ambiente, somando 41,37 indivíduos, a médias de mortalidade e sobrevivência também foram maiores na floresta, 63 e 34,4 plântulas respectivamente.

A heterogeneidade na quantidade de mudas por ambiente também foi evidenciada pelos valores da variância, desvio erro padrão e frequência absoluta, que sofreram forte diferenciação entre as áreas, acompanhando a tendência da regeneração natural, mais elevados para a floresta primária, por conta do recrutamento de sementes ter sido mais intenso no local, em função da maior proximidade com as árvores matrizes. Os coeficientes de variação demonstraram que para a mortalidade não houve muita variação de número de plântulas em relação a média das amostras para os ambientes leito de estradas e trilhas e para sobrevivência entre os pátios e as bordas de estrada.

Os dados levantados diferiram de Grogan et al., (2005), no Pará em situação semelhante foram mensuradas 9,6 plântulas/ha⁻¹ dentro da floresta, o que nos leva a afirmar que a densidade de ocorrência do mogno no Estado do Pará, é superior à da FEA, situação comprovada também pela densidade de árvores por ha⁻¹, enquanto no Antimary, têm-se aproximadamente 0,068 indivíduos por ha⁻¹, em regiões do Pará foram levantadas: 0,37 árvores (LAMBERT, MALCOLM e ZIMERMAN, 2005), 0, 25 árvores/ha⁻¹ (VERÍSSIMO et al., 1995) e 0,7 árvores em terra firme, e mais de 2 ind/ha⁻¹, em locais próximos a curso de rios (GROGAN ,2001 a). Entretanto tanto no

Acre, representado pela FEA quanto no Pará, a densidade de plântulas foi inferior a florestas mexicanas e bolivianas, onde podem ser encontradas > 100 plântulas/ha⁻¹ (GULLISON ET AL., 1996; VESTER e NAVARRO-CERRILLO,2005). Essa diferença no padrão regeneração natural deve estar associada a ocorrência de catástrofes ambientais em alta escala no México e países da América Central, e Bolívia responsáveis por altos índices de dispersão de sementes, sem ocorrência reportada para a Amazônia brasileira.

Dentro da floresta sob dossel fechado foi onde as sementes de mogno germinaram com maior intensidade, padrão semelhante ao mencionado por Baima (2001), e Morris et al, (2000), a baixa frequência de plântulas em áreas alteradas pelo manejo madeireiro (bordas e leitos de estradas, trilhas de arraste e pátios), vem ao encontro do mencionado por Gutiérrez- Granados, Juárez e Alcalá (2011), que nesses locais as taxas de regeneração natural são inferiores a floresta. Embora observado que as taxas de regeneração natural foram inferiores nas áreas exploradas, devido estas estarem mais distantes, em média 18,62 m da árvore matriz, para as áreas dentro do raio de 40 m, ou seja, fora do limite de distância com maior dispersão de sementes (10-15 m), comprovando que as mudas podem se estabelecer em condição de sombreamento (MORRIS et al, 2000 ; FREDERICKSEN e PARIONA,2002 e GROGAN e GALVÃO,2006), com alta incidência de chuvas (GÜNTER,1999), como ocorrido em 2014 na área do experimento, contrapondo outras literaturas que citam que a regeneração é maior em áreas alteradas (ex. MAYHEW e NEWTON,1998; MORRIS, NEGREROS-CASTILHO e MIZE,2000; BROWN, JENNINGS e CLEMENTS, 2003; SNOOK et al., 2005;).

Tabela 1- Análise descritiva para regeneração, mortalidade e sobrevivência de plântulas de *S. macrophylla* por ambiente (borda, floresta, trilha, pátio, leito) no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre

Ambiente	nº matriz	Média regeneração	Variância	Desvio padrão	Erro padrão	Soma	CV %
Borda	8	14,5	336	18,33	6,48	116	126,41
Floresta	20	97,85	14177,5	119,07	26,62	1957	121,69
Leito	6	11,67	80,67	8,98	3,66	70	76,98
Pátio	2	2	2	1,41	1	4	70,71
Trilha	8	13	363,4	19,06	6,74	104	146,64

Ambiente	nº matriz	Média mortalidade	Variância	Desvio padrão	Erro padrão	Soma	CV %
Borda	8	7,5	106	10,29	3,64	60	137,27
Floresta	20	63,45	8317,42	91,2	20,39	1269	143,73
Leito	6	2,33	23,07	4,8	1,96	14	205,83
Pátio	2	0,5	0,5	0,71	0,5	1	141,42
Trilha	8	8,75	303,07	17,41	6,15	70	198,96

Ambiente	nº matriz	Média sobrevivência	Variância	Desvio padrão	Erro padrão	Soma	CV %
Borda	8	7	89,43	9,45	3,34	56	135,09
Floresta	20	34,4	1113,09	33,36	7,46	688	96,98
Leito	6	9,33	45,07	6,71	2,74	56	71,92
Pátio	2	1,5	4,5	2,12	1,5	3	141,42
Trilha	8	4,25	26,21	5,12	1,81	34	120,47

O teste não paramétrico de Kruskal Wallis tabela 2, denotou que o ambiente só teve efeito significativo para o total de plântulas ($p > \chi^2=0,013$), confirmando que a regeneração da *S. macrophylla* é dependente do ambiente em que é encontrada (LAMBERT, MALCON e ZIMMERMAN,2005). Mendes et al., (2003), salientam que em áreas exploradas há um aumento significativo no número de plântulas da borda para o interior das florestas, como efeito de alterações bióticas e abióticas do efeito de borda, Brown, Jennings e Clements (2003), mencionam que a densidade populacional da espécie, sofre influência dos fatores físicos do ambiente .A influência do efeito de borda não foi verificada no experimento, observou-se que a quantidade de plântulas por ambiente variou a princípio por conta do distanciamento da árvore matriz, estando mais concentrada nas faixas iniciais de medição, portanto dentro da floresta fechada no raio de 40 m das parcelas amostrais.

A origem geográfica (Norte, Sul, Leste, Oeste), não obteve significância sobre nenhuma das variáveis analisadas (total de plântulas, número de ingressos, número de plântulas mortas, número de plântulas vivas e crescimento). O processo de dispersão influencia a regeneração da espécie (CORRIÀ-AINSLIE, CAMARERO e TOLEDO 2015), já que as sementes são aladas e dispersas pelo vento (PENNINGTON, STYLES e TAYLER,1981), porém, sem efeito observado na dinâmica. No entanto verificou-se que as chances de sobrevivência, ingresso, mortalidade e crescimento foram iguais em todos os ambientes e orientações.

Tabela 2- Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, para efeito do ambiente (floresta, trilha, pátio, borda e leito de estradas) e da origem geográfica (Norte, Sul, Leste e Oeste) no total de plântulas, ingresso, mortalidade, sobrevivência e crescimento de *S. macrophylla* no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre

Ambiente				
Tratamento	variável	GL	χ^2	$p > \chi^2$
Total de plântulas	nº plan	4	12,68	0,013
Ingressos	nº plan	3	4,68	0,197
Plântulas mortas	nº plan	3	6,87	0,143
Plântulas vivas	nº plan	4	8,04	0,090
Crescimento	nº plan	4	1,07	0,785
Origem geográfica				
Tratamento	variável	GL	χ^2	$p > \chi^2$
Total de plântulas	nº plan	4	2,15	0,708
Ingressos	nº plan	4	1,7	0,791
Plântulas mortas	nº plan	4	7,8	0,099
Plântulas vivas	nº plan	4	7,26	0,123
Crescimento	nº plan	4	6,64	0,084

*Diferença significativa ($p < 0,05$)

A tabela 3, apresenta o resultado do ajuste das médias pelo teste F para o efeito do ambiente no número de plântulas, com a inserção das covariáveis DAP, altura, área de copa e distância. Como observado, todos os efeitos foram representativos, com maior significância estatística para ambiente com covariável distância ($p < 0,0001$), o ambiente sem nenhuma covariável ($p = 0,0064$), seguido do ambiente e covariável altura ($p = 0,0075$), ambiente e covariável DAP (0,0146) e ambiente com covariável área de projeção copa ($p = 0,0149$). Pelos resultados obtidos, o número de plântulas variou principalmente em função da distância em relação a matriz, quanto mais próximo maior a quantidade de plântulas, do ambiente, houve ao menos um ambiente mais significativo, do diâmetro, altura e área de projeção da copa.

Houve uma tendência de matrizes com maior porte em altura, diâmetro e área da copa produzirem mais plântulas (ex: matriz 74 Ht= 48,68 m, DAP=143,27, área de copa=245,44 número de plântulas na floresta=395), Apêndice 2 A. Padrão também mencionado por outros autores (ex. GULISSON et al., 1995; e VERWER et al., 2008 e CAMARÁ-CABRALES e KELTY 2009,). Grogan e Galvão (2006), denotaram também que matrizes com diâmetro > 60 cm eram mais fecundas. O que nos leva a afirmar que para estudos de dinâmica da *S. macrophylla* todas essas variáveis mencionadas (distância, ambiente, altura, área de projeção da copa e DAP) devem ser mensuradas, para conhecimento do padrão comportamental da espécie.

Tabela 3- Teste F para o efeito do ambiente e covariáveis DAP (cm), altura (m), área de copa (m²) e distância (m) sobre o número de plântulas *S. macrophylla* por ambiente (floresta, trilha, pátio, borda e leito de estrada), no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre

Efeito	Covariáveis	GL	Valor de F	P
		4	4,35	0,0064
	DAP	5	3,40	0,0146
Ambiente	Altura	5	3,89	0,0075
	Área de copa	5	3,38	0,0149
	Distância	5	13,58	<0,0001

*Diferença significativa ($p < 0,05$)

Para a análise de covariância de Fisher tabela 3, houve diferença estatística significativa entre o número de plântulas presente na floresta não perturbada e nos leitos de estradas em função da distância, entre a floresta e as trilhas a diferença no número de plântulas foi explicada pelas covariáveis ambiente, DAP, altura, área de projeção da copa e da distância para a árvore matriz, assim como para os ambientes de floresta e borda de estradas, e floresta e pátio. Dos três pátios inventariados, em apenas um havia plântulas de mogno, das 10 trilhas em metade não houve indícios de regeneração natural, nas seis estradas avaliadas foram encontradas plântulas de *S. macrophylla*, a quantidade de plântulas nessas áreas foi bem inferior as da floresta e de ambientes muito próximos a elas, ou seja a dispersão ultrapassa o raio de 40 m, porém em percentuais mínimos, confirmando que há uma tendência de dispersão restrita de sementes de mogno (<40 m), fenômeno também observado por Alcalá, Alonso e Gutiérrez-Granados (2014), em florestas mexicanas.

Essa tendência ocasiona limitação do recrutamento (CORRIÁ-AINSLIE, CAMARERO e TOLEDO,2005). Para Grogan e Galvão (2006), a existência de mudas em ambientes fora da floresta inexplorada só ocorre quando há uma alta produção de frutos, e quando em áreas de manejo as copas das árvores abatidas caem no sentidos Oeste e Noroeste. No primeiro ano do levantamento houve um alta produtividade de frutos, embora não mensurada, foram visualizados para delimitação das matrizes que entrariam no experimento, o que pode ser uma das causas para que haja plântulas fora do ambiente de floresta (observação pessoal). Na FEA embora o mogno seja passível de exploração, todas as árvores de porte comercial (DAP >60 cm) e não comercial foram mantidas, não havendo plântulas provenientes de sementes de árvores abatidas, desse modo, não se teve como testar para este estudo esse dado.

Tabela 3- Teste covariância de Fisher para o número de plântulas de *S. macrophylla* por ambiente (floresta, trilha, pátio, borda e leito de estrada), com a utilização das covariáveis DAP, altura, área de projeção da copa e distância no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre

Ambientes	Covariável					
	diff	*	DAP	altura	A copa	distância
Floresta – leito	10,31	ns	ns	ns	ns	***
Floresta – trilha	11,31	***	***	***	***	***
Floresta – borda	12,52	***	***	***	***	***
Floresta – pátio	17,81	***	***	***	***	***
Leito– trilha	1,00	ns	ns	ns	ns	ns
Leito – borda	2,21	ns	ns	ns	ns	ns
Leito – pátio	7,50	ns	ns	ns	ns	ns
Trilha – borda	1,21	ns	ns	ns	ns	ns
Trilha – pátio	6,50	ns	ns	ns	ns	ns
Borda– pátio	5,29	ns	ns	ns	ns	ns

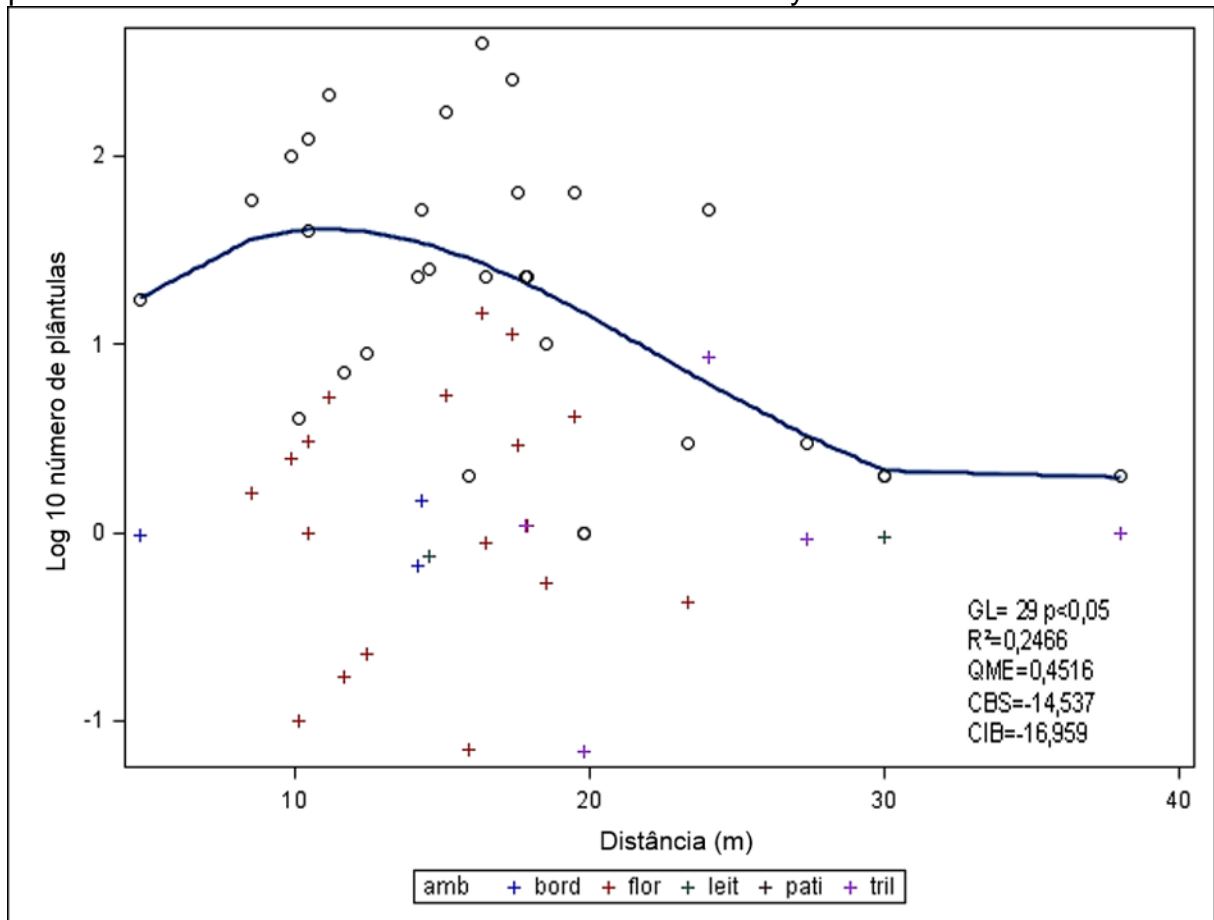
*Diferença significativa ($p < 0,05$)

5.2 Efeito da distância no número de plântulas de *S. macrophylla*

Pela análise de regressão, a distância apresentou uma baixa correlação para explicar o número de plântulas por ambiente ($r^2 = 0,2466$), o modelo da regressão foi significativo, $p < 0,05$ (Figura 10). As distâncias de 10-15 m da árvore matriz foram as que apresentaram maior concentração de plântulas de *S. macrophylla*, ao ultrapassar os 15 m houve declínio, a partir dos 30 m a porcentagem de plântulas estabilizou até os 40 m. Esses resultados corroboram com os encontrados por Loveless e Gulisson (2003), e Alcalá, Alonso e Gutiérrez-Granados (2014), que a maioria das sementes são lançadas num raio inferior a 30 m, e diferem dos relatados por outros autores que descrevem como distâncias mínimas de dispersão 10 m (NORGHAUER et al., 2011), distâncias médias entre 22- 36 m (GULLISON et al., 1996; GROGAN e GALVÃO, 2006; NORGHAUER et al., 2011) e máximas de 80 m (GULLISON et al., 1996). Segundo Loveles e Gulisson (2003), distâncias de dispersão superiores a 30 m podem denotar populações que diferem geneticamente, ou seja uma matriz pode ter sementes dispersas na área de entorno de outra árvore, o que não podemos comprovar para o Antimary, pois não foi realizado o levantamento das características genéticas das matrizes.

Trabalhos realizados em outros locais, encontraram resultados diferentes do presente estudo, por terem sido realizados em regiões com características ambientais distintas das observadas na FEA, com ocorrência de grandes distúrbios ambientais (ex: furações) (BROWN, JENNINGS e CLEMENTS, 2003; VESTER e NAVARRO-CERRILLO, 2005; MEDINA et al., 2014), no caso de áreas na América Central, que favorecem a disseminação das sementes há altas distâncias da planta-mãe. Na Amazônia brasileira, dentro da zona de ocorrência da espécie, não têm sido reportados distúrbios ambientais severos. A regeneração natural ocorre no entorno de indivíduos adultos, em áreas pequenas, comparadas as da América Central e em intervalos de tempo menores (GROGAN, 2001 b). O fato da regeneração natural ocorrer em áreas mais restritas na Amazônia, também pode explicar as menores distâncias de dispersão para as matrizes estudadas no Antimary, comparadas a outras localidades, o que pode ter influência do porte da árvore.

Figura 11. Regressão para o efeito da distância (m) sobre o número de plântulas *S. macrophylla* por ambiente (floresta, trilhas, pátios, bordas e leitos das estradas) no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre



*GL= graus de liberdade; R²= coeficiente de determinação; QME=Quadrado médio do erro ; CBS = critério Bayesiano de Schwarz; CIB= Critério de Informação Bayesiano

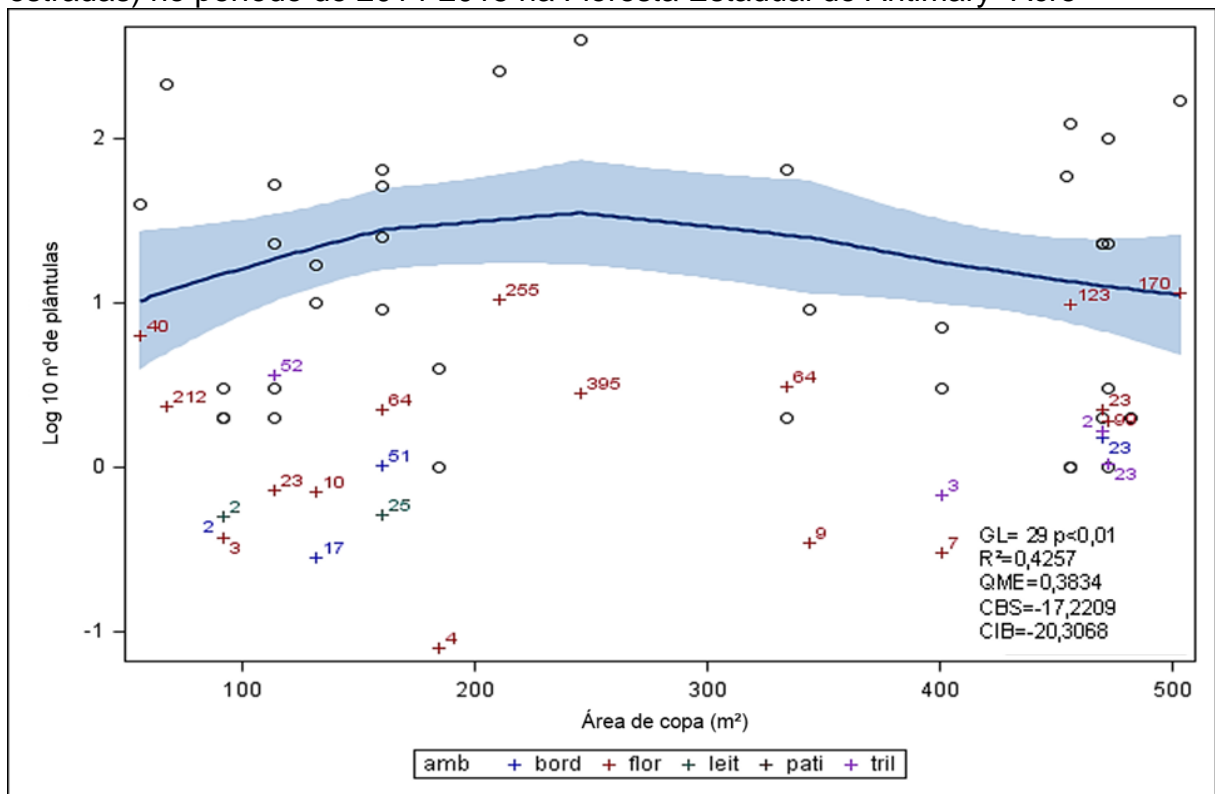
5.3 Influência da área de projeção da copa e da altura total no número de plântulas de *S. macrophylla*

Embora a área de projeção da copa tenha explicado apenas 42,57% ($r^2=0,4257$), da variação no número de plântulas por ambiente, podemos afirmar pela natureza do experimento (variabilidade no número de plântulas por matriz, Apêndice 1 A), que a variável apresentou um bom ajuste ao modelo de regressão, o modelo da regressão foi significativo, $p<0,01$ (Figura 12). O número de plântulas aumentou conforme acréscimo na áreas da copa das matrizes, alcançando maiores valores absolutos de plântulas para áreas de projeção das copas com 200-300 m², e menores nas faixas de 350-400 m², se mantendo estáveis de 450-500 m². Os resultados são similares aos de Norghauer, Nock, e Grogan (2011), para Marajoara-Pará na Amazônia Oriental, onde a área da copa, foi o parâmetro que melhor explicou a variação no número de sementes nesse caso por direção.

As áreas de projeção da copa variaram de 55,96-502,93 m², com média de 282,58 m², (Apêndice 2 A). Em outros estudos na Amazônia brasileira foram levantadas áreas de copa de 37-612 m² (NORGHAUER, NOCK e GROGAN,2011), 7 m² -550 m² (GROGAN e LOVELESS, 2013). Em Belize a área de copa média foi de 97,3 m² (SHONO e SNOOK,2006). Os autores, levantaram áreas de copa altas, assim como na FEA e valores mínimos, e médios inferiores ao do presente estudo. Embora, Norghauer, Nock, e Grogan também tenham avaliado apenas árvores matrizes. Após 40 anos de estabelecimento as árvores de mogno em plantios, desenvolvem grandes copas, com larguras de até 17,4 vezes o seu diâmetro (WADSWORTH et al, 2003). Em floresta nativa as áreas de copa variaram 15 vezes (NORGHAUER, NOCK e GROGAN,2011). Ambos os resultados difeririam dos mensurados para as matrizes de mogno no Antimary, onde houve variação de pouco mais de oito vezes, nos valores de área de copa, o que significa que as árvores analisadas tem padrão de áreas de copa mais uniformes.

Mesmo a área de projeção da copa, tendo efeito sobre a quantidade de juvenis por ambiente , é importante ressaltar que houve matrizes com áreas de copa acima de média encontrada (282,58 m²) , com baixo número de plântulas (400,89 m² =13 plântulas), (Apêndice 2 B) , o que comprova que além da área da copa, também há interferência de outros fatores nas taxas de produção de plântulas por ambiente (ex. DAP, altura, condições ambientais).

Figura 12- Regressão para o efeito da área de projeção da copa (m^2) sobre o número de plântulas *S. macrophylla* por ambiente (floresta, trilhas, pátios, bordas e leitos das estradas) no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary -Acre



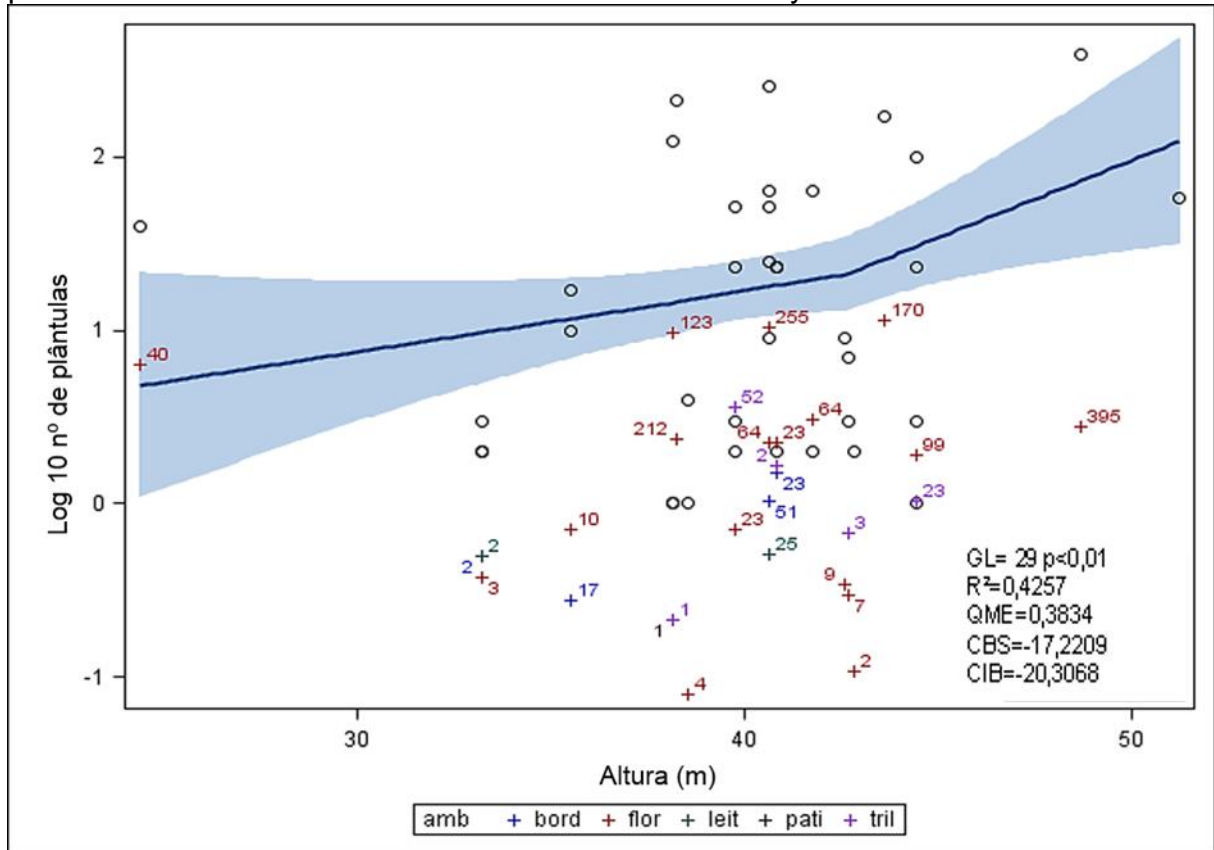
*GL= graus de liberdade; R^2 = coeficiente de determinação; QME=Quadrado médio do erro ; CBS = critério Bayesiano de Schwarz; CIB= Critério de Informação Bayesiano

A altura total explicou 38,34% ($r^2 = 0,3834$), da variação no número de plântulas por ambiente, assim como, a área de projeção da copa, embora o ajuste tenha sido baixo, a variável explicou bem o modelo de regressão que foi significativo, $p < 0,01$ (Figura 13). A média de altura das matrizes foi de 40,51 m, com máxima de 51,21 m, e mínima de 24,37 m, (Apêndice 2 A). O número de plântulas foi crescente nas classes de altura mais elevadas, alcançando auge de produção de plântulas próximo aos 50 m. Da Cunha (2016), em outras áreas do Acre também sem histórico de extração da *S. macrophylla*, mensurou altura mínima de 15,5 m, média de 28,1 m e máxima de 39,9 m. Na Floresta de Quintana Roo no México a altura máxima para árvores comerciais de mogno foi de 42,4 m (NEGREROS-CASTILHO e MIZE, 2014), diferindo do padrão encontrado na FEA. Na Península de Yucatán, também no México as alturas variaram 19,7- 29,4 m, (CAMARÁ-CABRALES e KELTY, 2009).

A altura da *S. macrophylla* comumente varia de 30-40 m, em condições ambientais ideais pode atingir até 60 m (ORWA et al., 2009). Além disso, o padrão altura varia conforme o ambiente estudado, e a forma de medição, medidas de estimativa tendem a um valor de altura mais elevado, se comparada a medições diretas, nos trabalhos mencionados as alturas foram estimadas com hipsômetro, enquanto as alturas para as matrizes do experimento foram obtidas através do sistema de perfilhamento por LIDAR aerotransportado, empregado na área florestal por fornecer dados exatos sobre altura das árvores, medida de difícil obtenção pelos métodos convencionais (GIONGO et al., 2010).

Norghauer, Grogan e Nock (2011), não encontraram relação significativa entre a altura das matrizes e a quantidade de sementes dispersadas, não havendo similaridade com os dados levantados para o Antimary, mesmo não tendo sido feita a regressão para altura e dispersão, por conta da falta de dados sobre dispersão de sementes, através das informações levantadas para número de plântulas por ambiente e altura, é possível denotar que quanto maior a altura e área de copa, houve maior dispersão de sementes, fato que explica a maior produção de plântulas para árvores com padrão de variáveis morfométricas mais elevadas (altura e área de projeção de copa).

Figura 13- Regressão para o efeito da altura total sobre o número de plântulas *S. macrophylla* por ambiente (floresta, trilhas, pátios, bordas e leitos das estradas) no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre



*GL= graus de liberdade; R²= coeficiente de determinação; QME=Quadrado médio do erro ; CBS = critério Bayesiano de Schwarz; CIB= Critério de Informação Bayesiano

5.4 Recrutamento, sobrevivência e mortalidade de plântulas de *S. macrophylla* em função da direção

Ao verificar a regeneração natural da *S. macrophylla*, expressa em percentagem de plântulas (Figura 14), conforme o sentido dos ventos (Norte, Sul, Leste e Oeste). Foram mensurados no período pós dispersivo 2014 (outubro e novembro), 36,07% das plântulas a Oeste, 27,63% ao Sul, 21% ao Norte e 15,30% a leste, corroborando com algumas literaturas relacionadas, em que também houve maior dispersão de propágulos a Oeste da matriz e menor a Leste (ex. GROGAN e GALVÃO, 2006; NORGHAUER et al., 2011; NORGHAUER et al., 2015). Diferindo dos resultados de Camará-Cabrales e Kelty (2009), onde houve maior proporção de propágulos no sentido Norte. Ambos autores, denotam que os padrões de dispersão são fortemente influenciados pela direção dos ventos. Em indivíduos de porte menor, praticamente não há efeito da direção (ALCALÁ, ALONSO e GUTIÉRREZ-GRANADOS, 2014). Além das variáveis morfométricas observadas, a direção dos ventos dominantes exerceram influência nos padrões de regeneração natural da espécie, possivelmente há correlação entre a posição e o formato da copa da árvore e a maior ou menor proporção de plântulas de acordo com a orientação (Observação pessoal).

A Oeste morreram 63,62 % do total de plântulas nessa orientação e sobreviveram 36,38%, ao Sul a taxa de mortalidade foi de 63,76%, com 36,24% de sobrevivência, ao Norte houve 77,04% de mortalidade, com taxa de sobrevivência de 22,96%, enquanto a Leste 57,58% das plântulas morreram e 42,42% sobreviveram. Como observado, a mortalidade em relação a direção dos ventos foi alta, nos nove primeiros meses após o estabelecimento das plântulas, em nenhuma das direções houve ao menos 50% de sobrevivência. Grogan, Barreto e Veríssimo (2002), mencionam que a dispersão das sementes pode ocorrer em áreas não apropriadas para o desenvolvimento dos juvenis, sendo esta a explicação mais plausível, já que para os padrões de regeneração observados na FEA, a direção não influenciou a sobrevivência das plântulas, o fator responsável pelo maior ou menor de índice de desenvolvimento, foi as condições do ambiente onde as sementes foram depositadas, tais como umidade, luminosidade e competição, por exemplo (observação pessoal).

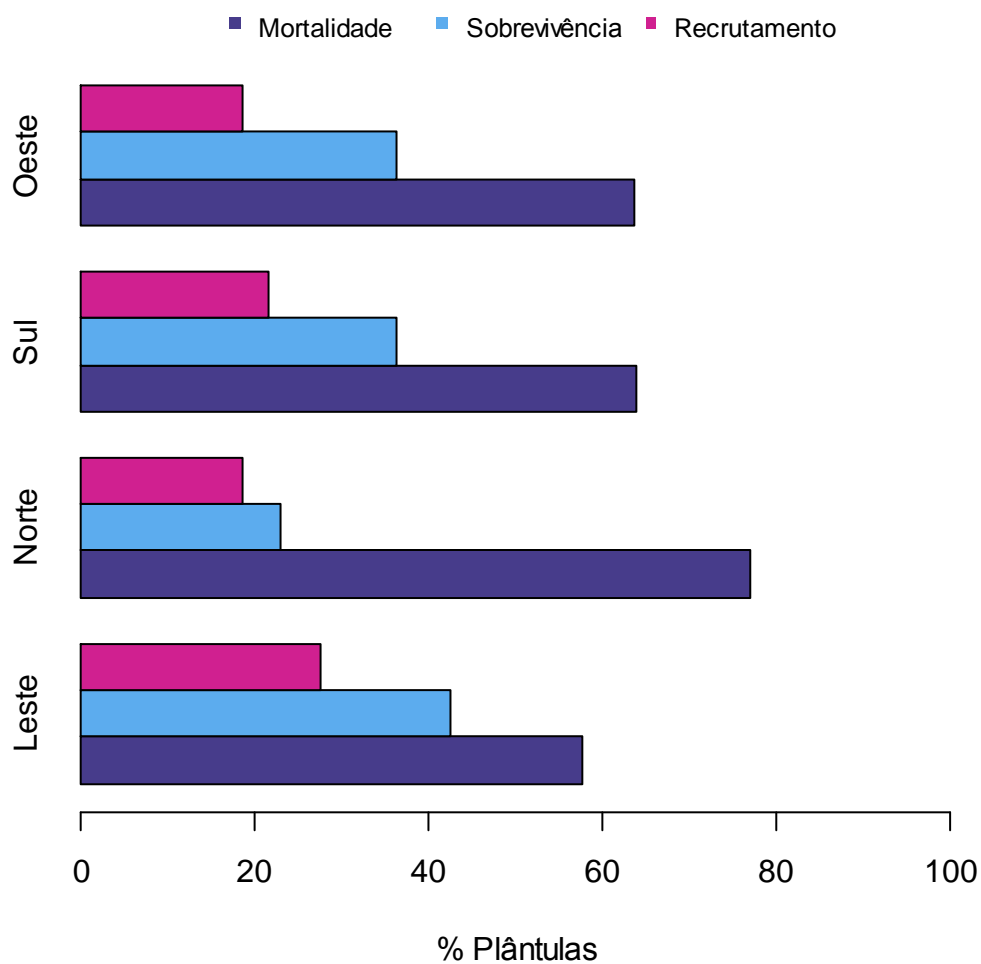
Em relação ao número de ingressos por direção, a Leste da árvore matriz houve uma taxa de ingressos de 27,58%, ao Sul 21,55%, a Oeste 18,64% e a Norte 18,54%.

Cabe salientar, que no ano de 2014 na FEA, o período dispersivo da *S. macrophylla* foi prolongado para além dos meses de outubro e novembro, época em que normalmente ocorre a germinação das sementes de mogno na Amazônia brasileira (NORGHAUER et al.,2006). Tendo ocorrido provavelmente até o mês de dezembro, resultado semelhante ao ocorrido em 2002 em Yucatán no México, onde o prolongamento da estação chuvosa também aumentou a época de dispersão dos propágulos (CAMARÁ-CABRALES e KELTY,2009). As plântulas levantadas como ingressos na Figura 12, pertencem ao denominado segundo ciclo de regeneração 2014, pelas características morfológicas observadas e pelo fato de que das 20 matrizes delimitadas para o experimento, somente duas frutificaram em 2015, sem produção de plântulas observada.

Uma hipótese levantada por Baima (2001) e Grogan e Loveless (2013), para este fato seria que o padrão de florescimento do mogno em áreas da Amazônia brasileira varia de anual a supra anual (> um ano). Porém, embora tenha havido frutificação observada em apenas 10% das árvores estudadas em 2015, enquanto no ano anterior todas apresentaram floração e frutificação, no levantamento amostral para seleção das árvores matrizes, verificou-se que houve frutificação em 2013, pela presença de restos de frutos, plântulas mesmo que em baixas proporções. Em Marajoara-PA para 23 árvores de mogno somente aquelas com diâmetro superior a 70 cm floresceram anualmente (GROGAN e LOVELESS,2013). Em Quintana Roo-México durante seis anos de acompanhamento 93% das árvores de maior porte, produziram frutos anualmente (SNOOK, CAMARÁ-CABRALES e KELTY, 2005).

Para FEA, todas as matrizes observadas tem DAP> 77 cm, observamos que possivelmente há anos com alta produção de frutos, seguidos de anos com baixa produção. No entanto, para certificação do padrão de floração e frutificação seria necessário o acompanhamento anual da fenologia da *S. macrophylla* no local de estudo, num período superior ao que foi realizado de 18 meses, conforme preconizado por Pinto, Morellato e Barbosa (2008), que desenvolveram estudos nesse sentido para *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (cumarú), na Amazônia Central durante 26 anos.

Figura 14- Percentual de plântulas *S. macrophylla* recrutadas, sobreviventes e mortas observadas nos transectos instalados ao redor das árvores matrizes (n=20), seguindo as orientações Norte, Sul, Leste e Oeste no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre



5.5 Recrutamento, sobrevivência e mortalidade de plântulas de *S. macrophylla* em função do ambiente

Das 1957 plântulas inventariadas dentro da floresta 64,84% morreram entre os dois levantamentos, restando 35,16%, nas trilhas de arraste a porcentagem de mortalidade foi de 67,31% e de sobrevivência 32,69%, nas bordas das estradas 51,72% das plântulas morreram, com 48,28% de sobrevivência, nos leitos das estradas a porcentagem de mortalidade foi de 20% e 80% de sobrevivência, nos pátios de estocagem 25% das plântulas amostradas morreram com índice de sobrevivência de 75%. Quanto ao recrutamento, na floresta foi levantado um percentual de ingressos de 20,23%, nas bordas 2,59%, nos leitos uma plântula 1,43%, nos pátios e trilhas não houveram ingressos (Figura 15).

Os pátios e leitos de estradas, foram os locais onde as plântulas se estabeleceram melhor. A alta sobrevivência nos leitos das estradas foi influenciada além da maior entrada de luz, pelo distanciamento do talhão para o entorno dos locais frequentados pelos moradores, por não ter havido tráfego de carros e máquinas, já que não foi realizada exploração madeireira na área nos dois anos observados, motivo que também favoreceu as plântulas dos pátios (observação pessoal). O que significa que os ambientes com maior frequência de plântulas não são os mais propícios ao seu estabelecimento, em função principalmente da incidência de luz, as trilhas sofreram influência direta da floresta pela proximidade, o que também pode ter afetado as plântulas presentes nas bordas. Os dados corroboram com as literaturas que citam que as chances de sobrevivência são maiores nas clareiras (D'OLIVEIRA, 2000; GROGAN et al., 2005; NEGREROS-CASTILLO e MIZE, 2008; ESCALANTE et al., 2012). Norghauer et al., (2011), também evidenciaram alta mortalidade de plântulas na floresta, assim como Gullison e Hubbel, (1992); Gullison et al., (1996); Grogan et al., (2003); Negreiros-Castilho et al., (2003) Grogan et al., (2005), Verwer et al., (2008), e Free et al., (2014).

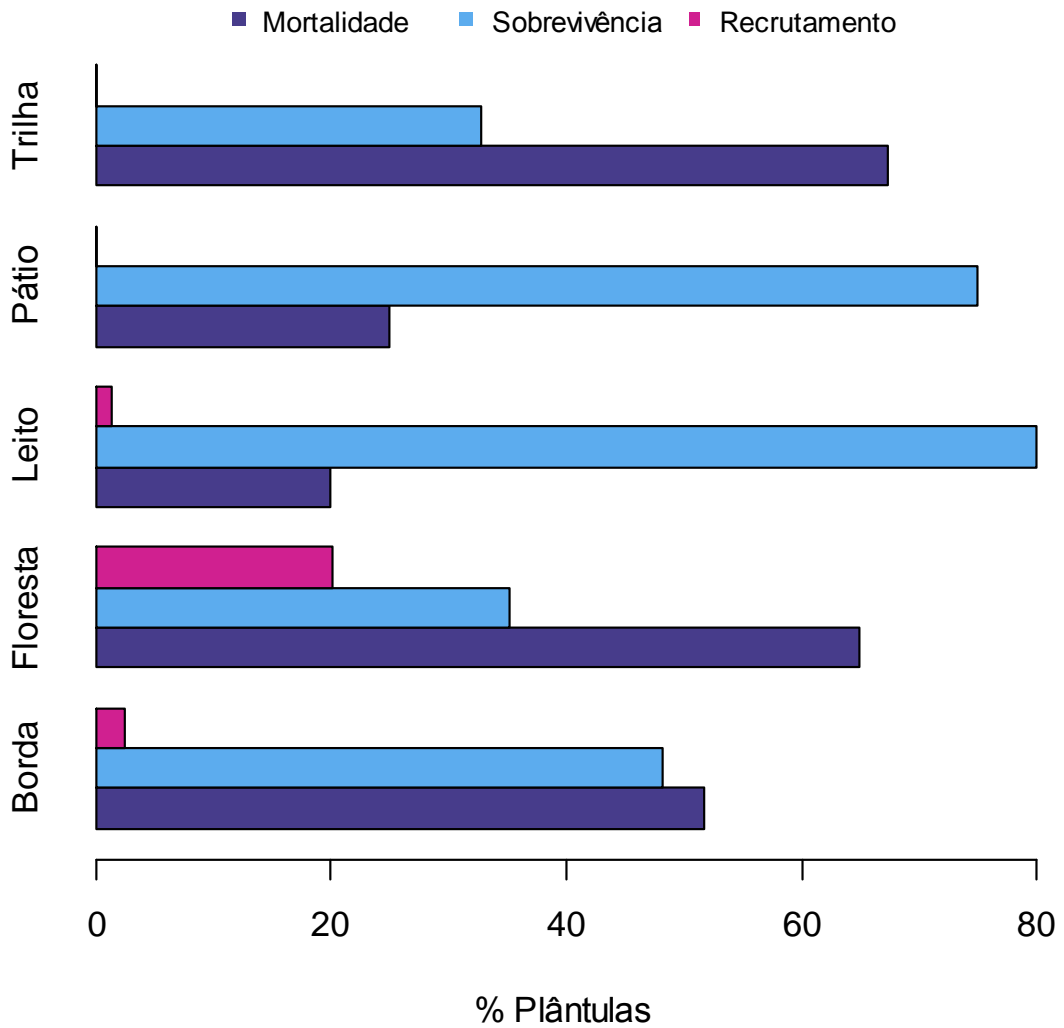
Para o ambiente de floresta, isso pode ter ocorrido principalmente em função da baixa intensidade de luz na floresta sob dossel fechado, embora as plântulas não necessitem de luz para germinar, a falta dela retardou ou impediu o desenvolvimento (observação pessoal), conforme também mencionado por Gullison e Hubbell, (1992); Grogan et al., (2014), e Abdala-Roberts et al., (2014) e Free et al., (2014). Foi observado que as plântulas que sobreviveram no intervalo entre os levantamentos,

estavam localizadas em partes da floresta que permitiam a entrada de luz (pequenas lacunas), um outro fator determinante foi que as sementes germinaram em todos os lugares, houve faixas com amontoados de plântulas, a competição por luz, espaço e nutrientes pode ter sido outro fator determinante para o alto de índice de mortalidade (observação pessoal).

A intensidade de chuvas pode ter afetado a dinâmica de sobrevivência dentro da floresta intacta, haviam muitas plântulas recém germinadas, alguns ainda dentro do fruto que podem ter sido carregados pelas águas tanto das chuvas, quanto dos igarapés que encheram, haviam muitas plântulas próximas aos cursos d'água (observação pessoal). Apesar dessas variáveis (abertura do dossel, taxa de competição, precipitação, níveis dos cursos d'água). Carvalho et al., (2016) levantaram o nível de abertura do dossel em locais semelhantes dentro do talhão estudado, e encontraram para a área não explorada um nível de abertura de 4,03%, enquanto nos pátios 45,42%, 10,62% nas trilhas e 26,88% nas estradas, embora não sejam necessariamente as mesmas áreas, reforça a tese de que a mortalidade foi mais acentuada nos locais com menor luminosidade.

Outras causas para mortalidade na floresta fechada reportadas pela literatura são: predação por animais (GULLISSON e HUBBEL, 1992; BAIMA, 2001; GROGAN et al., 2014), e ataque por pragas (GROGAN et al., 2005). O ataque por pragas na FEA foi baixo, somente 51 plântulas (31 na floresta e 20 nos demais ambientes), apresentaram sintomas de ataque por insetos (grilos e *Hypsipyla grandella*), não indo ao encontro de inúmeras publicações, que atribuem ao ataque desse praga, o principal motivo da alta mortalidade em plântulas de mogno (BECKER, 1976; HOWARD e GIBLINDAVIS, 1997; GROGAN et al., 2002; SOTO, DOMÍNGUEZ e MATRIGAL, 2009; LUNZ et al., 2009; SOARES et al., 2010; NORGHAUER et al., 2015), reportando o ataque desde a fase de semente (HOWARD e GIBLINDAVIS, 1997), até arvoretas (SOTO, DOMÍNGUEZ e MATRIGAL, 2009). Norghauer et al., (2015), também encontraram baixos índices de ataque da broca dos ponteiros em plântulas de *S. macrophylla* na América Central. A predação por animais não foi avaliada para o Antimary.

Figura 15. Percentual de plântulas *S. macrophylla* recrutadas, sobreviventes e mortas observadas nas parcelas experimentais nos ambientes de floresta, trilhas, pátios, bordas e leitos de estrada no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre



5.6 Comportamento físico-químico do solo em função do ambiente

Para as análises de diferença estatística entre médias dos componentes químicos pelo teste de Tuckey, (Apêndice 3), para o fósforo (P), matéria orgânica (M.O) e carbono orgânico (C.O), a floresta não perturbada se diferenciou dos demais ambientes, por apresentar percentuais mais baixos desses nutrientes, como pode ser visualizado na Figuras 16,17 e 18. Para os pátios os teores aumentaram de acordo com a profundidade. As trilhas e estradas apresentaram maior adição de fósforo (nutriente que auxilia os estabelecimento das plântulas), material orgânico e conseqüentemente acúmulo de C.O nas profundidades iniciais (0-20 cm), o que deveria ter sido um ponto favorável para que as plântulas nesse ambiente tivessem se estabelecido melhor do que nos outros locais, o que não ocorreu, já que nas trilhas foram levantadas as maiores taxas de mortalidade.

A compactação não interferiu nos padrões de sobrevivência, pois não houve diferença significativa entre as médias de densidade por ambiente, assim como a umidade (Apêndices 4 A e B). Medina et al., (2014), levantaram dados químicos do solo para Quintana Roo-México e Pará-Brasil, os dados da área do Pará, foram semelhantes ao do presente estudo, pH entre 4,5 e 5,5 (Antimary- 4,12-5,28 Apêndice 3 F), os solos nas duas áreas são mais ácidos, do que Quintana-Roo México (pH=7,8). Os percentuais de matéria orgânica em Quintana-Roo também foram mais elevados (100-350 g/ Kg), enquanto no Antimary 3,55-52,62 g/Kg e no Pará-0-50 g/Kg, bem como as concentrações de P, K e Mg.

Ou seja, quimicamente o solo mexicano é mais rico que os das áreas brasileiras analisadas, o que pode exercer influência nas altas taxas de plântulas /ha¹ e árvores adultas já mencionadas anteriormente para a regiões, contrapondo as densidades de plântulas e árvores de porte comercial da FEA, e de outros estudos na Amazônia brasileira. As plântulas de mogno se estabelecem melhor em solos escuros, com maior acúmulo de matéria orgânica (NEGREROS-CASTILLO e MIZE,2013). Mesmo o ambiente de trilha tendo maior teores de P, M.O e C.O, as quantidades foram baixas.

Figura 16-Comportamento do fósforo entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre

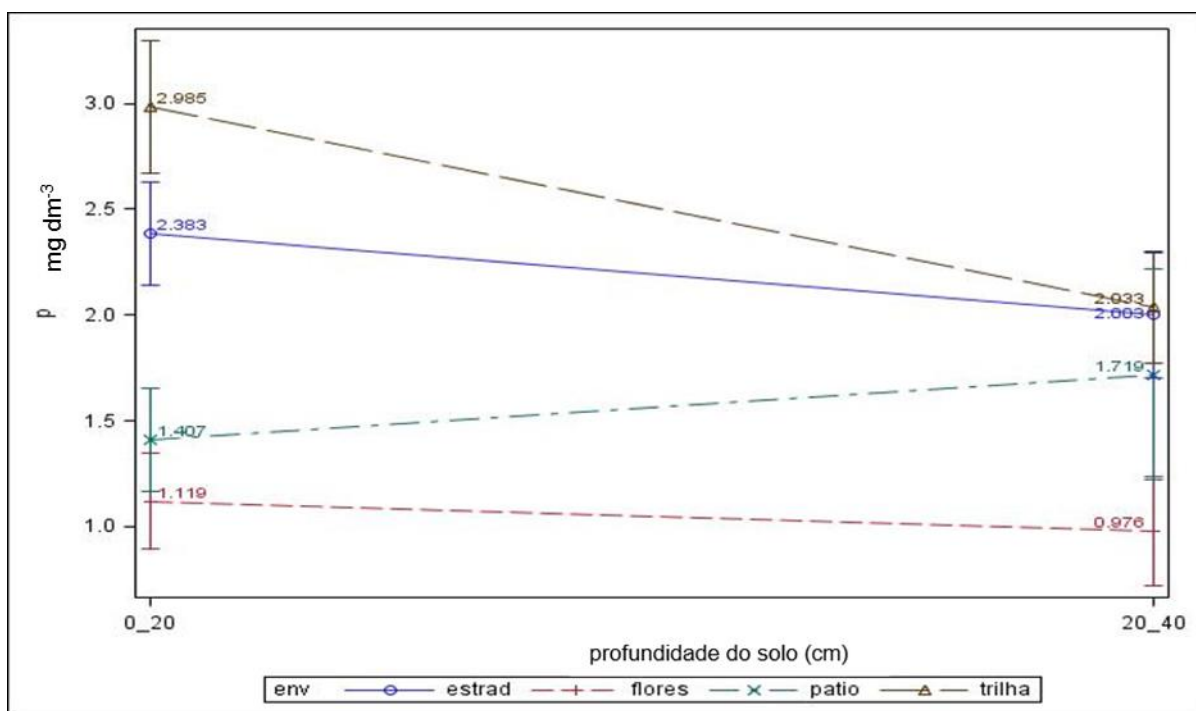


Figura 17- Comportamento da matéria orgânica entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre

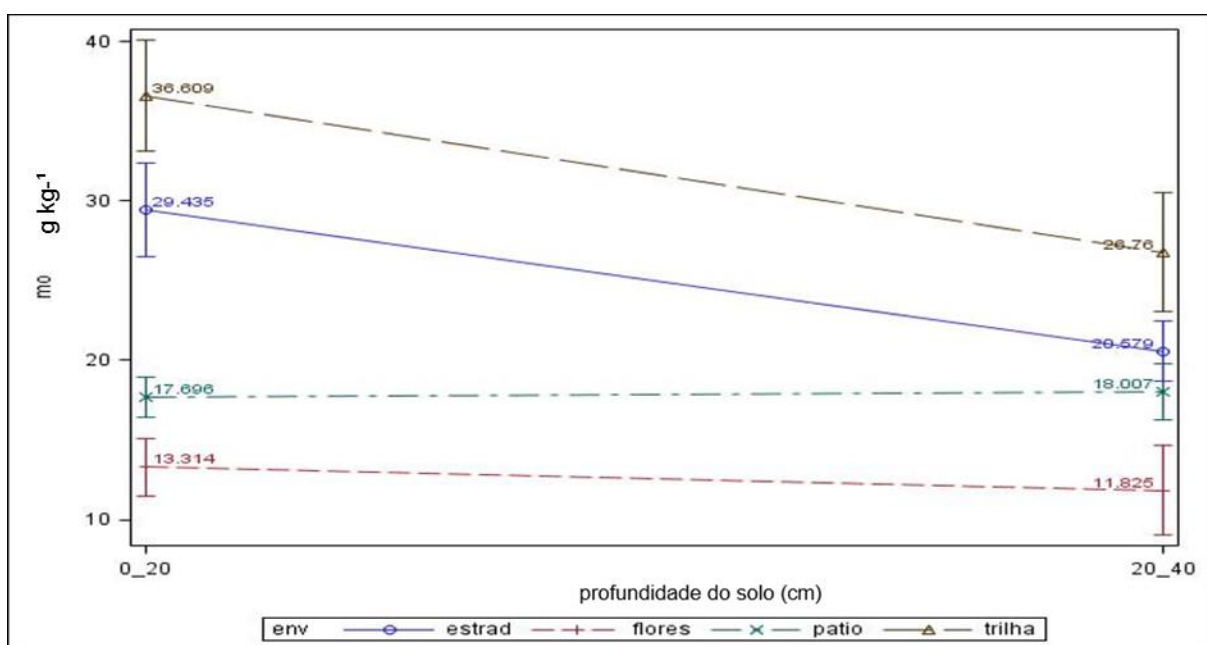
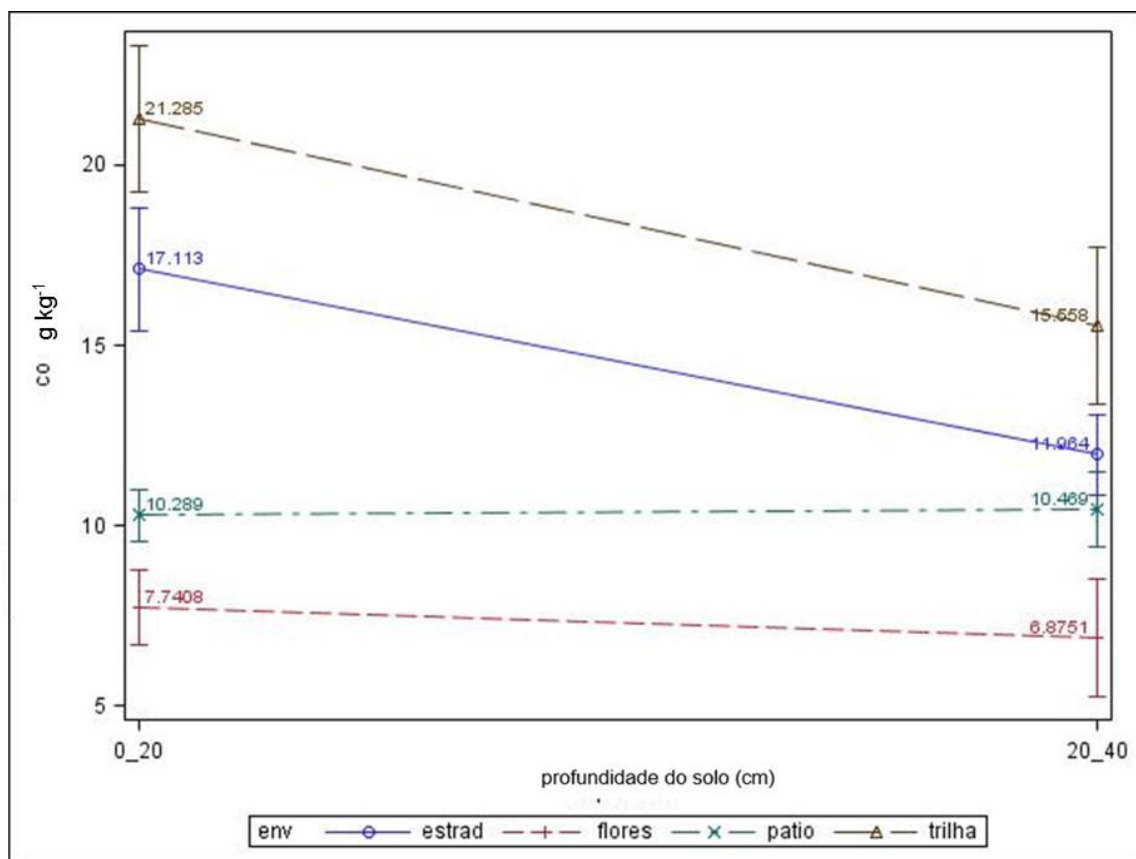


Figura 18- Comportamento do carbono orgânico entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre



5.7 Crescimento das plântulas em altura

Considerando a análise de regressão para o crescimento em altura das plântulas no ambiente mais significativo (floresta inexplorada), a distância não apresentou um bom ajuste ($r^2= 0,004$), de acordo com a orientação (N, S, L, O), Figura 19. O crescimento máximo foi de cerca de 10 mm na faixa de distância próxima a 40 m da matriz no sentido Oeste, nas faixas iniciais de medição o crescimento foi inferior a 5 mm no período de nove meses. O baixo crescimento das plântulas localizadas mais próximas das matrizes pode ter ocorrido pelo fato que estas estão dentro do raio de projeção das copas, como já mencionado em outro momento, em geral tiveram áreas de projeção grandes. Portanto, estas plântulas podem ter sofrido maior influência do sombreamento, observação também realizada por Wadsworth e González (2008), segundo esses autores a iluminação da copa é um fator crítico para o crescimento rápido. Resultado similar aos trabalhos de Dickinson, Whitman e Herman (2000), e Baima (2001), de que a sobrevivência e o crescimento do mogno são limitados, observações realizadas no México e Pará e respectivamente.

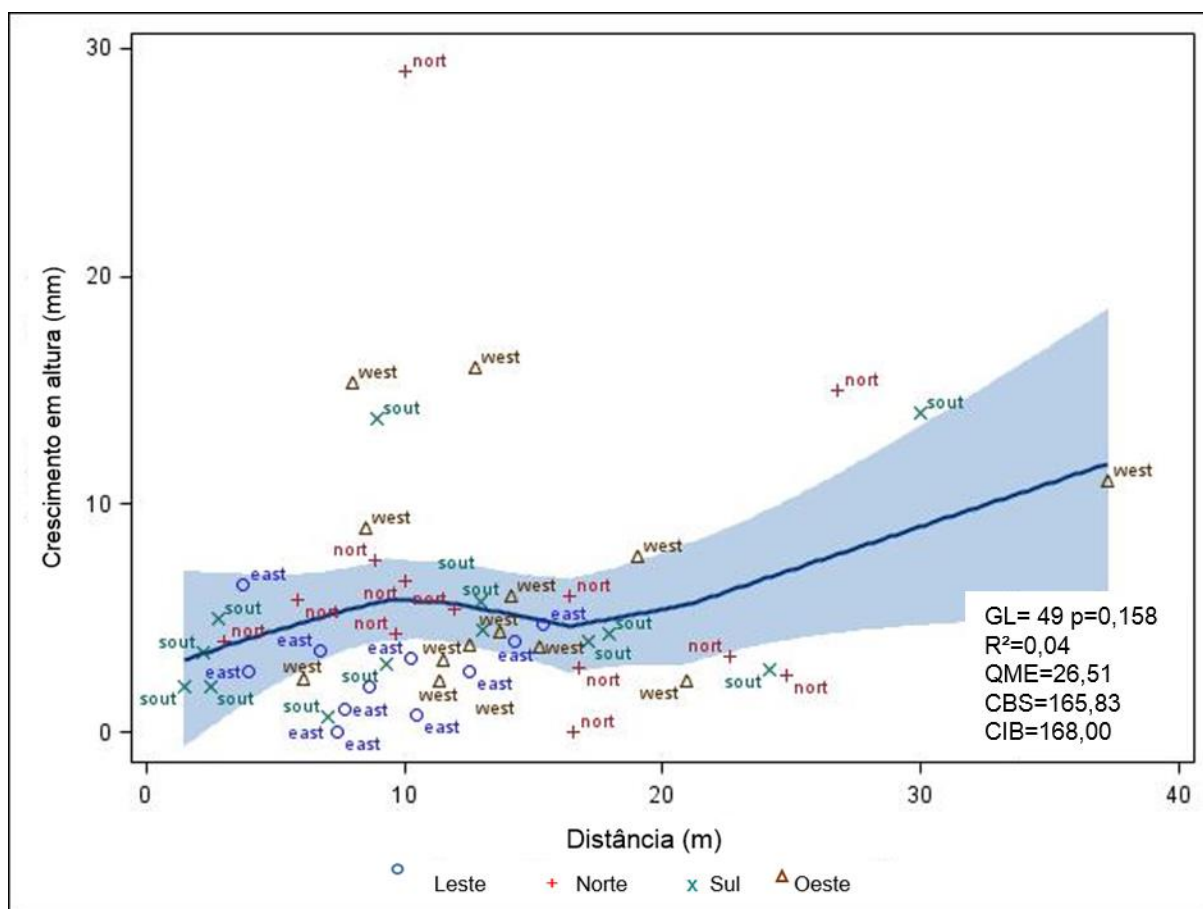
Gullison e Hubbell (1992), Gullison et al., (1996), Azevedo (2009) e Abdala-Roberts et al., (2014), também mencionam que o desenvolvimento de mudas de mogno é mais acentuado sob a luz, o que favorece seu crescimento em altura, junto com a abertura de clareiras abertas pela exploração madeireira, serão fechadas rapidamente, e poucas mudas de mogno atingirão o dossel da floresta (NEGREROS-CASTILLO e MIZE, 2008). Observou-se que no caso da FEA não foi encontrada nenhuma muda com altura superior a 1,30 m, ou seja a regeneração é recente, e nas condições naturais as mudas dificilmente chegarão a fase adulta, observação também realizada Günter, (1999) na Bolívia e Baima (2001). Grogan (2001), cita que em condições ideais, solos ricos em nutrientes, e condições ideais de luz, as plântulas podem crescer 3,5 m de altura anuais. No entanto, em plantios em clareiras, todos autores citados levantaram crescimento inferior a esse, 1 m anual (LOPES, JENNINGS e MATNI, 2008), 60 cm (D' OLIVEIRA, 2000), 45 cm (NEGREROS-CASTILLO e MIZE, 2008).

Para os padrões observados da disponibilidade de luz e competição, seria impossível que as plântulas crescessem tanto em um curto período de tempo, sem nenhum tipo de intervenção silvicultural. Mesmo em lacunas ocasionadas pela extração madeireira, o crescimento das mudas só será acelerado se forem realizadas

intervenções (NAVARRO-CERRILLO et al., 2011). O que denota que em condições de dossel fechado esse crescimento será bem inferior, por conta das próprias condições locais e da *S. macrophylla* ter um padrão de crescimento lento, conforme Gonçalves et al., (2012). Segundo Whitman, Brokaw e Hagan (1997), a taxa de nutrientes no solo pode ser um fator de relevância nos padrões de crescimento.

Grogan, Ashton e Galvão (2003), destacam o cálcio e o magnésio como principais nutrientes que favorecem o crescimento das plântulas de mogno. Para a FEA, os valores de Ca diminuíram com acréscimo da profundidade, exceto nos pátios onde houve comportamento inverso. Para o Mg nos ambientes de floresta e pátio os teores aumentaram nas profundidades de 20-40 cm, como pode ser visualizado nas Figuras 20 e 21. Malavolta (1992), recomenda para solos da Amazônia brasileira, que o teores adequados para Ca sejam em torno de 30-40 cmol.dm³ e Mg 10-15 cmol. dm³. Como observado, os teores de Ca e Mg foram muito baixos, o que corrobora com Lopes, Jennings e Matni (2008), que além do nível de abertura do dossel, o sucesso da regeneração natural também pode ser dependente da fertilidade do solo.

Figura 19- Regressão para o crescimento em altura (m) das plântulas de *S. macrophylla* de acordo com a distância e orientação (N, S,L,O) no ambiente de floresta não perturbada no ano de 2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre



*GL= graus de liberdade; R²= coeficiente de determinação; QME=Quadrado médio do erro ; CBS = critério Bayesiano de Schwarz; CIB= Critério de Informação Bayesiano

Figura 20. Comportamento do cálcio entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre

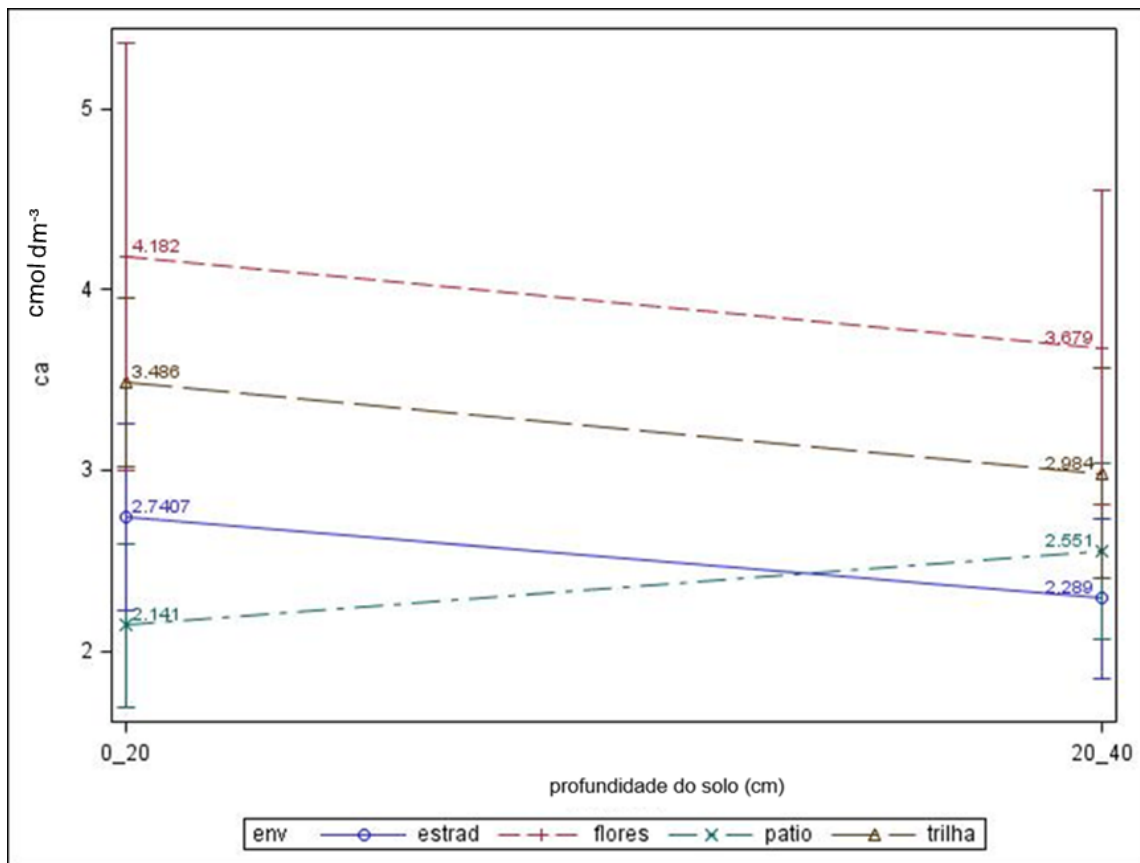
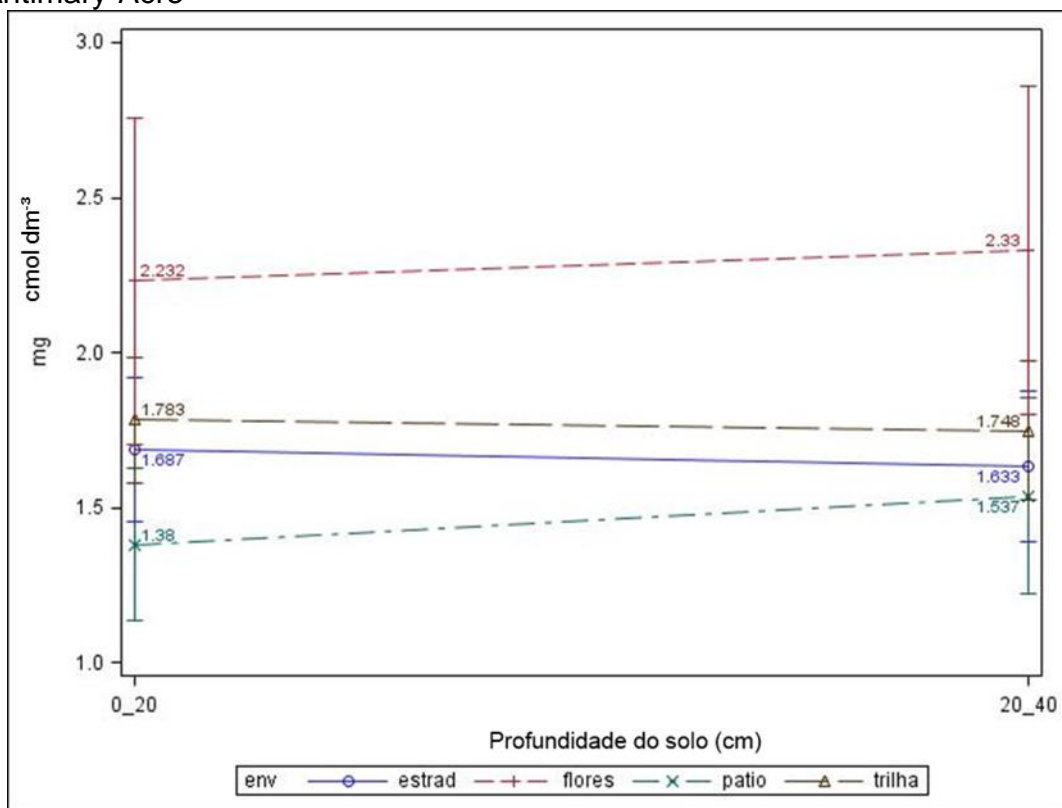


Figura 21. Comportamento do magnésio entre os ambientes de estrada, floresta, pátio e trilha, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em 2014 na Floresta Estadual do Antimary-Acre



6. CONCLUSÕES

- Apesar de que as plântulas de mogno dentro da floresta não perturbada foram observadas até a distância até 40 m das matrizes, a maior parte delas foram amostradas entre 0-15 metros, limitando o estabelecimento da espécie em locais mais distantes como nos demais ambiente estudados.
- Devido a limitação da distância o número total de plântulas foi fortemente influenciado pelo ambiente, sendo mais representativo na floresta sem intervenção e menor nos pátios de estocagem.
- A maior dispersão de sementes ocorreu na direção a Oeste das matrizes. Não houve efeito estatístico da direção (Norte, Sul, Leste e Oeste), na dinâmica de regeneração natural do mogno na FEA. Em todas as orientações observadas a mortalidade foi superior a 50% e o maior percentual de ingressos foi observado a Leste das matrizes.
- O maior percentual de ingressos foi levantado na floresta não perturbada. No

ambiente de trilha a mortalidade das plântulas foi mais acentuada. Os leitos de estradas e pátios apresentaram melhor potencial para estabelecimento das plântulas, possivelmente pela maior incidência de luz.

- e) As variáveis altura, área de projeção da copa e DAP, também apresentaram efeitos representativos no total de plântulas, quanto maior o porte da árvore matriz mais elevada foi a produção.
- f) O crescimento em altura (mm) das plântulas não floresta não perturbada não foi significativo no período de tempo avaliado, foi maior nas faixas de medição mais distantes das matrizes, os teores de Ca e Mg foram baixos.
- g) Os teores de P, M.O, C.O na floresta inexplorada, foram inferiores ao demais locais estudados. Entretanto, de modo geral foram baixos para todos os ambientes e não houve efeito dos fatores físicos (densidade e umidade) nos padrões de sobrevivência do mogno.
- h) Embora o mogno tenha sido preservado e a exploração madeireira tenha criado ambientes favoráveis ao desenvolvimento das plântulas, não houve regeneração diferenciada nos ambientes explorados, o que denota que pode ser necessário a inserção de intervenções silviculturais, como regeneração artificial e correção de solo e adubação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA-ROBERTS, L; MOREIRA, X; CERVERA, J.C; PARRA, V. Light Availability Influences Growth-Defense Trade-Offs in Big-Leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla* King). **Biotropica**,v. 46,n.5,p. 591–597, 2014.

ACRE (Estado). **Decreto nº. 13.321 de 01 de dezembro de 2005**. Altera e acresce dispositivos ao Decreto 046 de 07 de fevereiro de 1997, que cria a Floresta Estadual do Antimary.

ALCALÁ, R.E; ALONSO, R.L; GUTIÉRREZ-GRANADOS, G. Seed shadow of *Swietenia Macrophylla* remnant trees in a mexican rainforest: implications for forest management. **Botanical Sciences**,v. 92,n.4,p. 599-605, 2014.

ALVES, M.V.G. **Estimativa de variáveis florestais com perfilamento a laser (LiDAR)**. 140 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR,2010.

ANDERSEN, H.; REUTEBUCH, S. E.; McGAUGHEY, R. J.; D'OLIVEIRA, M. V. N.; KELLER, M. Monitoring selective logging in western Amazonia with repeat LIDAR flights. *Remote Sensing of Environment*, Amsterdam, v. 151, p. 157-165, Aug. 2014. ASNER,

ANGELO, H; SILVA, J.C; ALMEIDA, A.N; POMPERMAYER, R.S. Análise estratégica do manejo florestal na Amazônia brasileira. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 341 - 348,2014.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon Press, 506 p,1970.

AZEVEDO, G.F.C. **Ecofisiologia em mudas de acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.) e mogno (*Swietenia macrophylla* King.) aclimatadas à campos abertos**. 81f. Dissertação (mestrado)- Biologia e Recursos Naturais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, AM,2009.

BAIMA, A.M.V.O **status de *Swietenia macrophylla* King (mogno) em duas florestas exploradas: o caso de Marabá e Rio Maria no estado do Pará; 2001**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA,2001.

BARROS, P. L. C. de. CARVALHO, J. O. P. de; ALMEIDA, M. R. D.; SILVA, J. L. F.; SILVA, T. P.; OLIVEIRA, L. R.; COSTA, J. P. **Ecologia e silvicultura do Mogno (*Swietenia macrophylla* King) na Amazônia Ocidental brasileira**. Disponível em: <<http://www.theamazonalternative.org/files/download/431/Relat%C3%83%C2%B3rio%20Fase%20I%20%20vers%C3%83%C2%A3o%20Portugu%C3%83%C2%AAAs.pdf>>. Acesso em: 24 mai.2014.

BEHAN, A. On the matching accuracy of rasterized scanning laser altimeter data. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v. 33, n. 2, p. 75-80, 2000.

BECKER, V.O. Microlepidópteros associados con *Carapa*, *Cedrela* y *Swietenia* en Costa Rica. **Biologia Tropical**, n.24, v.1, p.143-175, 1976.

BRASIL. **Decreto nº 2.687, de 27 de julho de 1998**. Suspende a exploração da espécie mogno (*Swietenia Macrophylla* King) na Região Amazônica, pelo período de dois anos, e dá outras providências. Disponível em: <<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/110913/decreto-2687-98#par-1--art-1>>. Acesso em: 05 jun.2015.

BRASIL. **Decreto nº 4.593, de 13 de fevereiro de 2003**. Suspende a exploração da espécie Mogno (*Swietenia macrophylla* King) no Território Nacional, pelo período de cento e cinquenta dias, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4593.htm>. Acesso em: 05 jun.2014.

BRASIL. **Decreto nº 4.722, de 5 de junho de 2003**. Estabelece critérios para exploração da espécie *Swietenia macrophylla* King (mogno), e dá outras providências. Disponível em: <<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/98597/decreto-4722-03>>. Acesso em: 05 jun.2015.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 16 de 23 de setembro de 2008**. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes do Anexo I a esta Instrução Normativa. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/estruturas/179>>. Acesso em: 22 jul.2014.

BRASIL. **Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014**. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_443

_2014_lista_esp%C3%A9cies_amea%C3%A7adas_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf.
Acesso em: 25-de nov.2015.

BRASIL. **Instrução normativa nº 1, de 12 de fevereiro de 2015.** Regulamenta a exploração comercial de madeira da flora que integra a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção. Disponível em:<http://www.lex.com.br/legis_26485622_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_1_DE_12_DE_FEVEREIRO_DE_2015.aspx>. Acesso em: 30 de nov.2015;

BREED, M. F.; GARDNER, M. G.; OTTEWELL, K. M.; NAVARRO, C. M.; LOWE, A. J. Shifts in reproductive assurance strategies and inbreeding costs associated with habitat fragmentation in Central American mahogany. **Ecology Letters**, v.15, n.5, p.444–452, 2012.

BROWN, N.; JENNINGS, S. CLEMENTS, T. The ecology, silviculture and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**. V. 6, n.1- 2, p. 37–49, 2003.

BURGER, H. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. **Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen**, v.21, p.147-176, 1939.

CAMARÁ-CABRALES, C.; KELTY, M. J. Seed dispersal of big-leaf mahogany (*Swietenia Macrophylla*) and its role in natural forest management in the Yucatán peninsula, Mexico. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 21, n.3, p. 235–245, 2009.

CARVALHO, P. E. R. **Mogno *Swietenia macrophylla* Taxonomia e Nomenclatura.** Circular técnica –Embrapa 140, Colombo, PR, 2007. Disponível em:<<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/circtec/edicoes/Circular140.pdf>>. Acesso em: 05 mai.2014.

CARVALHO, A. L.; D' OLIVEIRA, M. V. N.; PUTZ, F. E.; HIGUCHI, N. **Natural regeneration of commercial and non-commercial tree species in logged forests in the Western Amazon.** 2016, Trabalho não publicado.

CONDIT, R., HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Demography and harvest potential of Latin American timber species: data from a large permanent plot in Panama. **Rev. Journal of Tropical Forest Science**, v. 7, n.4, p. 599-622, 1995.

CORRIÀ-AINSLIE, R.; JULIO CAMARERO, J.; TOLEDO, M. Environmental heterogeneity and dispersal processes influence post-logging seedling establishment in a Chiquitano dry tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v. 349, p. 122–133, 2015.

COSTA, F; CASTILHO, C; DRUCKER, D.P; KINUPP, V; NOGUEIRA, A; SPIRONELLO, W. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 1999.

COSTA, E.A. **Influência de variáveis dendrométricas e morfométricas da copa no incremento periódico de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, Lages, SC**. 148 f. Dissertação (mestrado) em Engenharia florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.

COSTA, S.M; FEITOSA, C.T.L; CRUZ, S.S; RIBEIRO, S.B; MORAIS, A.B.F; OLIVEIRA, M.G. Crescimento do mogno em sistema silvipastoril. **Agroecossistemas**, v. 5, n. 2, p. 53-57, 2013.

D' OLIVEIRA, M.V.N. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 127, p. 67-76, 2000.

D' OLIVEIRA, M.V.N; FIGUEIREDO, E.O. PAPA, D.A. **Uso do Lidar como Ferramenta para o Manejo de Precisão** **Uso do Lidar como Ferramenta para o Manejo de Precisão em Florestas Tropicais**. – Brasília, DF: Embrapa, 2014.

DA CUNHA, T. A.; FINGER, C. A. G.; HASENAUER, H. Tree basal area increment models for *Cedrela*, *Amburana*, *Copaifera* and *Swietenia* growing in the Amazon rain forests. **Forest Ecology and Management**, v. 365, p. 174–183, 2016.

DICKINSON, M. B.; WHIGHAM, D. F.; HERMANN, S. M. Tree regeneration in felling and natural tree fall disturbances in a semi deciduous tropical forest in Mexico. **Forest Ecology and Management**, v. 134, n. 1-3, p. 137–151, 2000.

DURLO, M.A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.8, n.1, p.55-56, 1998.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. Centro Nacional de Pesquisas de Solos – CNPS. Rio de Janeiro, 1997.

ESCALANTE, E.; SARAIVA, P.; BRAVO, F. Survival and growth of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings in two provenance trials in Bolivia. **Ecología en Bolivia**, v. 47, n. 1, p. 37–52, 2012.

FIGUEIREDO, O. E; D' OLIVEIRA, M.V.N; FEARNSIDE, P; PAPA, D.A. Modelos para estimativa de volume de árvores individuais pela morfometria da copa obtida com lidar. **Cerne**.v.20.n.4, p.621-628, 2014.

FIGUEIREDO, E.O. **Modelagem biométrica para árvores individuais a partir do LIDAR em área de manejo de precisão em florestas tropicais na Amazônia Ocidental**. 104 f. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais), Instituto de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, 2014.

FREDERICKSEN, T. S.; PARIONA, W. Effect of skidder disturbance on commercial tree regeneration in logging gaps in a Bolivian tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v. 171, n. 3, p. 223–230, 2002.

FREE, C.M.et al. Management implications of long-term tree growth and mortality rates: A modeling study of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 330, p.46–54, 2014.

FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE. **Floresta Estadual do Antimary** – Volume I: estudos básicos. Rio Branco: FUNTAC, 1996. 198 p.

GIONGO, M; KOEHLER, H.S; MACHADO, S.A; KIRCHNER, F.F; MARCHETTI, M. LIDAR: princípios e aplicações florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 231–244, 2010.

GOMES, J. M; CARVALHO, J.O. P. **Distribuição diamétrica de *Swietenia macrophylla* King. (Mogno) em uma floresta ombrófila aberta na fronteira dos estados do Acre e Amazonas**. In: 62ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC. Natal, RN, 2010.

GÓMEZ, L; TORRES, S.J.R. **Evaluación económica de plantaciones de caoba "*Swietenia macrophylla*" En el Departamento de San Martín. Iquitos, diciembre de 2007**. Disponível em: < <http://www.iiap.org.pe/promamazonia> >. Acesso em: 15 mai.2014.

GONÇALVES, J.F.C; SILVA, C.E.M; JUSTINO, G.C; NINA JUNIOR, A.R. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 40, p. 337–344, 2012.

GROGAN, J. **As Implicações da Ecologia do Mogno no Sudeste do Pará para o Manejo.** In: V CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPENSADO E MADEIRA, Belém, Pará, 2001.

GROGAN, J. **Bigleaf Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Southeast Pará, Brazil: A life-history study with management guidelines for sustained production from natural forests.** (Tese de doutorado em Ecologia Florestal), Yale University, New Haven, CT, USA 2001.

GROGAN, J; BARRETO, P; VERÍSSIMO, A. **Mogno na Amazônia brasileira: ecologia e perspectivas de manejo.** Belém: Imazon 2002, 40 p.

GROGAN, J.; ASHTON, M. S.; GALVÃO, J. Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) seedling survival and growth across a topographic gradient in southeast Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 186, n. 1-3, p. 311–326, 2003.

GROGAN, J; GALVÃO, J; SIMÕES, L; VERÍSSIMO, A. **Regeneration of Big-Leaf Mahogany in closed and logged forests of Southeastern Pará, Brazil.** In: A. LUGO; COLÓN, J; ALAYÓN, M. (Eds.), Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology and Management. Ecological Studies 159. 1 Ed. p. 193-208, 2003.

GROGAN, J. **Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica: Mogno *Swietenia macrophylla* King.** Belém: CIFOR, Imazon, 2005.

GROGAN, J; LANDIS, R.M; ASHTON, M.S; GALVÃO, J. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance seedling regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 204, n.2-3, p. 399–412, 2005.

GROGAN, J; GALVÃO, J. Factors Limiting Post-logging Seedling Regeneration by Big-leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Southeastern Amazonia, Brazil, and Implications for Sustainable Management. **Biotropica**, v.38, n.2, p. 219–228, 2006.

GROGAN, J; BLUNDELL, A; LANDIS, R.M; GULLISON, R.E; MARTINEZ, M; KÓMETTER, R; LENTINI, M; RICE, R.E. Over-harvesting driven by consumer demand leads to population decline: big-leaf mahogany in South America. **Conservation Letters**, v.3, n.1, p. 12–20, 2010.

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

GROGAN, J; LANDIS.R. M; FREE, C.M; SCHULZE, M.D; LENTINI, M; ASHTON, M.S. Mark D. Schulze. Big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* population dynamics and implications for sustainable management. **Journal of Applied Ecology**, v.51, n.3, p. 664–674, 2014.

GULLISON, R. E; S. P. HUBBELL. Regeneración natural de la mara (*Swietenia macrophylla*) en el bosque Chimanes, Bolivia. **Ecología en Bolivia**, n.19: 43-56, 1992.

GULLISON, J; PANFIL,S.N; STROUSE, J.J; HUBBEL,S.P. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. **Botanical Journal of the Linnean Society**.v.122, n.1, p.9-34, 1996.

GÜNTER, S. **Impact of Ecological Factors on the Regeneration of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Bolivian Forests**. *Institut für Waldbau, Abt. II: Waldbau der Tropen*, Universität Göttingen, Büsgenweg 1, 37077 Göttingen, Alemania.

GUTIÉRREZ- GRANADOS, G.G; JUÁREZ, V; ALCALÁ, RE. Natural and human disturbances affect natural regeneration of *Swietenia macrophylla*: Implications for rainforest management. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n.2, p. 161–169, 2011.

HASENAUER, H.; MOSER, M.; ECKMÜLLNER, O. Ein Programm zur Modellierung von Wachstumsreaktionen. **Allgemeine Forstzeitung**, Ghent, v. 4, p. 216-218, 1995.

HIGUCHI, N; SANTOS, J; LIMA, A.J.N; HIGUCHI, F.G; SILVA, R.P; SOUZA, C.A.S; PINTO, F.R; TEIXEIRA, L.M; CARNEIRO, V.M; SILVA, S.R. Perspectivas do manejo florestal sustentável para a Amazônia brasileira. **Hiléia - Revista do Direito Ambiental da Amazônia** nº 8, p.78-93, 2010.

HOWARD, F.W; GIBLINDAVIS, R. M. The seasonal abundance and feeding damage of *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) in seed capsules of *Swietenia mahogany* in Florida. **Florida Entomologist**, v. 80, n.1, p. 34-41, 1997.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. **Tropical Timber Market Report**, v.18, n. 15, p.1, 2014.

KRUSKAL, W. H; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**. n. 47, p.583-621, 1952.

LAMB, F.B., 1966. **Mahogany of Tropical America: Its Ecology and Management**. University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, 220 p.

LAMBERT, T. D.; MALCOLM, J. R.; ZIMMERMAN, B. L. Effects of mahogany (*Swietenia macrophylla*) logging on small mammal communities, habitat structure, and seed predation in the southeastern Amazon Basin. **Forest Ecology and Management**, v. 206, n. 1-3, p. 381–398, 2005.

LEMES, M; GRATTAPAGLIA, D; GROGAN, J; PROCTOR, J; GRIBEL, R. Flexible mating system in a logged population of *Swietenia macrophylla* King (*Meliaceae*): implications for the management of a threatened neotropical tree species. **Plant Ecol** v.192 n.2, p. 169–179, 2007.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969- 1982). **Journal of Tropical Ecology**, v. 3, n. 4, p. 347-358, 1987.

LIMA, S. R. de; FREITAS, S. R. C. de; KRUEGER, C. P. **Perspectivas de utilização de sistemas microeletromecânicos (MEMS) visando a integração GPS/INS de baixo custo**. In: Simpósio brasileiro de geomática, 2002, Presidente Prudente: Unesp/FCT, 2002. p.82-87.

LIMA JUNIOR, M. J. V.; GALVÃO, M. S. Mogno – *Swietenia macrophylla* King. 2005 – Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia. Disponível em: <<http://rsa.ufam.edu.br:8080/sementes/especies/pdf/doc8.pdf>>. Acesso em: 31 set. 2014.

LOPES, J. D. C. A.; JENNINGS, S. B.; MATNI, N. M. Planting mahogany in canopy gaps created by commercial harvesting. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 2, p. 300–307, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol.1, 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.

LOVELESS, M .D.; GULLISON, R.E. Genetic variation in natural Mahogany populations in Bolivia. In A. E. Lugo, J. C. Figueroa Colón, and M. Alayón (Eds.). Big-leaf Mahogany. **Genetics, ecology, and management**, p. 9–28. New York: Springer-Verlag,2003.

MACHADO, K.S.S. **Estrutura e composição florística de uma floresta de terra firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã, Amazônia Central.** (Dissertação de mestrado em Botânica). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus,2010.

MALAVOLTA,E.**Fertilizantes, corretivos e produtividade: mitos e fatos.** In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 20, Piracicaba, Anais. Campinas: Fundação Cargill. p. 89-153, 1992.

MARENCO, R; GONÇALVES, J.F.C; VIEIRA,G.Leaf gas Exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in central Amazônia. **Tree Physiology**, v. 21 p. 1311-1318,2001.

MARMILLOD, D. **Diagnostico para evaluar estratégias de manejo para La Caoba.** Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, 2007.

MARTÍNEZ, R. E. A. **Ecología, genética y conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla*): herramientas para un manejo adaptativo de la selva Maya de Quintana Roo, México.** Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. FQ006. México, D.F,2011.

MAYHEW, J.E; NEWTON, A.C (1998).**The Silviculture of Mahogany.** CABI Publishing, Wallingford, UK.

MEDINA, E; LUGO, A.E; TEREZOS, E; OSORNIOS, J.J; MACARIO-MENDOZA, P.A; MONTAÑEZ,P.Conservative nutrient use by big-leaf mahogany (*Swietenia Macrophylla* king) planted under contrasting environmental Conditions. **Árvore**, v.38, n.3, p.479-488, 2014.

MENDES, F, R; ARAUJO, F.G.D; PEZZATO, M.M; RIBEIRO, O.M; CAMPOS,R.I; PORTELA, R.C.Q. **Influência de uma borda florestal sobre a riqueza e densidade de plântulas.** In: VENTICINQUE, E; ZUANON, E. V. J. Ecologia da Floresta Amazônica. Curso de campo, Manaus, AM, p. 10-12, 2003.

MENDIETA, M.R; ZAPATA, J,B; TOM, J.A. **Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica**. PROARCA/CAPAS,1999.Disponível em:<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=c>>. Acesso em: 09 mai.2014.

MEXAL, J.G. ; CUEVAS RANGEL, R.A. ; NEGREROS-CASTILLO, P. ; PARAGUIRRE LEZAMA, C. Nursery production practices affect survival and growth of tropical hardwoods in Quintana Roo, Mexico .**Forest Ecology and Management**, v.168,n.1, p.125-133,2002.

MITSCHERLICH, G. **Wald, Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums**. Erster Band: Form und Wachstum von Baum und Bestand. II Auflage. J,D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main. 1978. 144 p.

MOREIRA, F.L. **Crescimento inicial de espécies arbóreas nativas e exóticas em Jerônimo Monteiro -ES**. 44 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) -Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal, Jerônimo Monteiro- ES, 2011.

MORRIS, M; NEGREROS-CASTILLO, P.N; MIZE, C. Sowing date, shade, and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). **Forest Ecology and Management**,v.132,n.1-3,p. 173-181,2000.

MOSTACEDO, B; FREDERICKSEN, T.S. **Regeneración y silvicultura de Bosques Tropicales em Bolivia**. (Eds.) 2001, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR): Santa Cruz, Bolívia, 2001.

MUNGUIA, R. R; MILLARES, R; GURLEY, N.F; Lloyd, WR. Fixed oils of mexico.II Caoba (*Swietenia macrophylla* king). **Journal of the American Oil Chemists' Society** [0003-021X] yr: 1949 v. 26, n. 8 p.431,1949.

NASA. New NASA Probe Will Study Earth's Forests in 3-D. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/content/goddard/new-nasa-probe-will-study-earth-s-forests-in-3-d/>>. Acesso em: 24 out. 2014.

NAVARRO-CERRILLO, R. M; GRIFFITH, D.M; RAMÍREZ-SORIA, M.J; PARIONA, W; GOLICHER, D; PALACIOS, G. Enrichment of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in logging gaps in Bolivia: The effects of planting method and silvicultural treatments on long-term seedling survival and growth. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 12, p. 2271–2280, 2011.

NEGREROS-CASTILLO,P; MIZE, C. Regeneration mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Yucatán Península. **New Forests**, v. 44,n.1, p. 85-89,2003.

NEGREROS-CASTILLO, P; MIZE, C.W. Regeneration of mahogany and Spanish cedar in gaps created by railroad tie extraction in Quintana Roo, Mexico. **Forest Ecology and Management** v.255, p.308-312, 2008.

NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. W. Soil-site preferences for mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Yucatan Peninsula. **New Forests**, v. 44, n. 1, p. 85–99, 2013.

NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. W. Mahogany Growth and Mortality and the Relation of Growth to Site Characteristics in a Natural Forest in Quintana Roo, Mexico. **Forest Science**, v. 60, n. 5, p. 907–913, 2014.

NORGHAUER,J.M; MALCOLM, J.R;ZIMMERMAN,B.L; FELFILI,J.M. An experimental test of density- and distant-dependent recruitment of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonia. **Oecologia**, v. 148, n. 3, p. 437–446, 2006.

NORGHAUER, J. M.; NOCK, C. A.; GROGAN, J. The Importance of Tree Size and Fecundity for Wind Dispersal of Big-Leaf Mahogany. **PLoS ONE**, v. 6, n. 3, p. e17488, 2011.

NORGHAUER, J.M; FREE,C.M; LANDIS, R.M; GROGAN,J; MALCOLM,J.R; THOMAS,S.C. Herbivores limit the population size of big-leaf mahogany trees in an Amazonian Forest. **Oikos**, v.148, n.3, p.437-446, 2015.

ORWA, C, A; MUTUA, K. R; KINDT, R; JAMNADAS, R; ANTHONY, S. 2009 **Agroforestry Database:a tree reference and selection guide version 4.0**. Disponível em:< <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>>. Acesso em: 15 de nov.2015.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, 316 p,1997.

PENNINGTON, T. D; STYLES,B. T; TAYLER, D. A. H. Meliaceae. **Flora Neotropica Monograph**, v.28,p.1-472.1981.

PINTO, A. M.; MORELLATO, L. P. C.; BARBOSA, A. P. Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (Fabaceae) em duas áreas de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 643–649, 2008.

POPESCU, S.C. **Estimating Plot-Level Forest Biophysical Parameters Using small-Footprint Airborne Lidar Measurements**. Blackburg, Virginia. 115 f. Tese (Doutorado em Floresta)-Departament of Forestry, Virginia Tech, 2002.

REININGER, H. **Zielstärken-Nutzung. Zweite Auflage**. Österreichischer Agrarverlag, Wien.163 p.1987.

RIBEIRO, A.M.B. **Controle químico da broca das meliáceas *Hypsipyla grandella* zeller (Lepidoptera: Pyralidae) em mogno sul americano (*Swietenia macrophylla* King)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências agrônômicas, Botucatu-SP,2010.

RODRÍGUEZ, F.R; CÓRDOBA, GT. Árboles del Valle Central de Costa Rica. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 10, n. 25, p.30-31, 2013.

RODRÍGUEZ-MORELOS, V. H; SOTO-ESTRADA, A; PÉREZ-MORENO, J; FRANCO-RAMÍREZ,A; DÍAZ-RIVERA,P.Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of seedlings and mature trees of *Swietenia macrophylla* (Magnoliophyta: Meliaceae) in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 87, n. 1, p. 9, 2014.

ROTTA, G.W; MICOL,R; SANTOS, N.B. **Manejo florestal sustentável no Portal da Amazônia um benefício econômico, social e ambiental**. IMAZON. -- Alta Floresta-MT:ICV, 2006. Disponível em:<<http://www.icv.org.br/site/wp-content/uploads/2013/08/cartilhamfs.pdf>>. Acesso em: 25 de nov.2015;

SECRETARIA DE ESTADO DE FLORESTA. **Plano de Operações Anual UPA 2011**. Bujari – Acre, Julho de 2010.

SHONO, K.; SNOOK, L. K. Growth of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in natural forests in Belize. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 18, n. 1, p. 66–73, 2006.

SILVA, J.E.R. **Estudo da dispersão de sementes, banco de sementes e regeneração natural de três espécies arbóreas da caatinga**. 37 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, 2010.

SILVA, S.M.P. **Políticas Públicas e Ambientalismo no Agroamazônico: um estudo de caso do Acre (1999-2010)**. 343 f. Doutorado (Ciências Sociais) -

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ,2012.

SNOOK, L. K.; CÁMARA-CABRALES, L.; KELTY, M. J. Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): patterns of variation and implications for sustainability. **Forest Ecology and Management**, v. 206, n. 1-3, p. 221–235, 2005.

SNOOK, L.K; ISKANDAR, H; CHOW, J; COHEN, J; O' CONNOR,J. Supervivencia y crecimiento de caoba en claros post-extracción en belice, a partir de semillas y plântulas. **Recursos Naturales y Ambiente**, n. 44, p. 76-83, 2005.

SOARES, M.G; SILVA, M.F.G.F; FERNANDES, J.B; LAGO, J.H.G.Interespecific variation in the composition of volatile oils from the leaves of *Swietenia macrophylla* king (meliaceae). **Quim. Nova**, v. 33, n. 5, p.1141-1144, 2010.

SOUZA, C. A. S; TUCCI, C. A. F; SILVA, J. F; RIBEIRO, W. O. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta amazônica**. v. 40. p.515 – 522, 2010.

SOTO, S.S; DOMÍNGUEZ, D.M; MATRIGAL, H. C. Efecto de la sombra en plantas de Caoba sobre la incidencia de *Hypsipyla grandella* Zeller y otros insectos, en Tabasco, México. **Uciencia**,v. 25,n.3 p.225-232,2009;

SYNNOTT,T. La caoba en la península de Yucatán: ecología y regeneración. Corredor Biológico Mesoamericano México Serie Conocimientos / Número 7. México,2009. Disponível em:<. <http://www.cobiored.net/index.php/eventos-cobiored/item/132-la-caoba-en-la-peninsula-de-yucatan-ecologia-y-regeneracion>>. Acesso em: 21 mai.2015.

VERÍSSIMO, A; BARRETO, P; TARIFA, R; UHL, C. Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. **Forest Ecology and Management**, v.72, p. 39-60,1995.

VERWER, C et al. Silviculture enhances the recovery of overexploited mahogany *Swietenia macrophylla*. **Journal of Applied Ecology**, v.45, p.1770–1779, 2008.

VESTER, H.F.M.; NAVARRO-CERRILLO M.A. “Ecological issues in community tropical forest management in Quintana Roo, Mexico”, In: D.B. Bray, L. Merino Pérez y D. Barry, **The Community Forests of Mexico**, p.184-213, 2005 .

WADSWORTH, F.H.; GONZÁLEZ, E.G.; COLÓN, J.C.F.; PÉREZ, J.L. **Fifty-nine year performance of planted big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Puerto Rico.** In: LUGO, A.; COLÓN, J.; ALAYON, M. (Eds.), *Big-leaf Mahogany, Genetics, Ecology, and Management*. Springer-Verlag, New York, p. 343–357, 2003.

WADSWORTH, F. H.; GONZÁLEZ, E. Sustained mahogany (*Swietenia macrophylla*) plantation heartwood increment. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 2, p. 320–323, 2008.

WAGNER, W.; ULLRICH, A.; MELZER, T.; BRIESE, C.; KRAUS, K. From single-pulse to full waveform airborne laser scanners: potential and practical challenges. In: ISPRS Congress International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 20. 2004, Freiburg. ISPRS, p.201-206, 2004.

WHITMAN, A. A.; BROKAW, N.V.L.; HAGAN, J.M. Forest damage caused by selection logging of mahogany & *Swietenia macrophylla* in northern Belize. **Forest Ecology and Management**, v.92 p.87-96, 1997.

WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. 1998. *Swietenia macrophylla*. The IUCN Red List of Threatened Species 1998. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32293A9688025>. Acesso em: 25.Nov.2015.

YARED, J. A. G.; CARPANEZZI, A. A. **Conversão de capoeira alta da Amazônia em povoamento de produção madeireira: o método 'recrú' e espécies promissoras.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 27 p. 1981, 27 p.

ZUDEIMA, P.A.; BRIENEN, R.J.; DURINGO, H.J.; GUNALP, B. Persistently fast-growing juveniles contribute disproportionately to population growth? A new analysis tool for matrix models and its application to rainforest trees. – **Am. Nat.** .v. 174: p. 709 – 719, 2009.

INCLUIR PARÂMETROS DA REGRESSÃO

COLOCAR TÍTULO DA TABELA

modelo	variável	parâmetros							bic	sbc	ms e	fvalu e	p	r ²
		interce pt	dist	dist* *2	dist* *3	dap	dcop a	altur a						
distancia	log10npl an	0,3670	0,25	-	0,000				-	-		3,65	<0,0	
			20	0,015	2				16,9	14,5	0,4		5	0,3
				1		*	*	*	6	4	5			0
matriz/distancia	log10npl an	-	-			0,00	-	0,07	-	-		4,63	<0,0	
		0,6672	0,04			44	0,00	01	20,3	17,2	0,3		1	0,4
			61	*	*		19		1	2	8			3

APÊNDICE 1

A. Quadro número de plântulas mensuradas, sobreviventes e mortas por ambiente e matriz

Ano	ambiente	Matriz	n_nplan	n_mort	n_sobrev	pmort	psobrev
2014	borda	62	2	2	0	100	0
2014	borda	65	17	17	0	100	0
2014	borda	67	51	27	24	53	47
2014	borda	68	1	1	0	100	0
2014	borda	75	16	13	3	81	19
2014	floresta	60	170	155	15	91	88
2014	floresta	61	39	28	11	72	28
2014	floresta	62	3	1	2	33	67
2014	floresta	65	10	6	4	60	40
2014	floresta	66	58	40	18	69	31
2014	floresta	67	64	42	22	66	34
2014	floresta	68	4	2	2	50	50
2014	floresta	70	255	195	60	76	24

2014	floresta	72	2	2	0	100	0
2014	floresta	74	395	353	42	89	11
2014	floresta	75	23	14	9	61	39
2014	floresta	76	99	84	15	85	15
2014	floresta	77	7	7	0	100	0
2014	floresta	78	212	169	43	80	20
2014	floresta	79	9	7	2	78	22
2014	floresta	80	123	96	27	78	22
2014	floresta	81	22	17	5	77	23
2014	floresta	134	64	46	18	72	28
2014	Leito	62	2	2	0	100	0
2014	Leito	67	25	12	13	48	52
2014	Pátio	80	1	1	0	100	0
2014	Trilha	75	2	0	2	0	100
2014	Trilha	76	21	18	3	86	14
2014	Trilha	77	3	3	0	100	0
2014	Trilha	80	1	0	1	0	100
2014	Trilha	81	52	49	3	94	6

APÊNDICE 2.

A. Tabela. Valores médios, máximos e mínimos de DAP, altura e Área de projeção da copa

Características mensuradas	Média	Mínimo	Máximo
Diâmetro altura do peito (cm)	108,353	77,35	143,24
Altura comercial (m)	40,507	24,37	51,21
Área de projeção da copa (m ²)	282,5801	55,96	502,93

B. Quadro. Variáveis morfométricas (Altura, Área de projeção da copa) e número de plântulas produzidas por matriz

Matriz	Altura (m)	Área de projeção da copa (m ²)	DAP (m)	Número de plântulas
60	43,61	502,93	101,86	201
61	24,37	55,97	79,58	72
62	33,2	92,11	113,32	14
65	35,48	131,62	98,36	27
66	51,21	453,93	117,14	58
67	40,6	160,04	109,5	167
68	38,53	184,56	111,41	10
70	40,6	210,48	93,9	283
72	42,83	481,82	134,64	4
74	48,68	245,44	143,24	451
75	40,83	469,82	124,14	98
76	44,44	472,11	143,24	172
77	42,65	400,89	81,49	13
78	38,23	67,21	131,78	220
79	42,55	343,72	77,35	9
80	38,13	455,83	104,09	212
81	39,75	113,93	82,76	103
132	38,8	193,70	92,95	1
133	43,92	281,20	108,54	5
134	41,73	334,30	117,77	130

APÊNDICE 3. Quadros de comparação das médias dos componentes químicos entre os ambientes

A. Fósforo (P)

Diferenças entre a médias de P por ambiente utilizando teste de comparações múltiplas: Tukey							
Ambiente	Ambiente	Estimativa	Erro padrão	GL	Valor de t	Pr > t	Adj P
trilha	estrada	0.1009	0.1233	72	0.82	0.4159	0.8457
trilha	patio	0.3981	0.1233	72	3.23	0.0019	0.0099
trilha	floresta	0.6228	0.1233	72	5.05	<.0001	<.0001
estrada	patio	0.2972	0.1233	72	2.41	0.0185	0.0841
estrada	floresta	0.5219	0.1233	72	4.23	<.0001	0.0004
patio	floresta	0.2247	0.1233	72	1.82	0.0725	0.2711

B. *0,05

B. Matéria orgânica (M.O)

Diferenças entre a médias de M.O por ambiente utilizando teste de comparações múltiplas: Tukey							
Ambiente	Ambiente	Estimativa	Erro padrão	GL	Valor de t	Pr > t	Adj P
trilha	estrada	0.09499	0.05357	72	1.77	0.0804	0.2946
trilha	pátio	0.2336	0.05357	72	4.36	<.0001	0.0002
trilha	floresta	0.4300	0.05357	72	8.03	<.0001	<.0001
estrada	pátio	0.1386	0.05357	72	2.59	0.0117	0.0556
estrada	floresta	0.3350	0.05357	72	6.25	<.0001	<.0001
pátio	floresta	0.1964	0.05357	72	3.67	0.0005	0.0026

*0,05

C. Carbono Orgânico (C.O)

Diferenças entre a médias de C.O por ambiente utilizando teste de comparações múltiplas: Tukey							
Ambiente	Ambiente	Estimativa	Erro padrão	GL	Valor de F	Pr > t	Adj P
trilha	estrada	0.09499	0.05357	72	1.77	0.0804	0.2946
trilha	pátio	0.2336	0.05357	72	4.36	<.0001	0.0002
trilha	floresta	0.4300	0.05357	72	8.03	<.0001	<.0001
estrada	pátio	0.1386	0.05357	72	2.59	0.0117	0.0556
estrada	floresta	0.3350	0.05357	72	6.25	<.0001	<.0001
pátio	floresta	0.1964	0.05357	72	3.67	0.0005	0.0026

*0,05

D. Potássio (K)

Diferenças entre a médias de K por ambiente utilizando teste de comparações múltiplas: Tukey							
Ambiente	Ambiente	Estimativa	Erro padrão	GL	Valor de F	Pr > t	Adj P
trilha	estrada	0.008822	0.03232	72	0.27	0.7857	0.9928
trilha	pátio	-0.01348	0.03232	72	-0.42	0.6778	0.9754
trilha	floresta	-0.06594	0.03232	72	-2.04	0.0450	0.1831
estrada	pátio	-0.02230	0.03232	72	-0.69	0.4924	0.9006
estrada	floresta	-0.07477	0.03232	72	-2.31	0.0236	0.1046
pátio	floresta	-0.05246	0.03232	72	-1.62	0.1090	0.3724

*0,05

E. Magnésio (Mg)

Diferenças entre a médias de Mg por ambiente utilizando teste de comparações múltiplas: Tukey							
Ambiente	Ambiente	Estimativa	Erro padrão	GL	Valor de t	Pr > t	Adj P
trilha	estrada	0.05679	0.1312	72	0.43	0.6664	0.9726
trilha	pátio	0.1563	0.1312	72	1.19	0.2374	0.6342
trilha	floresta	-0.08939	0.1312	72	-0.68	0.4978	0.9039
estrada	pátio	0.09953	0.1312	72	0.76	0.4505	0.8727
estrada	floresta	-0.1462	0.1312	72	-1.11	0.2689	0.6820
patio	floresta	-0.2457	0.1312	72	-1.87	0.0652	0.2488

*0,05

F. pH H₂O

Diferenças entre a médias de pH H ₂ O por ambiente utilizando teste de comparações múltiplas: Tukey							
Ambiente	Ambiente	Estimativa	Erro padrão	GL	Valor de t	Pr > t	Adj P
trilha	estrada	0.03000	0.07027	72	0.43	0.6707	0.9737
trilha	pátio	0.09100	0.07027	72	1.30	0.1995	0.5691
trilha	floresta	0.04770	0.07027	72	0.68	0.4994	0.9048
estrada	pátio	0.06100	0.07027	72	0.87	0.3882	0.8213
estrada	flores	0.01770	0.07027	72	0.25	0.8018	0.9943
patio	floresta	-0.04330	0.07027	72	-0.62	0.5397	0.9266

*0,05

Apêndice 4. Quadros de comparação das médias física do solo entre os ambientes

A. Densidade

Diferenças entre a médias de densidade por ambiente utilizando teste de comparações múltiplas: Tukey-Kramer							
Ambiente	Ambiente	Estimativa	Erro padrão	GL	Valor de t	Pr > t	Adj P
2	3	-0.01977	0.01877	252	-1.05	0.2931	0.5439
2	1	0.01527	0.01928	252	0.79	0.4292	0.7084
3	1	0.03504	0.01928	252	1.82	0.0704	0.1660

B. Umidade

Diferenças entre a médias de umidade por ambiente utilizando teste de comparações múltiplas: Tukey-Kramer							
Ambiente	Ambiente	Estimativa	Erro padrão	GL	Valor de t	Pr > t	Adj P
2	3	-0.3056	0.1447	252	-2.11	0.0357	0.0895
2	1	-0.1542	0.1486	252	-1.04	0.3004	0.5538
3	1	0.1513	0.1486	252	1.02	0.3097	0.5663