

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

Programa integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos

Naturais – PIPG/BTRN

**Características de árvores emergentes utilizadas por Gavião-real
(*Harpia harpyja*) para nidificação no centro e leste da Amazônia
Brasileira**

BENJAMIM BORDALLO DA LUZ

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Ecologia.

Manaus – AM

2005

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos

Naturais – PIPG/BTRN

**Características de árvores emergentes utilizadas por Gavião-real
(*Harpia harpyja*) para nidificação no centro e leste da Amazônia
Brasileira**

BENJAMIM BORDALLO DA LUZ

ORIENTADOR: Dra. Tânia M. Sanaiotti

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Ecologia.

Fontes Financiadoras: INPA, FAPEAM, Birder's exchange, Idea Wild e CNPq (bolsa de estudo).

Manaus – AM

2005

LUZ, Benjamim Bordallo

Arquitetura de árvores emergentes selecionadas para nidificação por Gavião-real (*Harpia harpyja*), no centro e leste da Amazônia Brasileira.

Manaus: INPA/UFAM, 2004.

80p. : il.

Dissertação (mestrado)

1. Harpia 2. Gavião-real 3. Conservação de espécies 4. Uso de habitat 5. Arquitetura de copa 6. Amazônia I. Título.

CDD ed.

Sinopse:

O Gavião-real, *Harpia harpyja*, a maior ave de rapina das Américas habita as florestas do Novo Mundo desde o sul do México até o nordeste da Argentina. A espécie esteve listada no Brasil como ameaçada de extinção e em 2003 foi retirada da Lista Oficial de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção. Na América Central, o desmatamento restringiu sua população às áreas de preservação. Na mata Atlântica a população declinou drasticamente e na Amazônia Brasileira a espécie é abundante devido às grandes extensões de floresta contínua, que as novas fronteiras do desmatamento estão levando à fragmentação. Este projeto visitou 16 dos 33 ninhos catalogados pelo Projeto Gavião-real, nos estados do Amazonas e Pará. A coexistência de espécies com o homem é um desafio deste novo século, e para isso faz-se necessário que muitas informações estejam disponíveis. Muitos estudos fazem referências à nidificação de harpias em árvores emergentes, cujas espécies variam conforme a região abordada. Buscando características de árvores que sejam potenciais pontos de nidificação em diferentes formações florestais, encontrei características arquitetônicas e de micro-habitat selecionados por Harpias. Estas são ferramentas úteis para embasar decisões quanto ao estabelecimento de zonas de reprodução e orientação em planos de manejo, no caso de restrição de uso de habitat em áreas de extrativismo.

À Seu Zé e Dona Aura.

*“O homem nasceu para aprender,
tanto quanto a vida lhe permite.”*

Guimarães Rosa

AGRADECIMENTOS

Pessoas:

A vida dá rumos aos passos que não faço questão de controlar, e aos amigos que tanto fortalecem o ânimo e amor da caminhada, **agradecido!**

Tânia (carinho e respeito), “**cumpadi Soler**” (não escrever nem fazer contas, amigo esfinge), **Mirian** (o colo e coração), **Julio** (o aluno mais jeitoso e esquemático de escaladas), **Adnes** (a pepita bruta), **Iza** (santa organização em meio ao caos), **Geize** (malabarista, salvando nos 45 do segundo tempo), **Lili** (salvando nas dúvidas e abreviando trabalho), **Dé** (a indignação das respostas simples), “**As Meninas**” (migrantes ETs da minha terra, para compartilhar e observar as diferenças), “**Reinado BUBUIA**” (trabalho árduo nos cursos de campo), **Carlos** (consumido por um formigueiro, mas bom psicopata para compartilhar idéias, dúvidas), aos **novos mestres** de forma geral, aos “**Amigos das estadas**” que me acolheram.

Instituições:

Aos **Professores do CPEC-INPA** pela formação e ao **INPA** pelo apoio logístico e financeiro;

Aos **Pesquisadores, Técnicos e Bolsistas do INPA** pelos equipamentos cedidos, auxílio técnico e orientação;

Ao **MCT – CNPq** pela bolsa de mestrado;

À **FAPEAM** pelo financiamento do projeto “Conservação do Gavião-real na Amazônia Brasileira”;

Ao **Curso PG – Ecologia** (Proap) pelo auxílio com assistentes de campo;

À **Fundação Floresta Tropical e Juruá Florestal** pelo auxílio e presteza nos trabalhos no estado do Pará;

Aos projetos **Dendrogene** e **LBA**, pelo apoio logístico na FLONA do Tapajós;

Ao **IBAMA Santarém** e **Parintins** pelas informações e contatos cedidos;

Às ONGs **Birder’s Exchange** e **Idea Wild** pelos equipamentos que tanto facilitam a vida!

ÍNDICE GERAL

Resumo	I
Abstract	II
1. Introdução	1
2. Objetivos	6
3. Hipóteses	6
4. Área de estudo	7
5. Métodos	9
5.1. Unidade amostral.....	10
5.2. Técnicas de acesso.....	13
5.3. Medidas para caracterização morfométrica da árvore emergente.....	16
I. Ângulos internos das forquilhas (AGF).....	16
II. Ângulos externos da forquilha em relação a vertical (AV).....	16
III. Altura total da árvore (ATA).....	16
IV. Distância entre os galhos da forquilha (DSF).....	18
V. Diâmetro dos galhos da forquilha (DGF).....	18
VI. Circunferência a altura do peito (CAP).....	18
VII. Comprimento do fuste (CF).....	18
VIII. Altura da forquilha em relação à vertical (AFS).....	18
IX. Distância da forquilha ao centro do fuste (DFT).....	18
X. Número de ramificações principais (NRP).....	18
5.4 Medidas derivadas.....	20
I. Exposição do ninho (EN).....	20
II. Área da Forquilha (AREAFORQ).....	20
III. Forma tridimensional da copa (DOME).....	20

5.5 Medidas de micro-habitat.....	23
I. Altura do dossel de entorno próximo (ADE_P).....	23
II. Altura do dossel de entorno distante (ADE_D).....	23
III. Abertura de dossel.....	25
IV. Declividade.....	25
V. Densidade do entorno (DENS_ABS).....	25
6. Métodos para Análises.....	27
6.1. Padrões de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação e não utilizadas – H1.....	27
6.2. Variação de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação, entre florestas alagáveis e não alagáveis – H2.....	29
6.3 Análise dos padrões de arquitetura sem influência da formação florestal.....	31
6.4 Uso de micro-habitat por <i>Harpia harpyja</i> – H3.....	31
7. Resultados.....	34
7.1 Espécies de árvores emergentes colonizadas.....	34
1 – Tauari-Parintins (<i>Huberodendron ingens</i> Ducke.).....	34
2 – Cedrorana (<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke).....	34
3 – Sumaúmas (<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.).....	34
4 – Jutaí ou Jatobazinho (<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber).....	34
5 – Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L.).....	34
6 – Angelim fava / da mata (<i>Hymenolobium</i> sp.).....	35
7 – Castanheira (<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.).....	36
8 – Angelim pedra / vermelho (<i>Dinizia excelsa</i> Ducke).....	36

7.2 Características de árvores colonizadas.....	37
7.3 Padrões de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação e de árvores não utilizadas – H1.....	40
7.4 Variação de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação, entre florestas alagáveis e não alagáveis – H2.....	43
7.5 Análise dos padrões de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação sem influência da formação florestal.....	44
7.6 Influência de micro-habitat na nidificação de <i>Harpia harpyja</i> – H3.....	46
7.7 Variações regionais na altura de árvores utilizadas para nidificação.....	48
8. Discussão.....	50
8.1 Padrões de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação e não utilizadas – H1.....	50
8.2 Variação de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação, entre florestas alagáveis e não alagáveis – H2.....	52
8.3 Uso de micro-habitat por <i>Harpia harpyja</i> – H3.....	53
8.4 Variações regionais na altura de árvores utilizadas para nidificação.....	55
8.5 Implicações em Conservação.....	56
9 Referências Bibliográficas.....	59
10 Apêndices.....	64

RESUMO

O Gavião-real (*Harpia harpyja*) a maior ave de rapina do Novo Mundo, habita as florestas do Novo Mundo desde o sul do México até o nordeste da Argentina. Esta espécie esteve listada no Brasil como ameaçada de extinção entre 1984 – 2000. Na mata Atlântica a população declinou drasticamente, seguindo o ritmo do desmatamento – os avistamentos entre 1980 e 2002 tornaram-se raros. No Peru, na comunidade nativa de “Infierno”, há registro de harpias sobrevivendo e reproduzindo em florestas secundárias ou fragmentadas. Na América Central a população de harpias está atualmente restritas às áreas de preservação e a espécie pode ter sido virtualmente eliminada. Na Amazônia Legal Brasileira, as evidências nos últimos seis anos indicam que a espécie seja ainda abundante. Semelhante ao realizado na Venezuela, um Programa de Conservação da espécie Gavião-real para a Amazônia Brasileira foi iniciado em 1999 e o Projeto Gavião-real registrou 33 ninhos catalogados nos estados do Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará e Mato-Grosso. Muitos estudos fazem referências à nidificação de harpias em árvores emergentes, mas sem características que definam padrões de utilização. Este estudo abrangeu os estados do Amazonas e Pará, e avaliei 16 pontos de nidificação comparando emergentes colonizadas e não colonizadas, estas, escolhidas a no mínimo 300m de distância e sempre que possível dentro do mesmo contínuo florestal. Apenas 5 emergentes colonizadas estão em florestas alagadas. As emergentes de terra firme estão melhor distribuídas longitudinalmente, mas ainda assim ligadas às vias de acesso. Realizei medidas que representam a arquitetura das árvores emergentes e as variáveis referentes ao micro-habitat na floresta imediatamente do entorno. As variáveis foram testadas por *regressão logística (Padrão de Arquitetura e Micro-Habitat)* e por *MANOVA (Formação Florestal)*. Detectei que os ângulos entre os galhos das forquilhas têm influência significativa, bem como a altura do dossel de entorno, no efeito de colonização das emergentes. As formações florestais afetam a altura das árvores colonizadas e existe um gradiente longitudinal de alturas decrescentes no sentido Leste – Oeste. Estas informações são ferramentas para embasar decisões quanto ao estabelecimento e/ou zoneamento de áreas de conservação e manejo.

ABSTRACT

The Harpy eagle (*Harpia harpyja*) the American powerful raptor lives throughout the New World's forests, from the south of Mexico to the northeast of Argentina. Between 1984 and 2000, that species was listed in a threatened of extinction Brazilian species list. At the Atlantic Forest the population declined drastically, by the way of the deforestation - the watches between 1980 and 2002 became rare. By the native community of "Infierno" in Peru, the harpy eagles are found nesting at secondary or fragmented forests. Actually in Central America the harpy eagles' population is restricting at the conservation areas and the species have been virtually eliminated. In Brazilian Legal Amazon, the evidences from the last 6 years indicate that this species still in abundance. Similar to the conservation initiatives in Venezuela, a Harpy Eagle Conservation Program had started to the Brazilian Amazon. Begun in 1999 the Project have being register 33 nests through the Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará and Mato-Grosso states. Many studies refers to the Harpy eagles nesting at the emergent trees, but without goals to define the tree architectural patterns. This study embraced the Amazonas and Pará states, with 16 nest sites to compare colonized and non colonized emergent trees (the last ones found at minimum of the 300m from first ones, in the same forest surrounding, when was possible). In the flooded forests I have just 5 colonized trees. The main land nest sites are better spatially longitudinally distributed, but in another hand they are by the access ways. I measure variables to express the emergent trees architecture and the surrounding forests from it to find micro-habitat characters. The variables have being tested by *logistic regression* (to the *architectural* and *microhabitat patterns*) and by *MANOVA* (to the *forest types*). I detected that the angles between the branches were significant as much as the canopy height to the colonization effect. The forest kind affects the tree heights and there is a decreasing East–West gradient in tree height. Theses knowledge could be an useful tool to support decisions in the conservation areas establishment and/or management and zoning.

1 Introdução

O Gavião-real, *Harpia harpyja*, habita as florestas do Novo Mundo desde o sul do México até o nordeste da Argentina (Aparício 2001, Sick 1993) e aparentemente nunca foi muito abundante (Bierregaard 1995), o que pode criar uma sensação de absoluta ausência desta espécie em florestas que mostram condições ótimas para sua existência (Garcia, 1996), sensação esta que se deve à dificuldade de detecção dos indivíduos em sua área de vida.

Galetti *et al.* 1997 sugerem que os últimos avistamentos na região sul do Brasil e nordeste da Argentina eram indivíduos migrantes refugiando-se do processo de degradação de seus habitats. Entretanto, autores que trabalham mais intensamente com esta espécie (Rettig e Alvarez-Cordero), não a classificam como migratória. No ano de 1996 foram ainda registrados três ninhos no nordeste da Argentina (De Lucca, 1996, Chebez *et al.*1990).

Esta espécie, a maior ave de rapina das Américas, esteve antes listada no Brasil como ameaçada de extinção (Bernardes *et al.* 1990) e recentemente foi retirada da Lista Oficial de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção (website do MMA, 2003), mas considerada internacionalmente ainda sob ameaça de extinção (BirdLife / IUNC 2003).

Na mata Atlântica eram regulares os registros de avistamentos de Gavião-real até a década de 40 (Pacheco *et al.* 2003). Entretanto a população declinou drasticamente, e os avistamentos entre 1980 e 2002 para os estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo, tornaram-se raros, provavelmente devido à fragmentação de habitat e ao processo histórico de caça da espécie como troféu.

Na Amazônia Legal Brasileira, as evidências nos últimos seis anos (Sanaiotti *et al.*, 2001) indicam que a espécie seja ainda abundante, devido às grandes extensões de floresta contínua. As novas fronteiras do desmatamento decorrentes de expansões agrícola e pecuária, assentamentos rurais e exploração madeireira, que estão desencadeando processos de transformação da paisagem na região norte do país, podem e levarão grandes áreas a um quadro de fragmentação

florestal, interrompendo a continuidade da floresta, que será comparável ao drama da fragmentação da Floresta Atlântica. As espécies destas fronteiras enfrentarão múltiplas ameaças, mas segundo Doremus & Pagel 2001 a degradação de habitat ameaça 85% das espécies em risco.

Rettig (1995) afirma que sabendo melhor a respeito das presas de Harpias poderemos indicar qual o tamanho e tipo de habitat para salvaguardar a população destas águias. Em suas pesquisas detectou que até os seis meses, os jovens treinam o uso das asas, e depois do primeiro voo, ainda se manterá próximo à árvore do ninho mais de um ano, sendo alimentados pelos pais. Pela dificuldade de acompanhar as atividades deste animal em campo, este período de nidificação é a melhor alternativa de acessar informações biológicas da espécie.

Alvarez-Cordero (1996) estudou 29 ninhos na Venezuela e 10 no Panamá, estimou que os casais usam um raio de cerca de três a sete quilômetros do entorno dos ninhos, mantendo área de uso aproximadamente circular com o ninho central. A dispersão destes casais pode ser em até 80km².

O hábito de retornar às árvores dos ninhos (em diferentes ciclos de reprodução) foi apontado em dois diferentes trabalhos, Rettig (1978) e Alvarez & Kung (1998), que registraram ciclos de reutilização de ninhos com cerca de três anos.

No Peru, próximas a Puerto Maldonado, na comunidade nativa de “Infierno”, Piana (1997) encontrou Harpias sobrevivendo e reproduzindo em florestas secundárias ou fragmentadas. Nesta mesma província Peruana a caça, exploração de madeira e o turismo comercial tem sido registrados como as maiores ameaças para as harpias, afetando diretamente as crias (dados não publicados Antonio Fernandini & Eduardo Alvarez). Dados provenientes do Panamá, Venezuela, Peru e Equador divulgados na “Conferência de Rapaces Neotropicales Simpósio Del Águila Arpía” (2002 - Panamá) indicam que esta espécie sobrevive precariamente à fragmentação de habitat, por uma geração e com baixo sucesso reprodutivo (Alvarez-Cordero com. pess.). Este insucesso também foi registrado para aves predadoras de menor porte, em florestas temperadas, sugerindo que mesmo em áreas de exploração florestal onde foram

mantidas zonas de amortecimento em torno de locais de nidificação, houve decréscimo de “produtividade” destas espécies em função da perda de qualidade na área de forrageamento (Rosenvald & Löhmus 2003).

A fragmentação de habitats tem sido uma das maiores dificuldades para a conservação de grandes predadores. Na América Central, o desmatamento tem reduzido a população de Harpias, estando estas atualmente restritas às áreas de preservação e consideradas como espécie sob ameaça de extinção em países como o Panamá (Aparício 2001). A situação da espécie é crítica em toda América Central (Website WildLife, 2004) onde a espécie pode ter sido virtualmente eliminada (Martínez *et al.* 1996).

A localização e o monitoramento de ninhos próximos à Manaus foi um ponto de partida ao estudo da dieta da espécie na Amazônia central (Sanaiotti *et al.*, 2001) e com base na idéia de preservação ligada à árvore do ninho, a exemplo de trabalho semelhante realizado por Alvarez-Cordero & Küng (1998) na Venezuela, um Programa de Conservação da espécie Gavião-real para a Amazônia Brasileira foi iniciado (Sanaiotti 2001, 2002).

Com quatro anos de desenvolvimento, este projeto registrou 33 ninhos catalogados nos estados do Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará e Mato-Grosso. Buscar informações em comunidades ribeirinhas e assentamentos rurais tem sido o meio mais eficiente de localizar ninhos. Eventualmente, algumas das árvores de nidificação foram cortadas ou caíram no decorrer do projeto, e a localização dos pontos de nidificação destes casais foram perdidas, entretanto o registro do casal na área ainda é um dado importante.

A coexistência de espécies com o homem é um desafio deste novo século, e para isso faz-se necessário que muitas informações estejam disponíveis aos tomadores de decisão, nos momentos de argumentação em defesa de atitudes preservacionistas. Salwasser (1991) chamou a atenção para o fato de que, o futuro de espécies ameaçadas, será determinado conforme a velocidade em que conseguiremos aprender a integrar as metas para um futuro rico em biodiversidade e as metas humanas de subsistência.

Muitos estudos fazem referências à nidificação de Harpias em árvores

emergentes. Rettig (1995) estudando ninhos de Harpia na Guiana encontrou nove ninhos, a maioria deles em *Ceiba pentandra* (Samaúma). Na Venezuela Martinez *et al.* (1996) descrevem que os ninhos ocorreram em Lecythidaceae (*Couratari guianensis* “Capa tabaco”), Chrysobalanaceae (*Paranari excelsa* “el Merecurillo”), Leguminosae (*Hymenaea courbaril* “el Algarrobo”) e Bombacaceae (*Catostemmas commune* “el Baramán” e ocasionalmente em Ceibas). No Peru, dos sete ninhos estudados, quatro estavam em castanheiras, *Bertholletia excelsa* e dois em *Dipteryx micranta* e um em árvore não identificada (Piana, 2001). Na Argentina, segundo Chebez 1990, dois ninhos foram estabelecidos em *Enterolobium contortisiliquum* “Timbó” e um em *Tabebuia impetiginosa* “Lapacho negro”. Os trabalhos não indicam preferência por espécies, mas sempre citam nidificações em árvores emergentes, que variam aparentemente conforme a região abordada.

Entre as aves de rapina encontramos diferentes comportamentos em relação à ocupação dos pontos de nidificação, que aparentemente estão ligados à proteção contra predação (escolha de locais pouco visíveis ou de acesso dificultoso) e fatores ambientais (como ventos invernais ou insolação demasiada). Estes comportamentos variam conforme a espécie, o tamanho destas e saturação da área por indivíduos de mesma ou outras espécies equivalentes (Travaini & Donazar 1994). No caso das aves que nidificam em árvores, a arquitetura e morfometria destas pode ser um fator importante no estabelecimento de territórios e sítio de reprodução, onde a estrutura física deve comportar e fornecer proteção aos ninhos.

As características estruturais e arquiteturas têm sido empregadas em diferentes linhas de pesquisa, associando as formas estruturais e de crescimento à diferentes propósitos como interações de herbivoria (Marquise *et al.* 2002), modelagem topológica ou 3D estrutural para crescimento e estruturas de florestas e copas (Osada *et al.* 2004; Gautier *et al.* 2000; Valladares & Pugnaire 1999; King, D.A. 1998), desenvolvimento e avaliação de modelos matemáticos (Rakosevic *et al.* 2000; Godin *et al.* 1999; Yokozawa *et al.* 1996; Perttunen *et al.* 1996). As possibilidades de associação de diferentes aproximações, em diferentes graus de complexidade de análise das formas encontradas nas árvores, em

escalas temporais ou estáticas, podem tornar-se ferramentas corroborativas à elucidação de relações entre a vegetação e seu universo de interações.

Os estudos que analisam o uso de habitat dentro de um gama de variação intra-específica são raros, porém importantes para a compreender as necessidades requeridas pela espécie (Parody & Parker 2002). Procurar por ligações relacionando habitat e vida silvestre é um importante campo de estudos futuros (Morrison *et al.* 1998, apud Väli *et al.* 2004). Portanto, determinar características de árvores que sejam potencialmente pontos de nidificação em diferentes formações florestais, compreender a proporção de uso de presas e entender qual a área essencial para estabelecimento de um casal, são ferramentas úteis para fornecer subsídios às tomadas de decisão quanto ao estabelecimento de áreas de conservação e orientação em planos de manejo, no caso de restrição de uso de habitat em áreas de extrativismo. Este estudo busca avaliar os pontos de nidificação e definir suas características.

2 Objetivos

1. Identificar características comuns às árvores escolhidas para nidificação em diferentes localidades na Amazônia Brasileira.
2. Detectar a preferência de arquitetura de copa de árvore utilizada para nidificação de Harpias em florestas alagáveis e não alagáveis.
3. Verificar a relevância dos fatores da floresta de entorno que afetam a escolha das árvores para nidificação em floresta não alagável.

3 Hipóteses

1. Existe padrão arquitetônico entre árvores emergentes utilizadas por Harpias para nidificação.
2. O padrão de arquitetura de copa das árvores com ninhos diferem entre florestas alagáveis e não alagáveis.
3. Características das áreas florestadas de entorno da árvore de nidificação influenciam na escolha da árvore.

4 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em diferentes pontos da Amazônia legal brasileira buscando atingir diversidade de informações em ambientes florestais e populações separadas espacialmente (Fig. 1A).

Cuidados com as generalizações são importantes, principalmente levando-se em consideração o mosaico florestal amazônico com variações florísticas graduais Leste – centro – Oeste (Oliveira 2001). O presente trabalho atuou sobre as duas formações florestais alagáveis (Igapó) e não alagáveis (Terra-firme). O conjunto de florestas, denominado de “Terra-firme”, compõem a maior cobertura da bacia Amazônica. Acreditava-se que estivesse em torno de 94% das florestas (Peres 1999). Entretanto, com novas técnicas de tratamento de imagens de satélite, as áreas de florestas alagáveis da Amazônia foram recalculadas e atualmente estima-se que representem 16% da Amazônia central (Richey *et al.* 2002).

Dos 33 ninhos registrados pelo projeto Gavião-real, 16 estão em florestas não alagáveis (terra-firme), seis em igapó, quatro em várzeas, quatro em ecótonos e três não estão mais disponíveis porque as árvores foram cortadas ou caíram. Excluí previamente as árvores localizadas em floresta de ecótono, em função da distância dos pontos de amostragem, limitados pelos recursos previstos, portanto, dispunha de 26 árvores de ninhos. Destas localizações foi possível amostrar 16 árvores de ninhos, em função de atrasos diversos no deslocamento entre localidades e em alguns casos, as medidas não foram realizadas, em função de diante a visita aos ninhos (quatro deles) inesperadamente estavam ativos em período crítico, que em caso de *stress*, correríamos o risco de abandono do ninho (Fig. 1B). As coordenadas dos ninhos não serão divulgadas publicamente para prevenir mau uso das informações das localizações.

A distribuição dos pontos de nidificação registrados está ligada aos meios de obtenção de informação da localização dos ninhos pelo projeto Gavião-real, em comunidades ribeirinhas, assentamentos rurais e áreas de exploração madeireira, estratégia semelhante à utilizada na Venezuela (Martínez *et al.* 1996 e P.A.Blanco, *com. pes.*). Desta forma a localização de ninhos está intimamente ligada às vias de acesso e deslocamento, às calhas dos grandes rios ou às poucas rodovias.



Figura 1: **A** – Imagem de satélite do norte da América do sul, adaptada do website www.ibge.gov.br/mapas, com os 33 pontos de nidificação registrados pelo projeto Gavião-real, dentre eles somente os pontos negros foram visitados. Alguns pontos estão sobrepostos em função da proximidade, em relação à escala do mapa. **B** – Detalhamento da área amostrada com pontos visitados nos estados do Amazonas e Pará. Os [x] claros não enquadrados estão em florestas alagadas e [x] escuros enquadrados estão em florestas não alagadas. Os pontos amostrados estão dispostos no apêndice 10, com nomes e Longitudes.

5 Métodos

Visitei 16 ninhos dos estados do Amazonas e Pará, cinco em florestas alagadas e onze em florestas de terra-firme (Apêndice 10).

A abordagem mais amplamente difundida a respeito de arquitetura de copas de árvores são os estudos realizados por Hallé *et al.* 1978, onde foram estabelecidos modelos estruturais e uma chave de classificação, baseados em caracteres das formas de crescimento em diferentes fases transpostas ao longo da vida. Os autores desenvolvem a modelagem a partir do conceito de “continuum arquitetural”. Esta classificação não foi seguida no presente estudo, que se restringiu à determinação de variáveis contínuas mensuráveis existentes nas formas da copa, independente do processo que as levou à conformação atual.

Realizei medidas morfométricas em árvores emergentes, onde estão ou estiveram instalados ninhos de Harpias (Fig. 2). Para avaliações a respeito dos fatores da floresta de entorno que afetam a escolha da árvore para nidificação, realizei medidas no entorno das árvores de nidificação. Estas medidas compuseram o “modelo teste” a ser testado como árvore colonizada, ou seja, utilizada para nidificação.

De cada árvore amostrada recolhi ramo fértil ou não e preparei exsicata para identificação em herbário. Para cada emergente colonizada medida, tomei as mesmas variáveis para uma árvore emergente não colonizada na floresta de entorno. Quando esta área estava alterada por corte comercial de madeiras (que normalmente buscam árvores de grande porte, rarefazendo as emergentes), escolhi na próxima porção de floresta bem preservada, uma emergente para compor o “modelo nulo”, com o qual comparei o “modelo teste” de árvores com ninho. Quando a empresa exploradora manteve um “talhão testemunho”, esta área foi utilizada para busca de emergentes de comparação.

5.1 Unidade Amostral

Minhas unidades amostrais são *árvores emergentes* (colonizadas e não colonizadas).

As localizações das árvores colonizadas foram disponibilizadas pelo projeto Gavião-real, e com a ajuda de moradores das áreas visitadas realizei quatro novos registros ao longo dos trabalhos de campo.

As árvores emergentes não colonizadas, escolhi de acordo com os seguintes critérios:

- I. Quando em área de floresta preservada, a partir da árvore do ninho, caminhei 300m em direção sorteada *in loco*, alcançando um ponto “A”, sendo guiado por GPS.
- II. A partir deste local busquei a 1ª emergente, de DAP que se aproxime ao da árvore do ninho, em um quadrante de 120° diretamente em frente ao ponto “A” (Fig 3 A).
- III. Em locais, onde a floresta de entorno das árvores dos ninhos foi alterada, de modo a inviabilizar a coleta de informações seguras (em função da remoção das emergentes), escolhi uma área de floresta mais próxima, onde não houvesse registro ou informação de retirada comercial de madeira. Nesta área, a partir da borda da floresta, segui por 300m em direção perpendicular à borda. Ao atingir o ponto dos 300m, utilizei os mesmos critérios de escolha de emergentes para as áreas não alteradas (Fig 3 B).



Figura 2: Vista lateral de três emergentes colonizadas, (A) *Ceiba pentandra* com ninho na segunda bifurcação e jovem pousado à direita do ninho; (B) *Hymenaea parvifolia* com ninho na segunda bifurcação; (C) Escalada de *Huberodendron ingens* com ninho na segunda bifurcação.

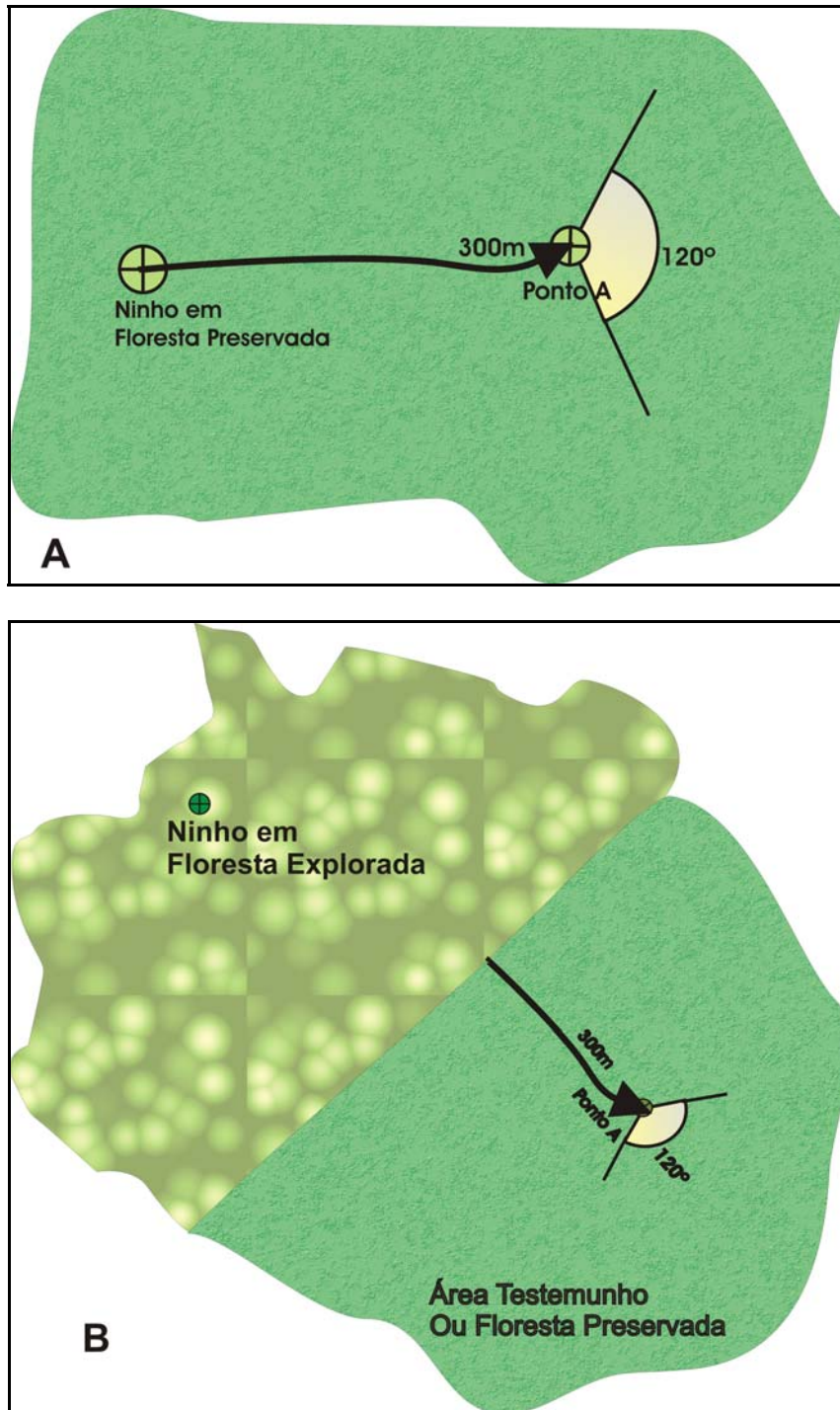


Figura 3: Esquema do método utilizado para localização de emergentes de comparação, (A) em áreas de floresta preservada e (B) para florestas exploradas.

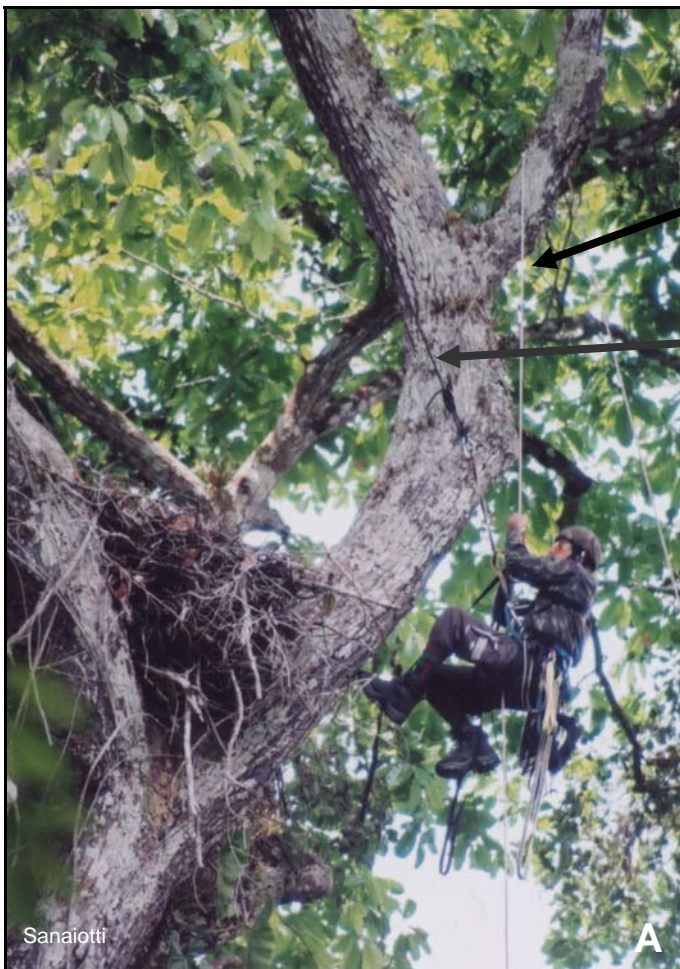
5.2 Técnicas de acesso às copas

Escalei as árvores emergentes através de técnicas verticais em *single rope* com *back-up*, em técnica do tipo “sapo” (Fig. 5). Passei as *cordas estáticas* em forquilhas principais da árvore, previamente à escalada, através do uso de atiradeira, com chumbos esféricos de pesca de 50g presos a um fio de nylon de 0,35mm. Disponibilizei de dois tipos de atiradeira, esportiva (fig. 4A) e de vara (Fig. 4B), escolhidas de acordo com a altura da emergente (esportiva para lances de até 35m e de vara para lances de até 50m de altura) e fechamento do dossel (esportiva para locais mais abertos e de vara para locais mais fechados). Após a passagem deste fio, por ele recolhi um cordim de 0,6mm, chamado monofil, com o qual é possível recolher a corda.

As cordas de *back-up*, *dinâmicas*, partiram de uma segunda pessoa que dispunha de um freio (ATC), que liberava corda à medida que o eu escalava. Presa ao escalador, a corda dinâmica foi passada por pontos de fixação ao longo da subida ou passada em outra forquilha, que sustentariam a queda, como segurança extra em caso de falha do sistema principal (Fig. 5).



Figura 4: Lançamento de linha para passagem da corda atiradeira esportiva (A) e atiradeira de vara (B).



Corda Estática: Sistema principal.

Corda Dinâmica: Sistema *back-up*.

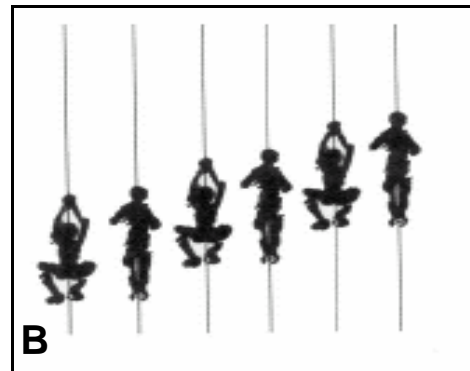


Figura 5: Deslocamento em técnica do tipo sapo sobre corda estática, com *back-up* em corda dinâmica (A). Esquema da técnica de deslocamento (B – reproduzido com base no Manual técnico Petzl).

5.3 Medidas para caracterização morfométrica da árvore emergente

Recolhi amostras de ramos vegetativos ou férteis, quando possível frutos, e preparei exsicatas para todas as árvores amostradas para identificação em herbário.

Nas árvores colonizadas medi as forquilhas de dois ou mais ramos onde estão ou estiveram instalados os ninhos (Fig. 6), e nas emergentes de comparação a forquilha amostrada foi escolhida fazendo correspondência de posição com a da árvore colonizada. As medidas tomadas estão ilustradas na Fig. 7 e 8, e são elas:

- I. **Ângulos internos das forquilhas (AGF):** Tomados através de um compasso retrátil (construído com um par de antenas) e um transferidor de 180°. O compasso era aberto no vértice da forquilha e levado ao transferidor para medir a angulação. A variável AGF não foi reduzida por média, optei por tomar o maior ângulo interno da forquilha (**AGF_MAX**). Esta decisão baseia-se no raciocínio de que uma ave de grande porte que constrói ninhos de até 2 m de diâmetro busque por largos espaços disponíveis em uma forquilha (Fig. 7).
- II. **Ângulos externos da forquilha em relação a vertical (AV):** com o mesmo equipamento, liberava-se as pernas do compasso para que se mantivessem pendentes, então dispunha uma delas na lateral do galho e tomava a angulação. Os ângulos dos galhos em relação a vertical foram reduzidos à média dos ângulos formadores da forquilha (**AV_MED**) (Fig. 7).
- III. **Altura total da árvore (ATA):** Após a confirmação da altura em que me encontrava na copa da árvore, através de medida com trena, estimava a distância de mim até o ponto mais alto da árvore (Fig. 7). Em alguns casos utilizei um cordão de 10 m com um chumbo de pesca na ponta, graduado a cada metro, para lançar em forquilhas mais altas e melhorar as estimativas. Somando estes valores, medido e estimado, obtive a altura total .



Figura 6: Exemplos de ninhos em forquilhas de dois ramos (A1 na vertical e A2 na horizontal) e em forquilha de três ramos (B).

- IV. Distância entre os galhos da forquilha (DSF):** com uma trena metálica, medi um metro a partir do vértice da forquilha e marcava os pontos em cada ramo. A média das distâncias entre galhos foi tomada a partir dos pontos marcados, mantendo a primeira e a última medidas ligadas ao ramo mais vertical, garantindo assim uma ordem de montagem do perímetro de um polígono (Fig. 7).
- V. Diâmetro dos galhos da forquilha (DGF):** foram medidos através de trena, pela circunferência (em galhos sem muitas epífitas e de diâmetros de até aproximadamente 60cm) ou pela medida aproximada com uso de trena metálica, do diâmetro do perfil superior (Fig. 7).
- VI. Circunferência a altura do peito (CAP):** medida tomada pela circunferência com trena à 1,30m de altura do solo da base da árvore, entretanto, quando da presença de sapopemas, foi medida após o término destas (sem limite de altura), durante a descida da escalada da árvore (Fig. 7).
- VII. Comprimento do fuste (CF):** medido por trena, a distância do solo da base da árvore até o vértice da primeira bifurcação da árvore (mesmo que houvesse continuidade do ramo principal vertical ou tronco) (Fig. 7).
- VIII. Altura da forquilha em relação à vertical (AFS):** medida por trena, a distância do solo da base da árvore até o vértice da forquilha que comporta o ninho, e no caso de emergentes de comparação, da forquilha escolhida para comparação (Fig. 7).
- IX. Distância da forquilha ao centro do fuste (DFT) – não representada na Fig. 7,** pois a forquilha é centralizada e portanto distância 0: medida linear horizontal, utilizando trena metálica, da distância do vértice da forquilha do ninho ou de comparação até o centro do ápice do fuste.
- X. Número de ramificações principais (NRP):** contei o número de ramificações anteriores ao desaparecimento de um tronco principal (Fig. 8).

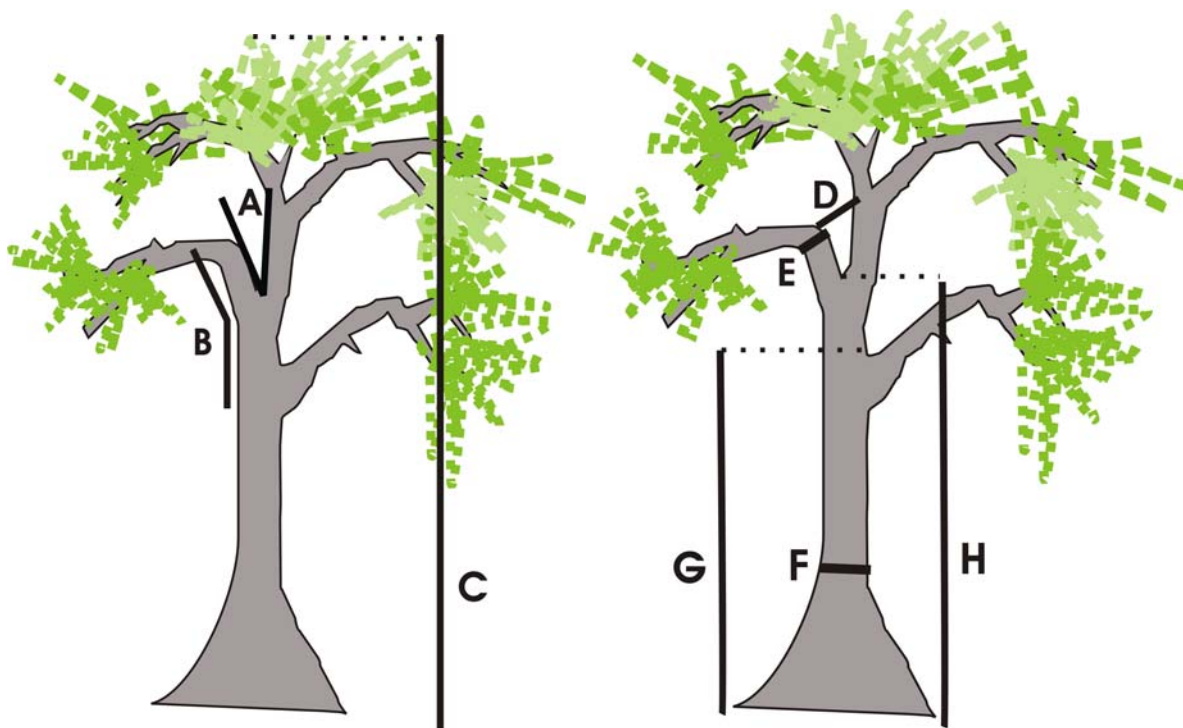


Figura 7: Representação gráfica de medidas tomadas no processo de coleta de dados: **A** – AGF, **B** – AV, **C** – ATA, **D** – DSF, **E** – DGF, **F** – DAP, **G** –CF e **H** – AFS.

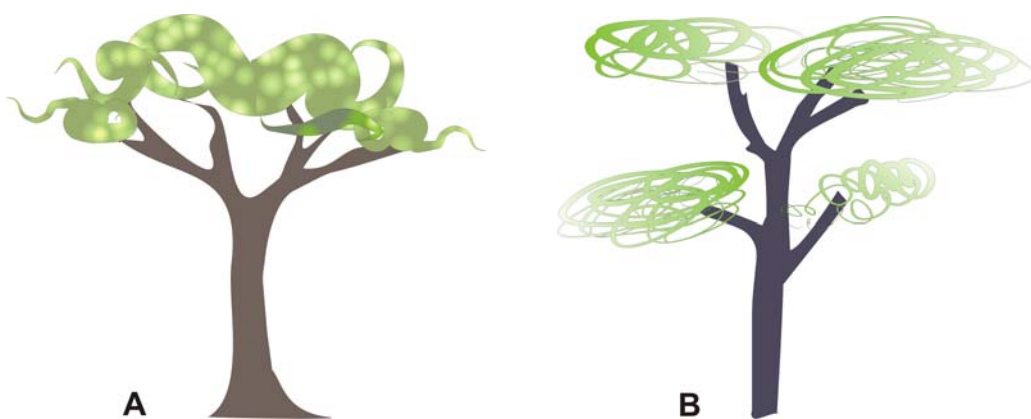


Figura 8: Representação gráfica de árvores de uma ramificação principal (A) e de três ramificações principais.(B).

5.4 Medidas derivadas

Algumas variáveis utilizadas foram derivadas das medidas tomadas em campo:

- I. **Exposição do ninho (EN):** para expressar a exposição do ninho optei por criar um índice de exposição que engloba as variáveis altura da forquilha (AFS), altura do dossel distante (ADE_D) e distância da forquilha ao centro do fuste (DFT). Estas se relacionam com a seguinte fórmula:

$$EN = (ADE_D) - AFS - DFT$$

Desta forma, se o ninho (ou forquilha de comparação) estiver acima do dossel e / ou na periferia da copa, ou seja, mais exposto às intempéries o valor será negativo.

- II. **Área da Forquilha (AREAFORQ):** a princípio me propus a compor um polígono e utilizar os valores de volume, mas uma falha induzida pela facilitação de tomada de medidas me levou a medir as distâncias entre galhos a partir de um metro de aresta. Entretanto, conforme a angulação entre os galhos, a altura do polígono varia enormemente, e para o cálculo de volume a altura influenciaria mais profundamente os valores. Optei então por manter somente os valores de área superficial interna, e como haveriam casos de forquilhas de dois ramos, escolhi tomar como base de comparação a área de uma circunferência. Para as forquilhas de dois ramos, o raio da circunferência para cálculo da área, é a metade da distância dos galhos. Para as forquilhas de mais de dois ramos, o raio foi obtido por trigonometria com triângulos, e a área foi obtida através da área da circunferência que circunscreve o polígono obtido com as medidas de distância dos galhos da forquilha.
- III. **Forma tridimensional da copa (DOME):** A forma da copa não foi alvo de investigação inicial, entretanto segundo estudos em ciências florestais é

possível calcular o volume e forma de copa estabelecendo quatro casos básicos (copas Cônicas, Parabólicas, “Neiloid” e Cilíndrica), extraídos por uma fórmula cujo cálculo envolve o diâmetro da copa, altura da árvore e proporção de afilamento ([//online.anu.edu.au/Forestry/mensuration/SHAPE.HTM](http://online.anu.edu.au/Forestry/mensuration/SHAPE.HTM)). Como não houve propósito inicial de modelagem de forma da copa, não tomei medidas seriadas que pudessem levar às proporções de afilamento de copas. Classifiquei-as então com os seguintes critérios: (I) Se divido a altura da copa pelo raio e o valor se aproxima de 1, a copa tende a ter uma forma hemisférica. (II) Se os valores variam abaixo de 1, a forma se achata como uma forma hemi-elíptica horizontal, e (III) se os valores variam a cima de 1, a forma se aproxima de uma hemi-elipse vertical (Fig. 9). A partir deste raciocínio estabeleci a variável DOME, e não procedi com os cálculos de volume de copa.

$$\text{DOME} = \text{Altura da copa} / \text{Raio da copa}$$

onde Altura da copa = ATA – CF.

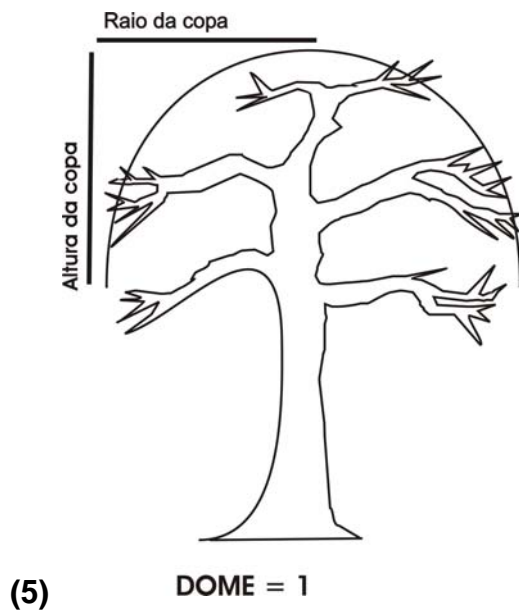
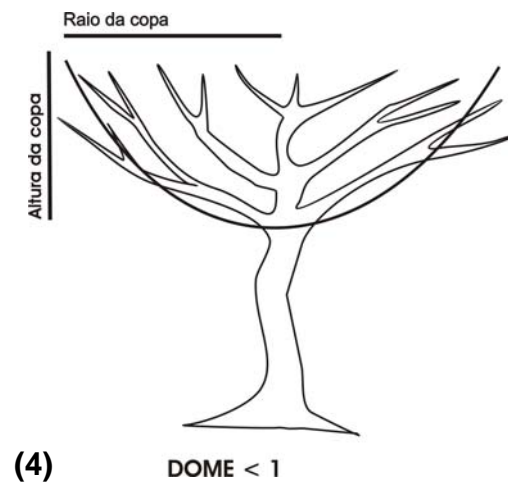
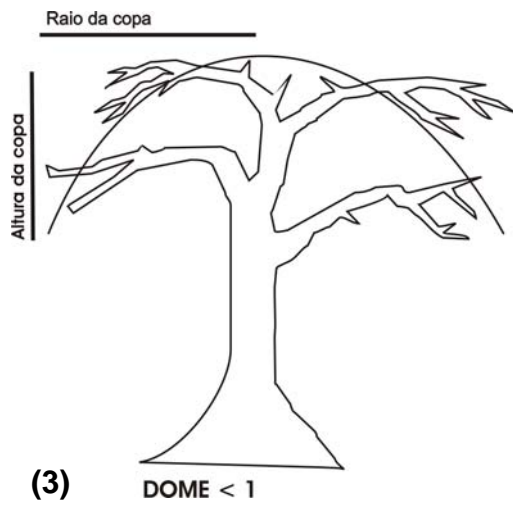
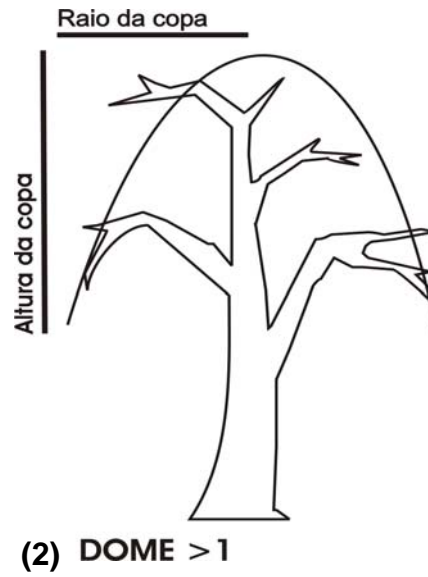
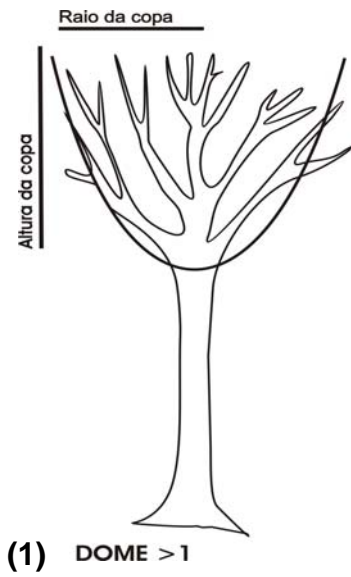


Figura 9: Ilustrações de 1 a 5, exemplificando as relações de altura e raio da copa. Para $\text{DOME} < 1$ e $\text{DOME} > 1$, duas possibilidades de arquitetura, com a base da calota voltada para cima ou para baixo.

5.5 Medidas dos fatores da floresta de entorno que afetam a escolha da árvore para nidificação

Quando busquei por variáveis que representassem a floresta de entorno, segui a impressão obtida da escalada de muitos ninhos, de que existe um vão ou faixa mais rarefeita de copas ao redor das árvores colonizadas. Também tomei medidas que de certa forma pudessem estar caracterizando de forma mais geral a floresta.

Duas medidas foram tomadas durante a escalada para tomada de medidas do item 5.3, são elas:

- I. **Altura do dossel de entorno próximo (ADE_P):** estimado durante a escalada, após a confirmação da altura em que eu me encontrava na corda, através de medida com trena, busquei uma média das alturas das árvores em um raio que variou de 15 a 20 metros (Fig. 10).
- II. **Altura do dossel de entorno distante (ADE_D):** estimado durante a escalada, após a confirmação da altura em que eu me encontrava na árvore, através de medida com trena, busquei uma média das alturas das árvores além das proximidades da copa, até que se fundissem com a linha de visão do horizonte (Fig. 10).

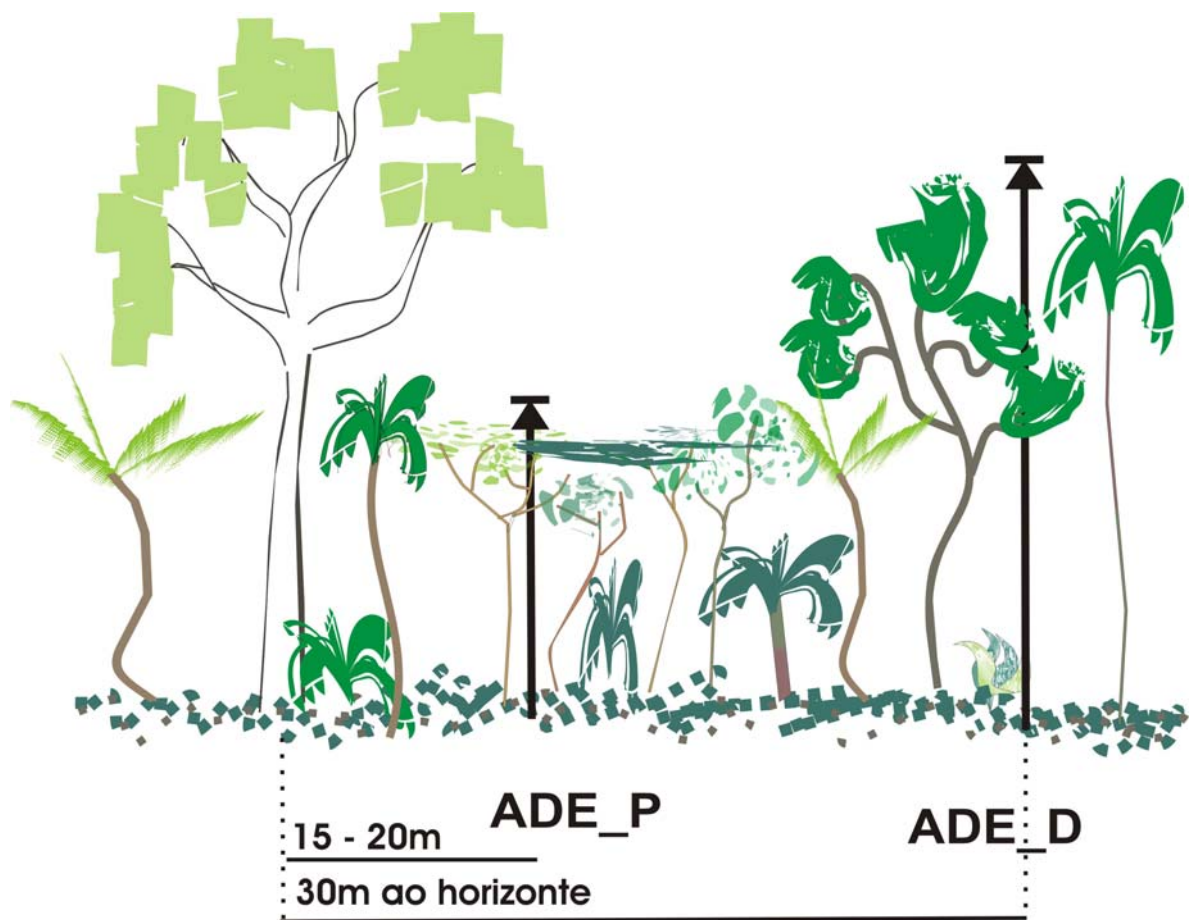


Figura 10: Medidas tomadas para relacionar a árvore e o dossel do entorno.

Três demais medidas foram tomadas no solo. O raio da copa foi medido por projeção da copa no solo, onde a tomada da medida é extremamente mais simples do que na própria copa. Medi quatro raios, seguindo as direções Norte, Sul, Leste e Oeste (Fig. 11). Foram elas:

- III. **Abertura de dossel:** tomada em seis pontos próximos à árvore amostrada, através de quadrícula de 15x15cm, subdividido em quatro quadrantes de 25 quadros; a leitura foi realizada na vertical com distância fixa de 50cm do observador (Fig. 11).
- IV. **Declividade:** tomados os mesmos seis pontos onde foram tomadas medidas de abertura de dossel, através de clinômetro, extraí previamente a direção de inclinação do terreno em cada ponto, e então, com distâncias que variaram entre cinco e dez metros medi a declividade referente ao ponto (Fig. 11).
- V. **Densidade do entorno (DENS_ABS):** medida em uma parcela de 60x60m, manteve a árvore amostrada no centro. Contei o número de árvores com DAP maior ou igual a 25cm, buscando representar a densidade de árvores de médio e grande. A área foi subdividida em sub-parcelas de 15x30m para facilitação da contagem das árvores. A parcela foi instalada com base em duas trenas, uma de 30m esticada a leste ou a oeste a partir da base da árvore, e outra de 60m, esticada perpendicular a esta primeira (ou seja, na direção norte-sul), na medida dos 15m. Em todo perímetro externo a inclusão ou exclusão de árvores foi baseada em visada com bússola a partir da ponta de trena mais próxima. Como as medidas foram tomadas em duas etapas, sub-parcelas a leste ou a oeste, a linha de divisão interna ao norte e ao sul foram também estabelecidas por visadas, entretanto a partir da base da árvore, evitando dupla inclusão de indivíduos na contagem (Fig. 11).

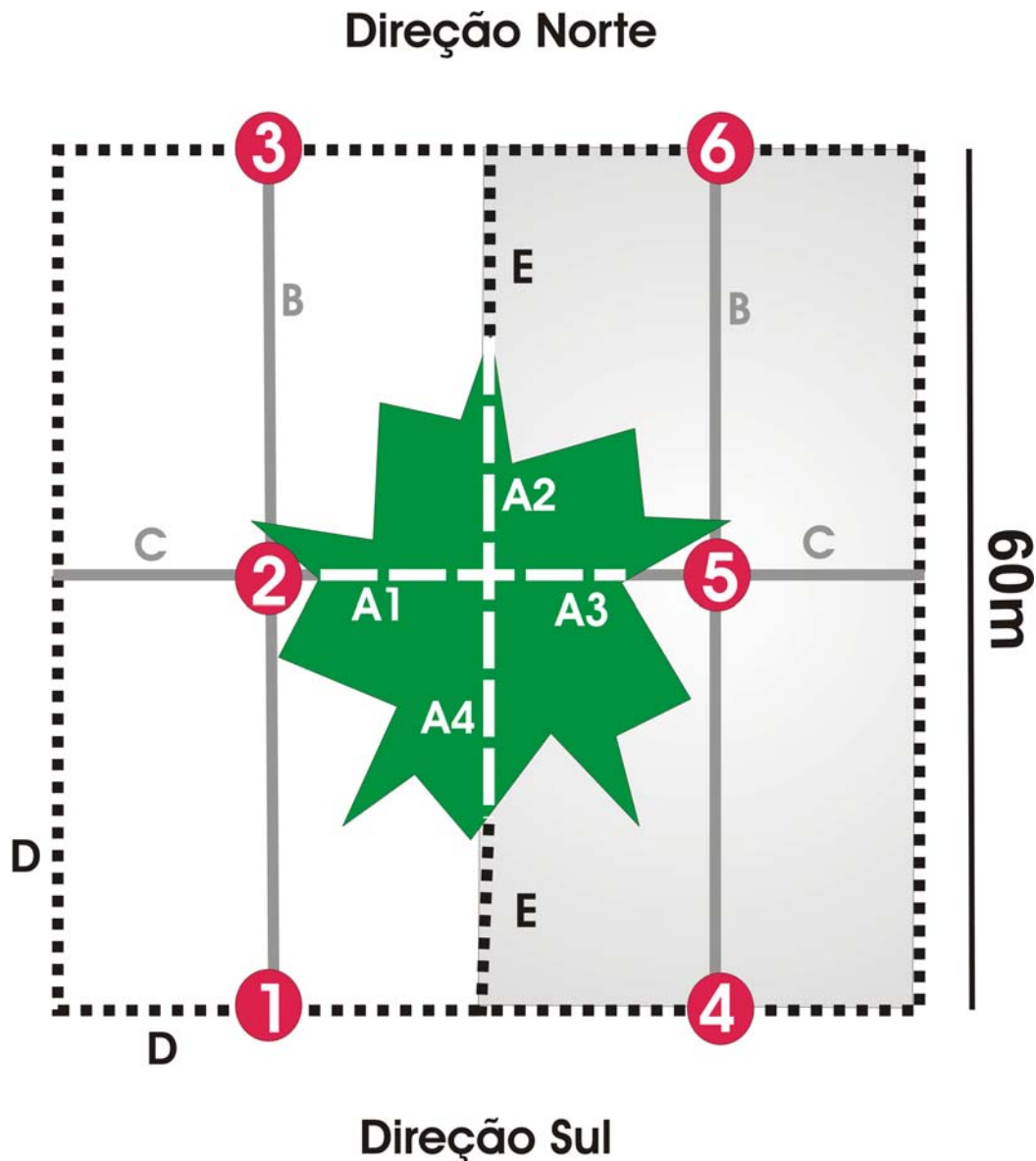


Figura 11: Representação de parcela de 60x60m com esquema de medições realizadas ao nível do solo, representando uma visão superior da árvore emergente. A amostragem foi realizada em duas etapas: primeiro à leste (zona cinza da figura) e depois à oeste (zona branca da figura). **A1** a **A4** – representação dos quatro raios de projeção da copa sobre o chão, para estimativa de diâmetro da copa; **B** – Linhas norte-sul representam a trena de 60m, que juntamente com **C** – trena de 30m que cruzava a trena maior na medida dos 30m, nos pontos **2** e **5** – subdividia área total em sub parcelas para facilitação da tomada dos dados. Os **círculos** numerados de **1** a **6**, representam os pontos para medidas de abertura de dossel e declividade; A linha pontilhada **D** representa os limites externos da parcela, determinados com visadas de direção através de uma bússola. **E** – representa a subdivisão interna, também estabelecida com bússola, para evitar recontagem de indivíduos das sub-parcelas a leste e a oeste.

6 Métodos para Análises

6.1 Padrões de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação e não utilizadas – H1

Para testar a existência de padrões arquitetônicos entre emergentes colonizadas (com ninhos) e não colonizadas (sem ninhos), utilizei as informações de 16 sítios visitados. As variáveis independentes medidas para representar os padrões de arquitetura foram: Altura total da árvore (ATA), Raio médio da copa (RC_MED), Comprimento do fuste (CF), Altura da forquilha em relação ao solo (AFS), Distância da forquilha colonizada ao centro do fuste (DFT), Angulação dos galhos da forquilha em relação a vertical (AV), Área interna da superfície da forquilha (AREAFORQ), Angulação entre os galhos da forquilha (AGF), número de ramificações principais (NRP) e diâmetro dos galhos da forquilha (DGF).

Como o número amostral pretendido era maior do que o alcançado, descartei para esta análise, as variáveis número de ramificações principais (NRP) e diâmetro dos galhos da forquilha (DGF), para manter confiabilidade das análises, crendo que estas variáveis representam valores menos críticos.

As variáveis foram submetidas aos testes de correlação de Pearson e Bonferroni. A combinação dos resultados das duas análises, bem como as razões biológicas, guiaram a tomada de decisão quanto à exclusão de variáveis. Quando correlacionadas nas duas matrizes (Pearson $> 0,40$ e Bonferroni $< 0,05$), uma das variáveis foi excluída. Quando somente correlacionadas por uma das análises, as razões biológicas foram tomadas como fator de decisão para manutenção ou retirada das variáveis das análises.

As variáveis CF, ATA, AFS estão fortemente correlacionadas (porém não significativamente), bem como AV_MED com maior ângulo entre os galhos da forquilha (AGF_MAX) e distância da forquilha ao tronco (DFT) e inesperadamente AREFORQ com CF (Tab. 1).

Entre as variáveis que representavam de alguma forma a dimensão vertical da árvore optei por utilizar CF, por ser uma das medidas mais precisas. AV_MED foi excluída, e mantive então AGF_MAX e DFT, não auto-correlacionadas, retirando assim somente mais uma variável.

No terceiro caso de correlação, entre AREFORQ e CF (Pearson = 0,448), optei por mantê-las, pois, mesmo representando dimensões da árvore que caminham juntas, não representam informação redundante.

No teste para padrões de arquitetura utilizei uma regressão múltipla logística, tendo efeito de colonização das árvores como variável dependente categórica binária, contra as variáveis independentes AGF_MAX, AREAFORQ, CF, RC_MED e DFT.

Tab. 1: Matriz de Pearson para as variáveis comprimento do fuste (CF), ângulo médio em relação a vertical (AVMED), área superficial da forquilha (AREAFORQ), raio médio da copa (RCMED), ângulos máximo entre os galhos da forquilha (AGFMAX), altura total da árvore (ATA), distância da forquilha ao centro do fuste (DFT), distância entre os galhos da forquilha (DGF), número de ramificações principais (NRP) e altura da forquilha em relação ao solo (AFS). Estão marcados em negrito valores de alta correlação.

	CF	AVMED	AREAFORQ	RC_MED	AGF_MAX
CF	1.000				
AVMED	-0.266	1.000			
AREAFORQ	0.448	-0.275	1.000		
RC_MED	0.166	-0.052	0.017	1.000	
AGF_MAX	0.321	-0.748*	0.209	0.177	1.000
ATA	0.580*	0.216	0.238	0.214	-0.078
DFT	-0.178	-0.417	0.126	0.167	0.136
DGF	0.003	0.481	0.035	0.376	-0.486
NRP	-0.539	0.087	-0.039	-0.156	0.056
AFS	0.782*	-0.246	0.373	0.286	0.318

	ATA	DFT	DGF	NRP	AFS
ATA	1.000				
DFT	-0.277	1.000			
DGF	0.366	-0.237	1.000		
NRP	-0.262	0.174	-0.256	1.000	
AFS	0.778*	-0.059	0.103	-0.368	1.000

* Correlação significativa com $p < 0,05$ conforme resultados da matriz de Bonferroni.

6.2 Variação de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação, entre florestas alagáveis e não alagáveis – H2

Para testar a variação de arquitetura de árvores colonizadas entre diferentes formações florestais tomei medidas em 11 árvores colonizadas em florestas não alagáveis (Terra-firme) e cinco em florestas alagáveis (Igapó).

O baixo número amostral não me permite testar todas as variáveis medidas, portanto, as variáveis utilizadas para representar a arquitetura das árvores nas diferentes formações florestais foram ângulos médios em relação a vertical (AV_MED), diâmetro médio dos galhos da forquilha (DGF_MED), área da forquilha (AREAFORQ) e comprimento do fuste (CF).

Submeti as variáveis aos testes de correlação de Pearson e Bonferroni, não identificando valores de correlação entre as variáveis (Tab. 2). Procedi então com uma MANOVA, sendo a formação florestal como fator e as demais variáveis supracitadas, como dependentes.

Tab. 2: Matriz de Pearson para as variáveis diâmetro médio dos galhos da forquilha (DGFMED), área superficial da forquilha (AREAFORQ), comprimento do fuste (CF) e ângulo médio em relação à vertical (AVMED). Não existem valores de alta correlação.

	DGFMED	AREAFORQ	CF	AV_MED
DGFMED	1.000			
AREAFORQ	-0.044	1.000		
CF	0.154	0.126	1.000	
AV_MED	0.298	0.245	0.154	1.000

6.3 Análise dos padrões de arquitetura sem influência da formação florestal

Para testar a solidez do modelo para previsão de um padrão arquitetônico, realizei uma equação logística para as mesmas variáveis utilizadas no teste de variação de padrão de arquitetura, entretanto descartando os dados das áreas alagadas, em função de ter detectado influências das formações florestais sobre os padrões de árvores das florestas. Neste teste foi também substituída a variável raio médio da copa (RC_MED) pela variável obtida *a posteriori* forma tridimensional da copa (DOME), para verificar se esta poderia ser mais importante do que simplesmente a largura, uma medida linear, portanto bidimensional.

6.4 Fatores da floresta de entorno que afetam a escolha da árvore para nidificação por *Harpia harpyja* – H3

Duas das variáveis medidas não foram utilizadas para as análises:

I – Declividade

As medidas de declividade, que tomei em escala bastante reduzida, resultaram em uma variável ligada à forma de localização dos ninhos, pois os locais amostrados estão em sua maioria ligados aos deslocamentos humanos e retirada de produtos florestais. Estas atividades são feitas preferencialmente (quase obrigatoriamente no caso de produto madeireiro) por caminhos que evitam as áreas mais inclinadas. Por esta razão esta variável não foi incluída nas análises.

II – Abertura de dossel

As medidas de abertura de dossel não foram satisfatórias na representatividade que eu estava intencionado em medir. A intenção inicial era de obter uma medida de densidade de copas do dossel, mas no decorrer das amostragens detectei que as medidas refletiam com maior intensidade o subosque e sub-dossel que o dossel propriamente dito. Se as medidas de abertura estivessem relacionadas à densidade de copas, eu esperaria encontrar uma correlação com as medidas de densidade de árvores de médio e grande porte.

Quando testadas, as variáveis não se correlacionam (Pearson $p=0,015$ e Bonferroni $p= 0,937$). Como as medidas de subosque não afetam diretamente a vida no dossel, a variável não foi incluída nas análises.

Para testar os fatores da floresta de entorno que afetam a escolha da árvore (hipótese 3), selecionei para representar as características das florestas de entorno as variáveis Altura do Dossel do Entorno Próximo (ADE_P), Altura do Dossel do Entorno Distante (ADE_D), Densidade da floresta de entorno (DENS_ABS) e Exposição do Ninho (EN_SUB).

As variáveis foram submetidas aos testes de correlação de Pearson e Bonferroni (Tab. 3), onde ADE_D e EN_SUB estão possuem valor de alta correlação. Optei então pela exclusão da variável ADE_D, acreditando que uma forquilha menos exposta poderia ser um fator de seleção.

Testei os fatores da floresta de entorno que afetam a escolha da árvore em áreas de Terra-firme com uma regressão múltipla logística, tendo efeito de colonização das árvores como variável dependente categórica binária, contra as variáveis independentes ADE_P, EN_SUB e DENS_ABS.

Tab. 3: Matriz de Pearson para as variáveis altura do dossel de entorno próximo (ADE_P), altura do dossel de entorno distante (ADE_D), exposição do ninho (EN_SUB) e densidade absoluta de entorno (DENS_ABS). Em negrito o valor correlacionado.

	ADE_P	ADE_D	EN_SUB	DENS_ABS
ADE_P	1.000			
ADE_D	0.233	1.000		
EM_SUB	0.302	0.548*	1.000	
DENS_ABS	0.330	-0.242	0.207	1.000

* Correlação significativa com $p < 0,05$ conforme resultado da matriz de Bonferroni.

7 Resultados

7.1 Espécies de árvores emergentes colonizadas

Dezesseis ninhos foram visitados e amostrados, oito ativos e oito inativos distribuídos entre oito espécies, enumeradas a seguir:

1 – Tauarí-Parintins (*Huberodendron ingens Ducke*)

Esta espécie não identificada só está registrada no assentamento Vila Amazônia, município de Parintins. A altura da árvore é de 48,50m, CAP de 5,60 e AFS de 33,40m (demais valores Apêndice 11). O ninho desta árvore apresenta o mais complexo conjunto de epífitas dos registros.

2 – Cedrorana (*Cedrelinga catenaeformis Ducke*)

Esta espécie só está registrada em uma ocorrência, na região de Manaus, próximo à reserva ZF2 – INPA. A altura da árvore é de 46,0m, CAP de 5,08 e AFS de 34,50m (demais valores Apêndice 11).

3 – Sumaúmas (*Ceiba pentandra Gaertn.*)

Conhecidamente de áreas inundáveis, possui padrão arquitetônico aparentemente favorável à instalação dos ninhos das Harpias nas florestas alagadas. Num total de cinco registros neste tipo de floresta e três são Sumaúmas.

São árvores emergentes locais, porém de estatura mediana (o registro mais alto com 36m) e pouca emergência (em torno de sete metros e meio) A esta espécie cabe também o menor registro de CAP, com dois metros e setenta e sete centímetros, provavelmente em função de a medida ser executada além das sapopemas, neste caso a 19m de altura (demais valores Apêndice 11).

A copa destas árvores são as mais achatadas horizontalmente dentre as colonizadas, com os menores valores de DOME, em torno de 0,6, o que significa que a largura da copa gira em torno de uma vez e meia a altura.

4 – Jutaí ou Jatobazinho (*Hymenaea parvifolia* Huber)

Esta espécie de arquitetura menos comum entre as árvores colonizadas possui copa estreita e de forquilhas fechadas. Registrei o menor valor médio de ângulo entre galhos (AGF_MED=45°) e o maior valor médio para ângulo em relação a vertical (AV_MED=156°). Só houve um registro, na região de Manacapuru e a altura da árvore é de 45,00m, CAP de 3,23m e AFS de 29,79m (demais valores Apêndice 12).

Visitei este local em período de seca. A árvore está localizada em área alagável, Igapó, ao final de uma estreita elevação de terra de alguns quilômetros. Na outra extremidade da terra está a comunidade do Lago do Cururu, e entre eles, uma área de palhal “manejado” pela comunidade.

Na tentativa de localizar uma árvore emergente para comparação, julguei coerente re-sortear a direção para busca, devido a distância que alcancei, cerca de 900m, sem localizar emergentes. A direção sorteada seguiu por uma baixada de sub-bosque aberto, árvores de baixa estatura e solo encharcado, que deve permanecer por longos períodos de submersão. A impressão guardada durante as escaladas também é de que existe uma área pouco servida de emergentes, por fatores naturais ou antrópicos.

5 – Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)

Os jatobás colonizados ocorreram no estado do Pará, pois nas amostragens na região de Parintins-AM, os ninhos em Jatobás estão além da divisa de estado.

O menor valor de AV registrado é para esta espécie com 80°, ou seja, o galho pende a 10° da horizontal para baixo. Quanto à angulação em relação à vertical esta espécie é semelhante às Sumaúmas, entretanto com copas mais distribuídas e esféricas (valores de DOME em torno de 1). A altura média para a espécie é de 44,06m, CAP médio de 3,36m, AFS médio de 32,23m (demais valores Apêndice 12).

6 – Angelim fava / da mata (*Hymenolobium* sp.)

Esta leguminosa possui a copa bem distribuída, com valor de DOME = 0,9,

galhos grossos formando forquilhas mais horizontais nas primeiras bifurcações, mas que logo se dividem distribuindo a copa. Houve somente uma ocorrência de colonização, e é a árvore de segundo maior valor de exposição do ninho, que está a 36m de altura, somente abaixo dos ninhos do Leste do Pará, em Angelim pedra. A árvore possui 43,00m de altura e CAP de 4,49m (demais valores Apêndice 12). Esta espécie também foi amostrada entre árvores não colonizadas (valores no Apêndice 13).

7 – Castanheira (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.)

A princípio acreditei ser esta uma espécie detentora de um padrão arquitetônico desejado por Harpias, e apesar de os valores das medidas em geral estarem dentro da média de valores das demais, em nossos registros não são as ocorrências mais abundantes. Isso pode estar ligado a distribuição da espécie, que é mais abundante a oeste da Amazônia, de onde temos poucos registros.

Durante este trabalho visitei uma árvore colonizada desta espécie, com altura de 45,00m, CAP de 4,30m e AFS de 31,50m (demais valores Apêndice 12), e uma não colonizada (valores no Apêndice 13).

8 – Angelim pedra / vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke)

Conhecidas pelo grande porte, copa frondosa, fuste longo e madeira de alta densidade destinada a movelaria e construção civil, amplamente explorada, sem dúvida a espécie de maior amplitude espacial de ocorrência dentre as árvores colonizadas, são 31,25% dos casos. Três destas árvores foram registradas no leste do estado do Pará (as mais altas), e duas na região central do estado do Amazonas.

A espécie possui grande plasticidade morfológica, condicionada pelo ambiente, pois, dentre elas estão a árvore colonizada mais alta (52m, com o ninho mais alto registrado a 37,93m) e a mais baixa (34m). A copa de maior raio médio também está presente nesta espécie (18,44m) – demais valores Apêndice 12.

Entre as árvores não colonizadas, esta espécie também foi a de maior número de ocorrências (valores de medidas no Apêndice 13).

7.2 Características de árvores colonizadas

As árvores colonizadas são grandes emergentes que têm em média 43,7m de altura (Fig. 12 e 13). Os valores de raio médio das copas não se correlacionam (Pearson $r = -0,101$ e Bonferroni $p = 0,583$) com os valores de altura total. Maior e menor valores de CAP encontrados não correspondem às árvores mais alta nem à mais baixa, respectivamente.

As árvores apresentaram poucas ramificações principais, em média de três ramificações. Obtive seis ocorrências em forquilhas de dois ramos, nove ocorrências em forquilhas de três ramos e uma ocorrência em forquilha de quatro ramos. Nas forquilhas de três ramos utilizadas 60% possuíam o a menor angulação entre os ramos mais horizontais.

Os ninhos foram construídos em forquilhas que em média estiveram a 1,30m do centro do fuste. A maior distância registrada é de 5,30m (Angelim pedra) e a menor zero metro, sobre o fuste em Angelim pedra, Sumaúma e Jatobá.

Os ninhos estão em maioria abaixo ou na linha de altura do dossel distante (oito ninhos abaixo e quatro na linha de altura – considerando um erro de mais ou menos 0,5m). São apenas quatro as ocorrências de ninhos acima da linha do dossel. O mais exposto está 2,60m mais alto que o dossel de entorno e a forquilha de comparação mais alta está a 6,20m a cima. O ninho mais inserido no dossel está a 7,20m abaixo da linha do dossel distante e a forquilha de comparação mais inserida está 19m abaixo desta linha. Em 87,5% dos casos de comparação os ninhos estiveram menos inseridos que as forquilhas de comparação (Fig. 14).

Nos ninhos visitados registrei a ocorrência de associação epifítica em 50% dos casos. Esta porcentagem corresponde a 5 ninhos ativos e 3 ninhos inativos, onde 3 ativos possuem hemi-epífitas do tipo Ficus ou Clusia e os inativos todos apresentavam estas plantas (Apêndice 14).

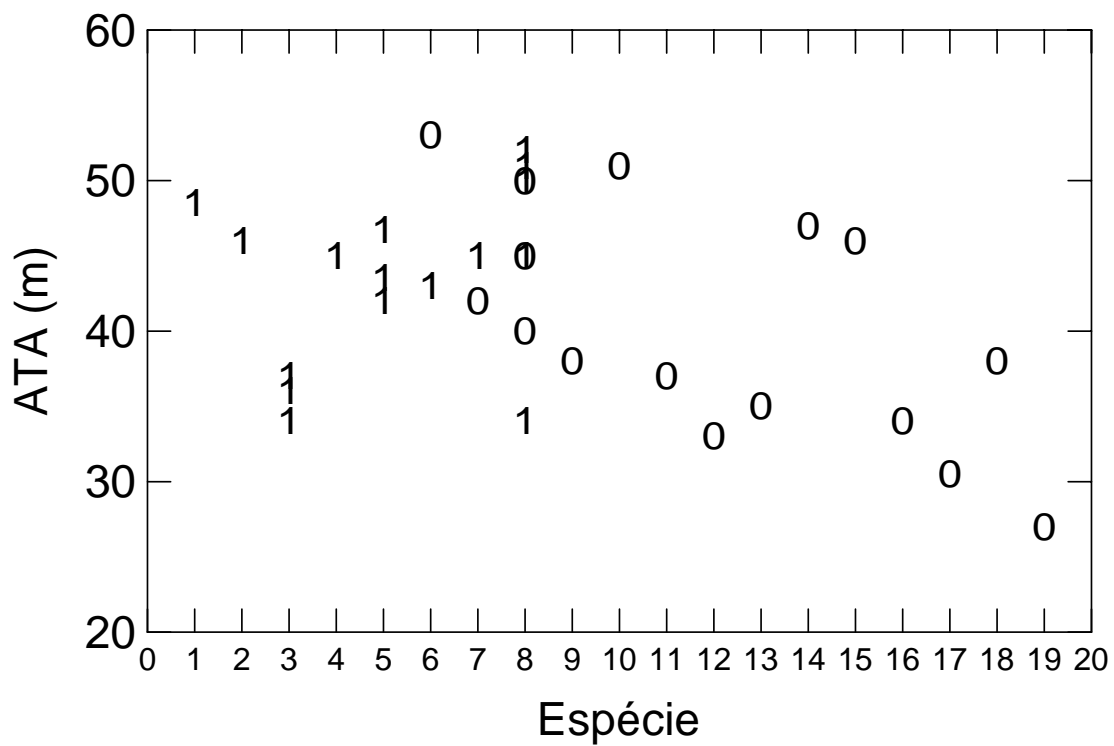


Figura 12: Altura total das árvores amostradas plotadas por espécie, árvores colonizadas representadas por 1 e árvores não-colonizadas representadas por 0. As três espécies encontradas em duas categorias são Angelim Fava (6), Castanheira (7) e Angelim Pedra (8). Listagem das demais espécies, Apêndice 10.

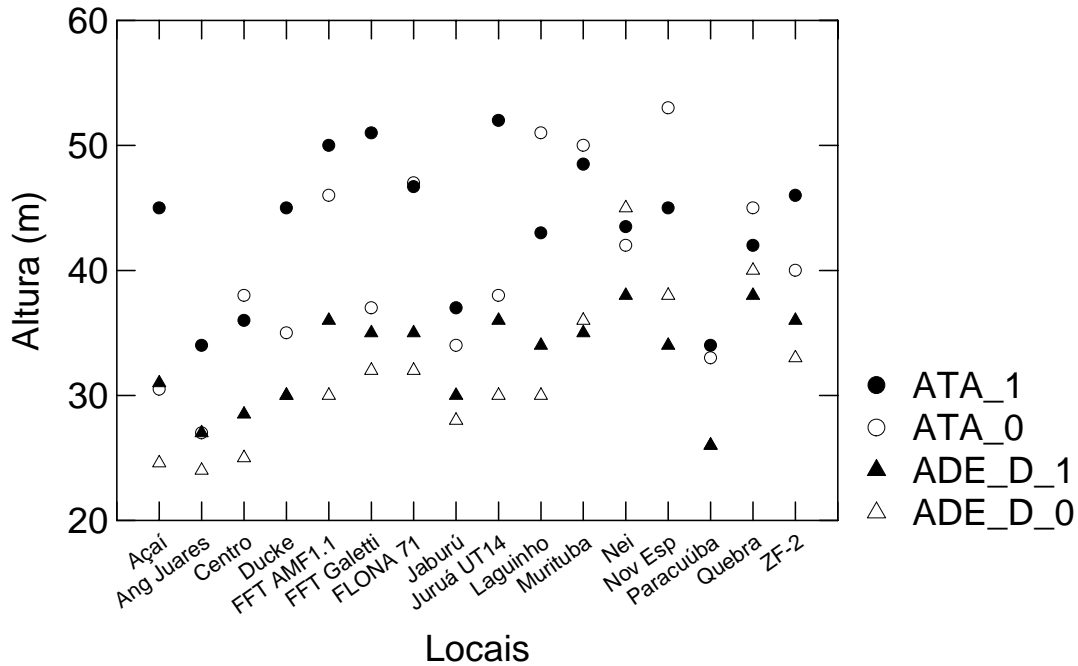


Figura 13: Altura total das árvores (ATA) e altura do dossel de entorno distante (ADE_D), em florestas de terra-firme, por localidades. Lista de localidades, regiões e longitudes Apêndice 11.

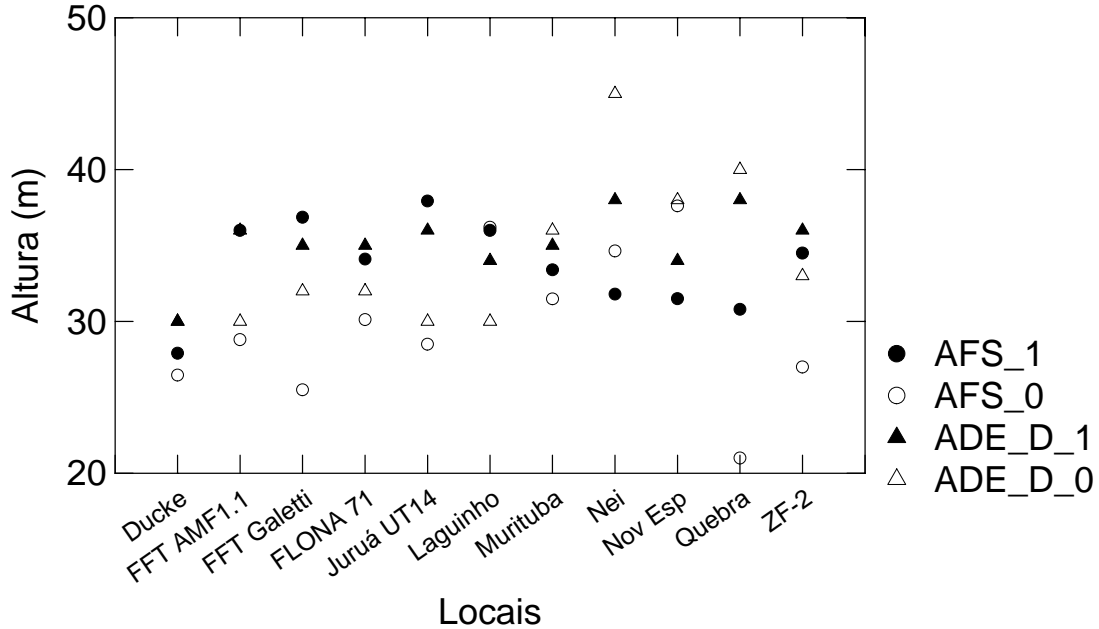


Figura 14: Altura da forquilha (AFS) e Altura do dossel de entorno distante (ADE_D), em florestas de terra-firme, por localidades. Lista de localidades, regiões e longitudes no Apêndice 11.

7.3 Padrões de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação e de árvores não utilizadas – H1

A característica de arquitetura representada pela maior angulação entre os galhos da forquilha (AGF_MAX) influencia significativamente o efeito de colonização de árvores por *Harpia harpyja* (regressão múltipla logística, McFadden's $\delta^2=0,632$; $t=-1,919$; $p=0,055$; Apêndice 1). As demais características não representaram significância direta, entretanto, a área superficial da forquilha (AREAFORQ) apresenta valor limiar de significância (regressão múltipla logística, McFadden's $\delta^2=0,632$; $t=-1,805$; $p=0,071$; Fig. 15).

Os ângulos das forquilhas em relação a vertical (AV_MED, representando o quanto a forquilha é inclinada na horizontal) não puderam ser analisados pela regressão logística por estarem altamente correlacionados com o maior ângulo interno da forquilha (AGF_MAX) e com a distância entre os galhos da forquilha (DFT), mas a distribuição das médias dos ângulos em relação à vertical diferem significativamente entre árvores colonizadas e não colonizadas (teste T $n=16$; $p=0,036$; Fig. 16). A média de dos ângulos médios em relação à vertical (AV_MED) é mais alta para árvores não colonizadas, evidenciando que os ângulos mais horizontais (mais próximos de 90°) estão sendo selecionados.

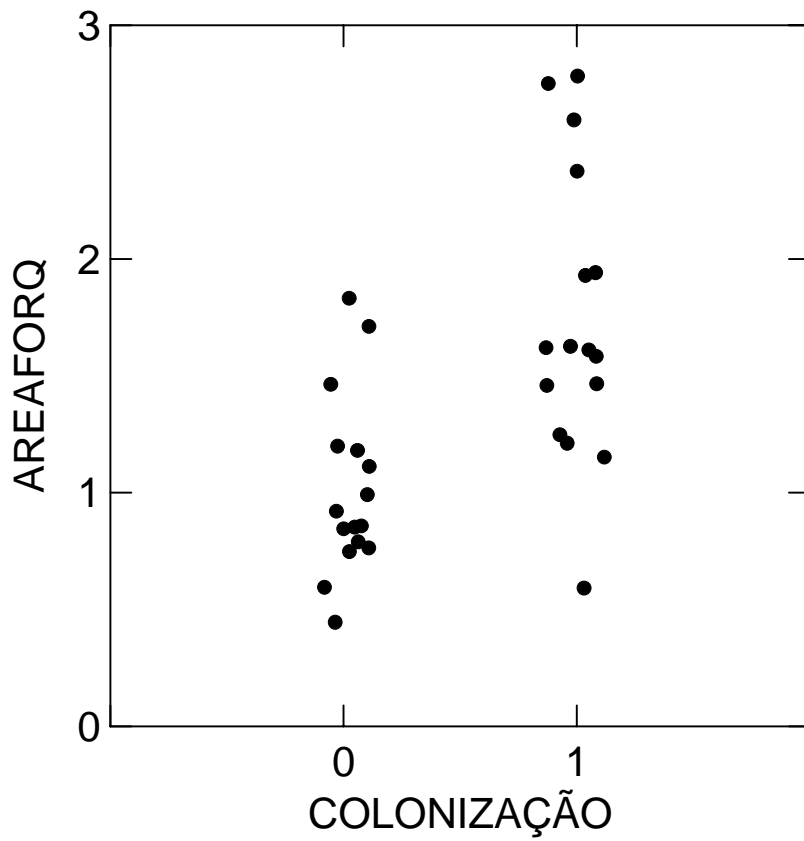


Figura 15 Valores de área da forquilha por árvores colonizadas (1) e não colonizadas (0).

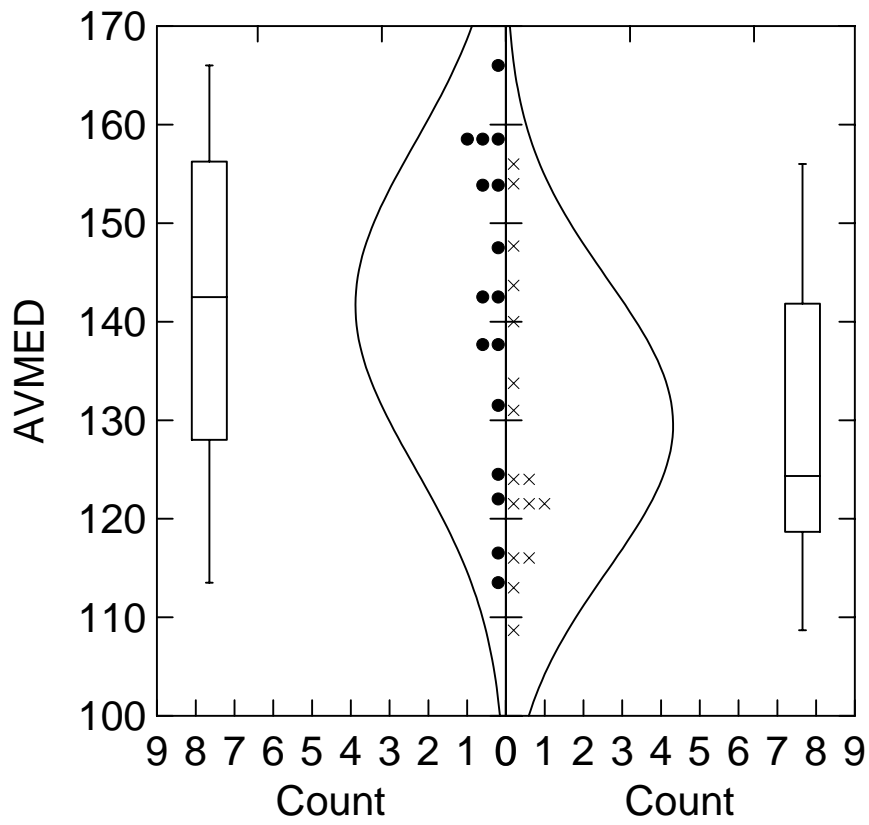


Figura 16: Distribuição dos dois grupos de médias de ângulos em relação a vertical (AVMED). Árvores não colonizadas (●) e árvores colonizadas (x).

7.4 Variação de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação, entre florestas alagáveis e não alagáveis – H2

A formação florestal influi significativamente no comprimento do fuste das árvores colonizadas (MANOVA; Pillai Trace=0,493 e $P=0,007$) e não exerce influência significativa em outras características da árvore (Apêndice 2). As árvores colonizadas de igapó têm média de alturas totais (ANOVA; $F=10,095$; $Gl=15$; $p=0,007$; Apêndice 3) e comprimentos de fuste (ANOVA; $F=21,770$; $Gl=15$; $p=0,001$; Apêndice 4) significativamente menores do que nas árvores de terra-firme (Fig. 17).

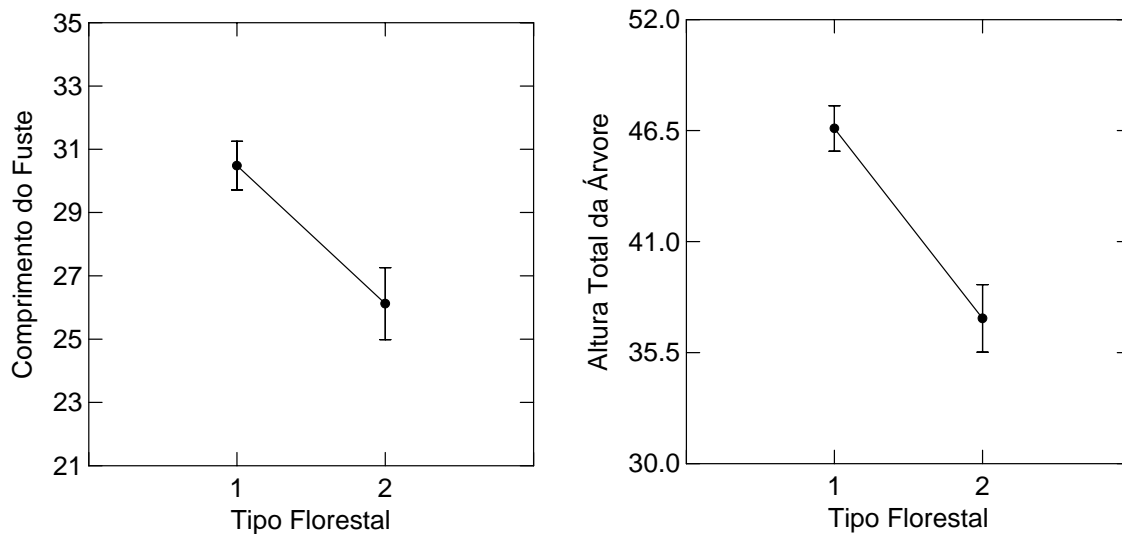


Figura 17: Análise de variância para Comprimento do Fuste (CF) e Altura Total da Árvore (ATA), em duas formações florestais, (1) Terra-firme e (2) Igapó.

7.5 Análise dos padrões de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação sem influência da formação florestal

Nesta análise manteve-se o significativo o maior ângulos entre os galhos da forquilha (AGF_MAX) em relação ao efeito de colonização das árvores por *Harpia harpyja* (regressão múltipla logística, McFadden's $\delta^2= 0,605$; $t=-1,929$; $p=0,054$; Apêndice 5). A substituição da variável raio médio da copa (RC_MED) pela forma tridimensional da copa (DOME) não teve significância de uma forma geral.

A variável DOME, entretanto, parece ser uma medida mais representativa do que a variável RC_MED, quanto a forma selecionada. Isso pode estar ocorrendo em função de DOME representar em duas dimensões uma medida tridimensional da copa, enquanto o raio é uma medida bidimensional.

Submeti a variável DOME a um teste T para análise da distribuição das formas e a distribuição é ao acaso para árvores não colonizadas ($p=0,06$), enquanto, não ao acaso para árvores colonizadas ($p=0,571$). A média utilizada para os testes é um, considerando então a forma hemisférica como padrão intermediário de variação das formas, para árvores colonizadas e não colonizadas.

As médias são diferenciáveis por teste t pareado ou ANOVA, mas quando retiradas as áreas alagáveis, as médias não são distinguíveis, porém mantendo a tendência de distribuição não ao acaso (Fig. 18 e Apêndice 6 e 7).

Seria importante testar esta e outras variáveis, sem ação do efeito de espécies, mas não disponho de réplicas suficiente para cada espécie que ocorra nas duas categorias (colonização e não colonização) em mesmas regiões.

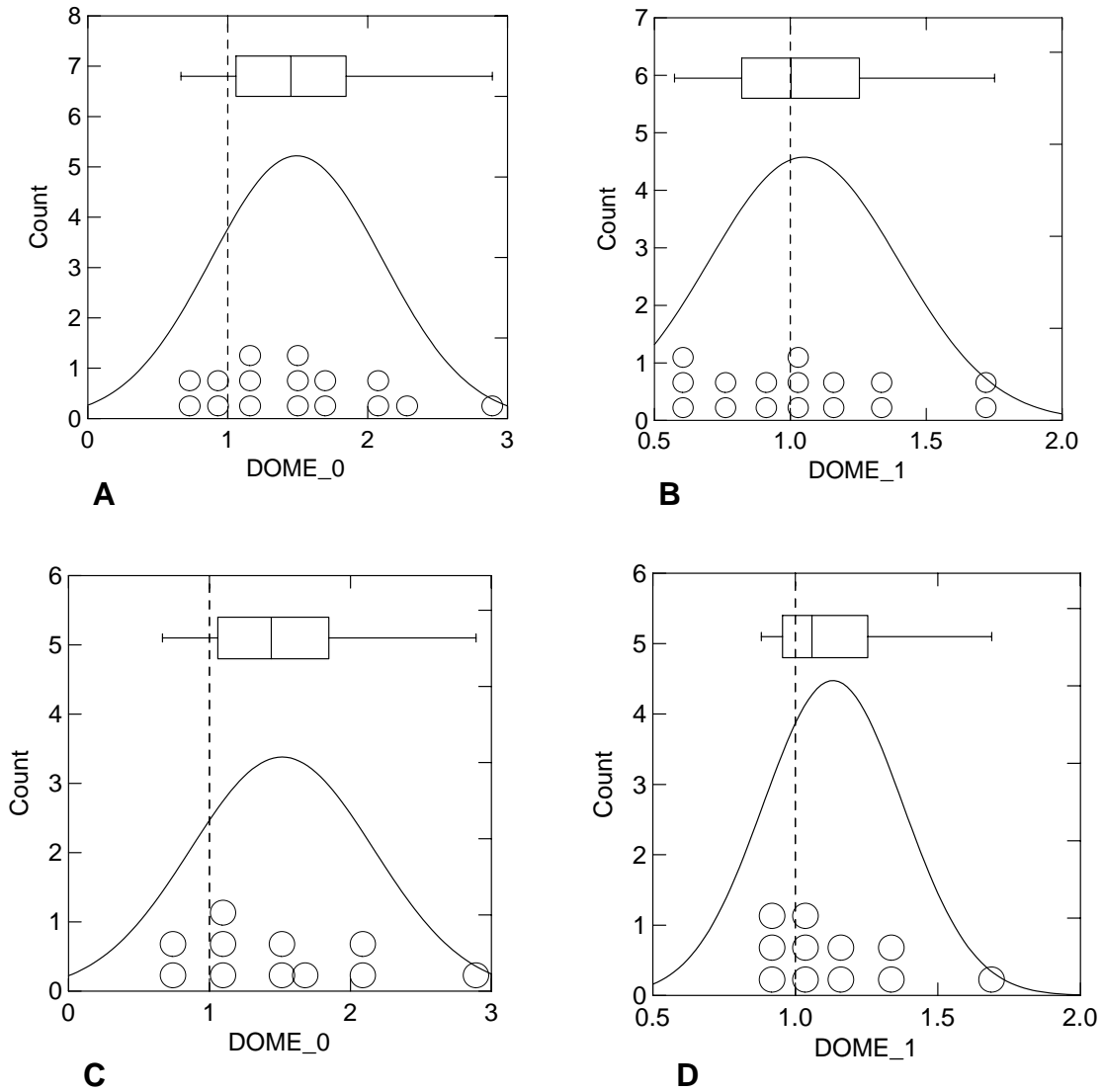


Figura 18: Distribuição dos valores de forma da copa (DOME), para árvore não colonizadas (0) e colonizadas (1). Gráficos **A** e **B** para todos os valores amostrados e gráficos **C** e **D** somente para florestas de terra-firme.

7.6 Influência dos fatores da floresta de entorno que afetam a escolha da árvore na nidificação de *Harpia harpyja* – H3

Em mata da terra-firme, os fatores da floresta de entorno influenciam significativamente o uso da árvore para nidificação (regressão múltipla logística; McFadden's $\delta^2=0,254$; $t=1,952$; $p=0,051$; Apêndice 9).

Explorando a concavidade do dossel ao redor da árvore do ninho, registrei a altura do dossel distante (ADE_D) e próximo (ADE_P) e subtraindo ADE_P de ADE_D, obtive a diferença de altura em relação ao dossel distante (DIF_D). Nas árvores registrei a altura total da árvore (ATA) e o comprimento do fuste (CF), e subtraindo CF de ATA, obtenho a altura da copa (DIF_A).

Para as árvores colonizadas encontrei uma correlação positiva destas diferenças (Pearson $r=0,53$ e Bonferroni $p=0,035$), onde quanto maior a diferença do dossel, maior a altura da copa. Para as árvores não colonizadas não houve correlação destas diferenças (Pearson $r=-0,33$ e Bonferroni $p=0,213$), e quando plotadas DIF_D por DIF_A, o esboço de uma tendência é invertida (Apêndice 8). Podemos visualizar a concavidade representada graficamente na Fig. 19 A e B, onde, para árvores colonizadas temos a ordem de alturas ADE_P, CF e ADE_D. Para árvores não colonizadas ocorre uma inversão, primeiro comprimento do fuste (CF), em seguida altura do dossel próximo (ADE_D) e altura do dossel distante (ADE_D).

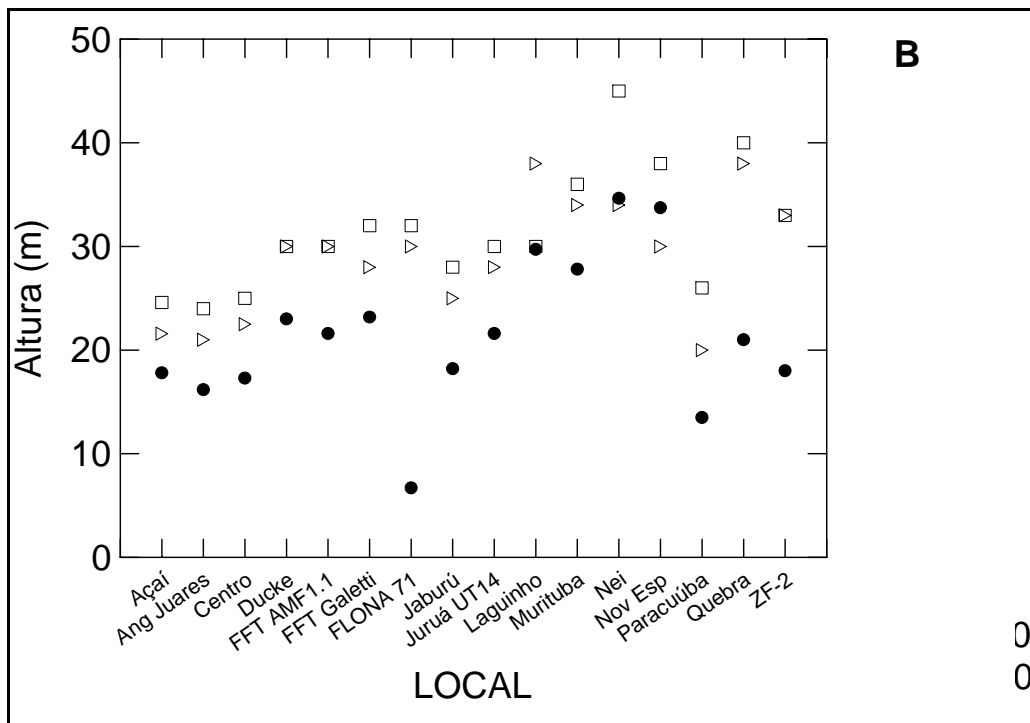
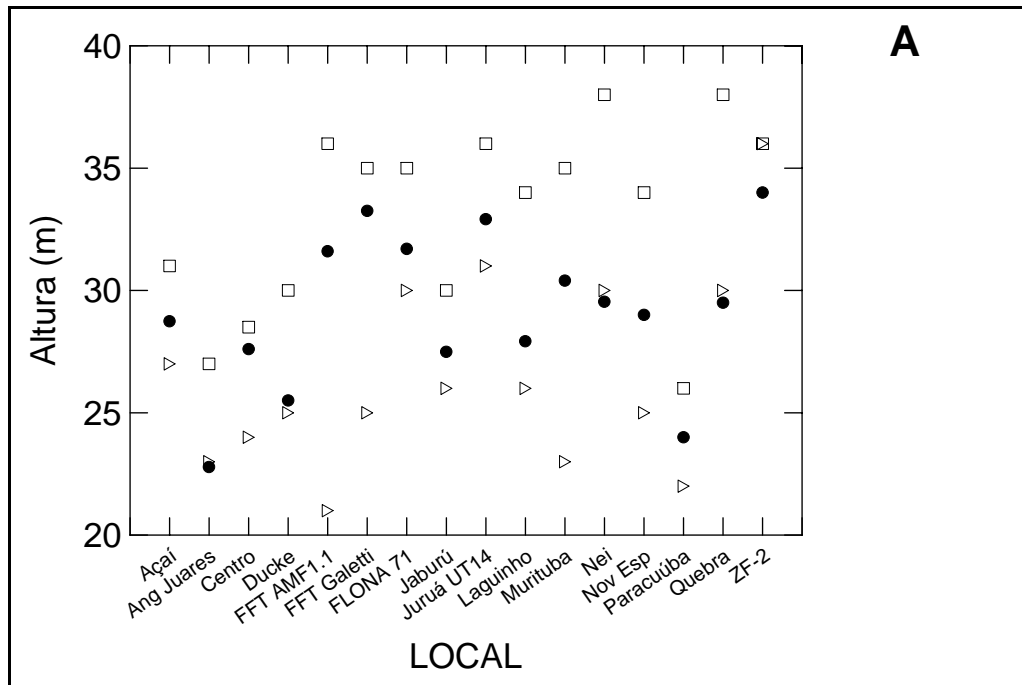


Figura 19: Comprimento do fuste (●), altura do dossel próximo (Δ) e altura do dossel distante (◻), para árvores colonizadas (**A**) e não colonizadas (**B**), para as duas formações florestais, terra-firme e igapó. A lista de localidades e espécies estão no Apêndice 9.

7.7 Variações regionais na altura de árvores utilizadas para nidificação

Buscando detectar variações regionais dentre o efeito de colonização e a variação florestal encontrei um gradiente de alturas longitudinal, variando de leste à oeste. As alturas totais das árvores colonizadas de terra-firme são maiores a leste e a relação entre estes valores pela variável contínua longitude, é significativa (regressão linear; $r^2=0,591$; $GI=10$; $F=13,024$; $p=0,006$; Fig. 20).

As alturas totais das árvores não colonizadas não refletem o mesmo padrão e não têm valores significativos para uma regressão linear (regressão linear; $r^2=0,022$; $GI=10$; $F=0,198$; $p=0,667$; Fig. 21).

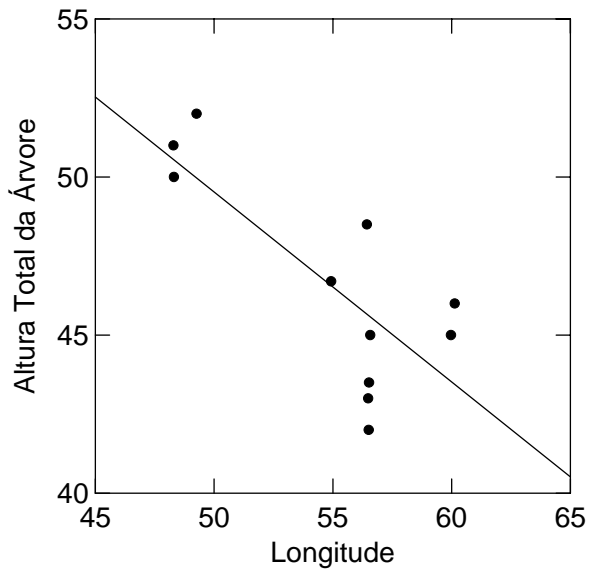


Figura 20: Alturas totais das árvores colonizadas amostradas em terra-firme pelas longitudes amostradas ($y = 100,792 - 0.984 * x$; $r^2=0,591$; $p=0,006$).

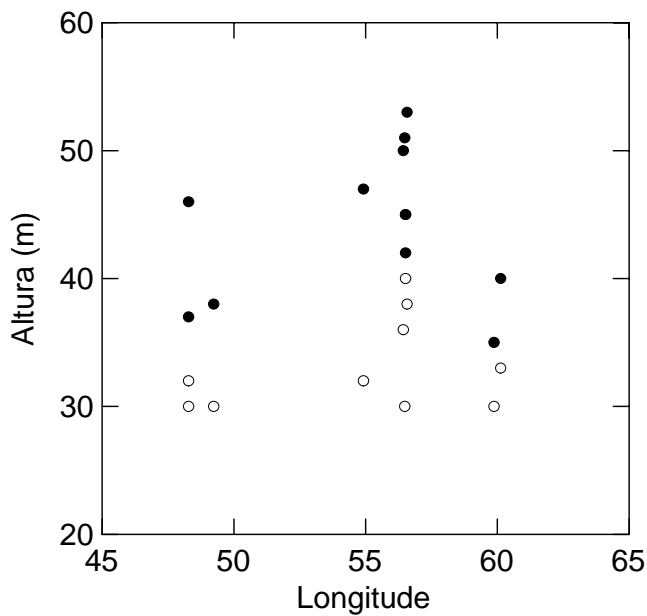


Figura 21: Relação entre altura total das árvores não colonizadas (●) e de altura do dossel de entorno (○) distante em floresta de terra-firme por longitudes de amostragem.

8 Discussão

8.1 Padrões de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação e não utilizadas – H1

A tradução do resultado de diferentes formas de crescimento em números é um desafio traçado por diferentes "modelistas", biólogos, ecólogos e matemáticos, na tentativa de prever padrões nas formas vegetais. A abordagem deste estudo não desafia o entendimento das formas, mas limita-se a capturar medidas que representem as formas geométricas mais marcantes da arquitetura de uma árvore. A decisão a respeito das formas foi baseada, da melhor aproximação que pude, na visão de um gavião tentando encaixar sua moradia em uma estrutura 3D.

Analisando os padrões de arquitetura, fundamentei a utilização do maior ângulo entre galhos da forquilha, observando o fato de forquilhas de mais de dois ramos podem apresentar grande área superficial ou volume, mesmo que a média dos ângulos entre os galhos seja menor do que o ângulo entre os galhos de uma forquilha de dois ramos com área semelhante. O efeito de proporcionalidade entre ângulos maiores e maior área disponível era esperado, porém não estão significativamente correlacionados, reforçando a idéia de que as variáveis ângulos internos (AGF) e área superficial (AREAFORQ) estejam explicando formas diferentes de forquilhas, entretanto, expressando o espaço disponível.

As variáveis AGF_MAX e AREFORQ confirmam que a espécie *Harpia harpyja* escolhe forquilhas não só de grande área superficial, mas principalmente de ângulos mais abertos. Para forquilhas de dois ramos o menor ângulo registrado é de 45°, um ponto isolado em Jutaí (*Hymenaea parvifolia.*) - todos os demais estiveram acima com 70°. Para as forquilhas de mais de dois ramos, o menor ângulo é de 42° (em Jatobá, *Hymenaea courbaril*). De uma forma geral, o menor ângulo esteve relacionado aos galhos mais horizontais (60% dos casos) que em relação ao fuste ou galho mais vertical, nas ocorrências de três ramos na forquilha (62,5% das árvores amostradas).

A configuração de forquilhas de galhos mais horizontais, sendo os ângulos mais fechados entre estes, permite a acomodação dos ninhos sobre a lateral dos galhos, não exatamente com o centro do "cone dos ninhos" apoiados sobre os

centros dos vértices dos galhos. Este tipo de configuração cria também uma área de deslocamento segura para o filhote, que passa os primeiros seis meses de vida no ninho e caminhando nos galhos adjacentes, antes de completar o aprendizado de vôo e troca de plumagem. No clássico trabalho de Fowler & Cope 1964 a angulação aberta da forquilha que acomodava os ninhos foi destacada, também associando esta característica como benéfica à movimentação do filhote.

A maior angulação em relação a vertical também está em Jutaí, que aparentemente possui uma arquitetura menos comum às árvores colonizadas, porém passível de uso. A escolha da área para instalação do ninho é vital para aves, pois determina o ambiente no qual os adultos, ovos e jovens estarão expostos durante períodos críticos (Travaini & Donazar 1994), e se neste caso a região teve grande peso na determinação da área de nidificação, uma aparente limitação de opções de emergentes pode ter direcionado a escolha deste Jutaí, pois está localizado em um igapó baixo e de poucas emergentes, próximo a uma comunidade ribeirinha que explora madeira há mais de 15 anos na região do ninho (com. pes. dos ribeirinhos locais mais velhos), entretanto sem alterar ainda drasticamente a fisionomia florestal.

A área da forquilha e o comprimento do fuste de certa forma expressam a grandeza, o porte da árvore, porém em dimensões diferentes. Nem todas as árvores muito altas possuem forquilhas grossas e de grandes ângulos internos. Por lógica simples, as maiores forquilhas tendem a estar mais baixas, dentro do dossel, pois são as primeiras ramificações da árvore. Mas as características de entorno também afetam a seleção das árvores (vide resultado de análise dos fatores da floresta de entorno que afetam a escolha da árvore), portanto a angulação dos galhos e a área da forquilha são fatores chave para a instalação de ninhos, mas existem outros fatores influenciando a colonização.

8.2 Variação de arquitetura de árvores utilizadas para nidificação, entre florestas alagáveis e não alagáveis – H2

A investigação a respeito da influência da formação florestal na arquitetura das árvores se baseia na informação de que, de uma forma geral, as espécies que ocorrem nas áreas alagáveis, difere das espécies que ocorrem em áreas não alagáveis (Steege *et al.* 2000), portanto, algum padrão de arquitetura existente que dependesse das espécies poderia aparecer em uma região e não em outra, estando ou não condicionado pelo ambiente.

Registrei oito espécies utilizadas para nidificação, dentre estas apenas uma (Angelim pedra) foi comum às duas formações florestais.

A formação florestal está influenciando no comprimento do fuste das árvores selecionadas pelas Harpias, mas não em outros caracteres estruturais, mostrando que nos dois ambientes podemos encontrar árvores de arquiteturas semelhantes, mesmo com espécies colonizadas diferentes. As espécies podem ser “detentoras” de características estruturais singulares em sua área de ocorrência e ter estruturas homólogas com a arquitetura de outra espécie de outra área, como as Sumaúmas nas florestas de igapó e Jatobás nas florestas de terra-firme (presente estudo).

A diferença entre espécies colonizadas no Leste e Centro da Amazônia era esperada segundo diferenças florísticas apontadas por Oliveira (2002), entretanto as espécies de árvores emergentes colonizadas utilizadas pelas Harpias aparentemente são de ampla distribuição espacial.

De uma forma geral, a altura da floresta oscila entre as formações florestais (afirmo baseando-me na correlação significativa positiva existente entre altura total das árvores e o comprimento do fuste), e esta altura em relação ao solo não deve trazer às Harpias grandes diferenças, entretanto a rugosidade do dossel pode representar um fator de maior influência, pois quanto mais rugoso o dossel, maior a superfície potencial de forrageio, mas por outro lado mais escondidas as presas podem estar e assim um possível maior esforço de localização e captura das presas pelas Harpias.

8.3 Fatores da floresta de entorno que afetam a escolha da árvore de nidificação por *Harpia harpyja* – H3

Os critérios que influenciam a escolha da área onde a busca da árvore para nidificação será realizada por indivíduos desta espécie ainda é uma questão de resposta a ser obtida no futuro. Hoje em dia temos uma breve idéia a respeito da forma da área de uso, relatado no pioneiro estudo de Álvarez-Cordero (1996), mas não sabemos afirmar nem ao menos em que parte do território está a árvore. Muito tempo de monitoramento sofisticado será necessário para podermos prever com razoável margem de acerto, onde buscar por um ninho de Harpia. Mas, uma questão a respeito do entorno imediato desta árvore foi elucidado.

As árvores que são selecionadas pelas Harpias são emergentes de forquilhas espaçosas, fuste alto e copa bem distribuída, mas certamente as razões pelas quais a árvore é escolhida não param por estes critérios. A ave de rapina de grande porte que mais se assemelha ao Gavião-real, tanto em habitat de ocorrência quanto em dieta, é *Morphnus* guianensis, que aparentemente não compete diretamente por recursos. A única publicação que descreve a nidificação desta espécie, Bierregaard 1984, registra que estes não fazem uso de árvores emergentes, mesmo sendo de grande porte. Pessoalmente eu registrei dois avistamentos desta espécie no entorno de dois ninhos ativos de Harpia no estado do Pará, na região de Santarém (FLONA do Tapajós Km83, a menos de 200m de distância do ninho, onde estavam macho e fêmea na árvore do ninho) e na região de Tailândia (área de exploração da Juruá florestal onde um indivíduo espreitava um bando misto de macacos prego e Cuxiú, presas ocasionais de Harpias).

As florestas variam em altura conforme a formação florestal e o local onde se encontram, e as árvores emergentes também seguem esta variação. Entretanto, no entorno das árvores escolhidas ocorre um padrão de variação que não é comum às emergentes em geral. Existe um rebaixamento do dossel imediatamente abaixo da copa da emergente, criando um isolamento da copa em relação ao dossel.

O comprimento do fuste marca com boa aproximação a altura do início da copa e se este estiver inserido no dossel, a copa tende a ser tocada por copas

vizinhas que crescem se ajustando umas às outras. Mas se a copa já se inicia alta, tende a ser mais isolada, por não compartilhar copas vizinhas em mesma altura. Esta relação, ilustrada com as variáveis diferença de altura entre o dossel distante e a altura da árvore emergente (DIF_D) e Altura da copa (DIF_A), representam numericamente a concavidade ao redor da árvore colonizada. O dossel distante não se altera pela copa da emergente, mas o dossel próximo pode ser suprimido pela copa de uma grande emergente, talvez por sombreamento e queda de grandes galhos, que danificam as copas abaixo. Desta forma, uma copa que está mais isolada deve suprimir mais intensamente o dossel próximo, que mantém um desnível mais acentuado em relação ao dossel distante. No caso oposto, onde as copas se tocam, pode não existir uma supressão tão forte que produza o achatamento do dossel próximo, permitindo menor desnível no dossel.

As árvores de ninhos são verdadeiras torres de observação quando vistas pela óptica dos seres humanos. Para estas águias que enxergam muitíssimo bem e habitam o topo das florestas, o ponto de vista pode ser invertido, a árvore do ninho é uma torre que se destaca em um mosaico de copas e pode ser reconhecida e vigiada a muitos quilômetros de distância. As árvores colonizadas, sem exceção, são mais altas que o dossel de entorno, emergentes que se destacam em média 10,57m além do topo da floresta.

O isolamento da copa representa mais segurança ao filhote por ter acesso mais difícil aos seres não voadores. A copa mais destacada além de facilmente visualizada também agrega o efeito de facilitação de pouso e decolagem, aspecto este importante aos filhotes em fase de aprendizado de vôo.

Nas áreas de exploração madeireira onde realizei amostragens, alguns dos ninhos estavam ao lado de estradas de arraste ou antigos pátios já fora de uso. Nestes locais a floresta em regeneração ampliava o rebaixamento do dossel de entorno, em alguns casos, a cerca de 50 a 100m, criando um isolamento ainda maior. Se este fato favorece ou desfavorece a preferência dos gaviões é uma dúvida, pois segundo relato dos funcionários parte dos casais voltaram a nidificar e outros abandonaram o local após a exploração. Também é difícil estimar quanto distúrbio estes animais receberam durante o período da “colheita de madeira”, e

muito menos o quanto a pressão de caça pode ter aumentado nas áreas, visto que as estradas se tornam vias de fácil acesso para moradores do entorno.

A caça na região pode não ser direta aos indivíduos desta espécie, mas pode reduzir ou afugentar parte das presas de sua dieta, tornando a captura de alimento mais desgastante. Por outro lado, as aves de rapina podem readaptar seu comportamento, inclusive seleção de habitat de acordo com a perseguição local (Kinight *et al.* 1989 apud Vali *et al.* 2004) e temporal (Ferrer *et al.* 1990 apud Vali *et al.* 2004).

Nos casos de abandono da árvore pode ainda ser uma combinação de fatores, (1) distúrbio local aumentando o “stress” (que também pode afugentar as presas temporariamente), (2) descaracterização da árvore como ideal por alteração de “micro-habitat”, (3) aumento da pressão de caça (que também pode influir nas presas e perda de crias) e (4) alteração das características da floresta de entorno, pois não só a disponibilidade de presas é importante, mas o acesso a elas (Widen 1994). A alteração da fisionomia das florestas e incremento das clareiras pode aumentar a rugosidade do dossel, e a alteração da vegetação pode afetar a habilidade dos predadores de detectar as presas e talvez o sucesso de determinados comportamentos de forrageio (Ontiveros *et al.* 2004).

8.4 Variações regionais na altura de árvores utilizadas para nidificação

Oliveira (2001), registrou a variação florística longitudinal Leste–Oeste na Bacia Amazônica, entretanto o autor sugere cautela com as generalizações. O presente trabalho registrou a variação de altura de árvores colonizadas em gradiente longitudinal, significativamente decrescente no sentido Leste–Centro. No entanto para as árvores não colonizadas não houve padrão de variação de alturas.

Isto pode estar ocorrendo em função de que as árvores amostradas aleatoriamente na floresta contêm maior amplitude de variação de altura e características morfométricas, exigindo uma amostragem muito maior para fixar um padrão, enquanto as árvores colonizadas já representam um grupo de seleção de características morfométricas padronizadas pelas Harpias como bons locais de

nidificação, contendo menor amplitude de variação de características, entre elas a altura total das árvores, permitindo a detecção de variações regionais, com amostragem reduzida.

8.5 Implicações em Conservação

Dentre as oito espécies de árvores emergentes colonizadas, seis são citadas por Magnanini & Magnanini 2002 dentre as maiores árvores do Brasil e também estão presentes em listas de árvores comercialmente exploradas (Lages 2005 e Martini *et al.* 1998), pois em geral, por serem emergentes possuem longos e largos fustes que facilitam a concentração do esforço de exploração por m³ de madeira e melhoram o aproveitamento das toras em peças, tábuas e lâminas mais largas e longas, de maior valor agregado.

Nas áreas de exploração certificada de madeira, a equipe de inventário tem por obrigação anotar os avistamentos de vida silvestre, que devem fazer parte dos critérios de manejo das áreas. Entretanto, o processo de manejo nem sempre é eficaz quanto à minimização de danos, principalmente no que diz respeito à fauna, pois o objeto de interesse é a flora. O aumento de visualizações de fauna em áreas de exploração (Roncoletta, com. pess.) por exemplo, não necessariamente reflete o aumento absoluto de indivíduos de uma área, podem ser na realidade animais refugiados de áreas adjacentes já alteradas ou eliminação de predadores, como onças e harpias.

Animais com grandes áreas de uso normalmente dependem de boa estabilidade do sistema, pois o esforço de deslocamento é compensado normalmente por recursos alimentares, mas existe um limiar sensível entre ampliação do deslocamento e ampliação dos recursos em áreas perturbadas (Peery 2000), além de existirem outros indivíduos que tenderão a buscar pelo mesmo recurso, levando a conflitos e diminuição da capacidade do ambiente conter estes indivíduos.

Um estudo de caso com a nidificação de *Vireo bellii*, ave migratória que ocorre na América do Norte, encontrou variações no uso de habitat sugerindo a

plasticidade no nicho da espécie estudada, porém com padrões de seleção locais (Parody & Parker 2002), o que sugere que estudos destinados à preservação devem conter particularidades regionais da população, incorporadas nas estratégias de conservação. No caso de estabelecimento de metas de manutenção de Harpias em áreas de manejo florestal, as características da formação florestal, e das emergentes presentes deverão compor critérios de escolha dos sítios a serem reservados, principalmente para sítios de reprodução, que devem conter zonas tampão de minimização de impactos. As harpias pelo lento desenvolvimento sofrem influência desta zona tampão, uma vez que os filhotes utilizarão o entorno no aprendizado de vôo e caça. A disponibilidade de poleiros (outras árvores de grande porte) a diferentes distâncias, entre 50m a 500m, irão influenciar as atividades no primeiro ano de vida (Sanaiotti, dados não publ.).

Para águias de menor porte, esta estratégia de proteção tem efeitos variáveis conforme o tamanho das áreas tampão e da sensibilidade das espécies a distúrbios. Conforme estudos de longo prazo relacionando atividade de exploração florestal e estabilidade das populações de *Ciconia nigra* e *Haliaeetus albicila*, a “produtividade” destas espécies foi reduzida devido à degradação gradual do habitat (Rosevald & Löhmus 2003), e segundo Alvarez-Cordero (com. pess.) as Harpias tendem ao desaparecimento das áreas de floresta fragmentada. De uma forma geral para espécies nativas, este problema ambiental quando somado à competição/predação por espécies exóticas, são as maiores ameaças e geralmente a legislação não é eficiente na proteção contra estes casos (Doremus & Pagel 2001).

A inclusão e manutenção de espécies em listas de espécies ameaçadas só ocorrem quando as populações são extremamente pequenas ou declinando rapidamente, mas para populações ameaçadas muito pequenas a recuperação é lenta e incerta (Wilicove *et al.* 1993, Lande 1988, Boyce 1992, Caughley 1994 apud Doremus & Pagel 2001).

Acredito que um estudo de larga escala sobre seleção de habitat para esta espécie pode ser uma ferramenta importante para compreender em macro-escala

que fatores determinam o estabelecimento de territórios e áreas de uso na Amazônia, isso para poder realizar a utilização de florestas sem determinar o declínio e eliminação do Gavião-real de seus derradeiros refúgios. Este tipo de estudo não é somente o suporte para o manejo de uma espécie, são informações para uso de espécies como indicadores (Váli *et al.* 2004), principalmente predadores de topo que são mais sensíveis a distúrbios na base da cadeia alimentar ecológica. Estudos envolvendo reintrodução de indivíduos em áreas fragmentadas, podem também auxiliar na compreensão da capacidade dos fragmentos conterem estes predadores e ainda guiar o estabelecimento de zonas tampão em áreas em processo de alteração.

9 Referências Bibliográficas

- Aparício, K. "Águila Harpía y su Conservación en Panamá." Hechradon moreno, Stanley Ed., Panamá. Puente Biologica Panamá STRI 233pp., 169-174. 2001.
- Alvarez-Cordero, E. "Biology and conservation of the harpy eagle in Venezuela and Panamá". Ph.D. University of Florida. 1996.
- Alvarez-Cordero, E. & Küng, E.P. "Al rescate del águila - poniendo a la Harpía en el mapa de Venezuela."GEO Conferencia, pp. 08-19, Jul 1998.
- Bernardes A.T., Machado, A. B. M. & Rylands, A.B. "Brazilian fauna threatened with extinction." Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte. 1990.
- Bierregaard, Jr.J.O. "The biology and conservation status of Central and South American Falconiformes: a survey of current knowledge." Bird Conservation Internat. 5 pp.325 – 340. 1995.
- Bierregaard, Jr.J.O. "Observation of the nesting biology of the Guiana crested eagle (*Morphnus Guianensis*)". Wilson Bull. 96 (1) pp.1-5. 1984.
- BirdLife International 2000. *Harpia harpyja*. In: IUCN 2003. "2003 IUCN Red List of Threatened Species." <<http://www.redlist.org/>>. Downloaded on 26 Jan. 2004.
- Chebez, J.C., Croome, M.S., Serret, A. &Taborda, A. "La nidificación de la Harpia (*Harpia harpyja*) en Argentina."El Hornero 13 pp. 155–158.1990.
- De Luca, E.R."Observaciones de un nido existoso de Harpia (*Harpia harpyja*) en Argentina."El Hornero 14 pp. 70–72. 1996.
- Doremus, H. & Pagel, J.E. "Why listing may be forever: Perspectives on delisting under the U.S. endangered species act." Conservation Biology 15(5) pp.1258 – 1268. 2001.
- Ferreira, F.G., da Fonseca, M.A., Venticinque, E.M., Moreira, M.P., Pinheiro, T.F., Carneiro, J.S., Andrade, A.S., D'Angelo, S. & Lawrence, W. "O uso de imagens de alta resolução na construção de bibliotecas espectrais de árvores."Livro de resumos do Simpósio internacional de projetos ecológicos de longa duração. pp. 54. 2004.
- Fowler, J. M. & Cope, J. B. "Notes on the Harpy eagle in British Guiana." The Auk 81(3) pp.257–273. 1964.
- Galetti, M; Martucelli, P; Pizo, M.A. & Simão, I." Records of Harpy eagle and

- Crested Eagles in the Brazilian Atlantic Forest.” Bull B.O.C. 117:1 pp.27-31. 1997.
- Garcia, M.V. “El Águila Harpía, *Harpia harpyja*”. Natura. 105 pp.57-58. 1996.
- Gautier, H., Mêch, R., Prusinkiewicz, P. & Varlet- Grancher, C. “3D Architectural Modelling of aerial Photomorphogenesis in white clover (*Trifolium repens* L.) using L-systems”. Annals of Botany 85 pp. 359-370. 2000.
- Godin, C., Costes, E. & Sinoquet, H. “A method for describing plant architecture which integrates topology and geometry”. Annals of Botany 84 pp.343-357. 1999.
- Hallé, J., Oldeman, R.A.A., Tomlinson, P.B. “Tropical trees and forests: an architectural analysis.” Springer-Verlag, N.Y. pp. 441. 1978.
- IBGE – Imagem de satélite do norte da América do sul, Mapa físico. Web-site: www.ibge.gov.br/mapas. Downloaded em dezembro de 2003.
- King, D.A., “Relationship Between Crown Architecture and Branch Orientation in Rain Forest Trees”. Annals of Botany 82 pp. 1-7, 1998.
- Lages, S. “Lista de espécies da Fazenda Cauaxí – Final”. Fundação Floresta Tropical. 2005.
- Magnanini, A. & Magnanini, C. “Árvores gigantes da terra e as maiores assinaladas no Brasil.” São Paulo – CNRBMA – Série Ciência e Pesquisa, nº2. 2002.
- Marquis, J.R., Lill, T.J. & Piccini, A. “Effect of plant architecture on colonization and damage by leafy caterpillars of *Quercus alb.*”. Oikos 99 pp.531-537. 2002.
- Martinez, G., Alvarez-Cordero, E. & Alvarez, E. “Águila Harpía, *Harpia harpyja*”. Natura 105 pp.50-56.1996.
- Martini, A., Rosa, N. A. & Uhl, C. “Espécies Madeireiras da Amazônia Potencialmente Ameaçadas.” Série Amazônia Nº 11 - Belém: Imazon, pp. 34. 1998.
- Ministério do Meio ambiente e Recursos Renováveis. “Lista oficial de espécies ameaçadas de extinção”. www.mma.gov.br. 2003.
- Oliveira, A. A. & Nelson, B.N. “Floristic relationships of terra-firme forests in the

- Brazilian Amazon.” *Forest Ecology & Management* 146 pp. 169 –179. 2001.
- Ontiveros, D., Pleguezuelos, J. M. & Caro, J. “Prey density, prey detectability and food habitats: the case of Bonelli’s eagle and the conservation measures.” *Biological Conservation*, *no prelo*, Revisado Abril 2004.
- Osada, N., Tatenoa, R., Hyodob, F., Takedaa, H. “Changes in crown architecture with tree height in two deciduous tree species: developmental constraints or plastic response to the competition for light?”. *Forest Ecology & Management* 188 pp. 337–347. 2004.
- Pacheco, J F.; Fonseca, P.S.M.& Prini, R. “Coletânea de registros recentes de *Harpia harpyja* (L.) para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.” *Atualidades Orn.*, Ivaiporã 111:7. 2003.
- Parody, J. & Parker, T. H. “Biogeographic variation in nest placement: a case study with conservation implication.” *Diversity and Distributions* 8(1):11 pp.11-18. 2002.
- Peery, M. Z. “Factors affecting interspecies variation in home-range size of raptors”. *The Auk* 117(2) pp. 511 – 517. 2000.
- Peres, C.A. “The structure of non-volant mammal communities in different Amazonian Forest Types.” In Eisenberg J.F.& Redford K.H. “The mammals of neotropics. The central neotropics.” Vol. 3. Univ Chicago Press, Chicago. 609pp. 1999.
- Perttunen, J., Sievänen, R., Nikinmaa, E., Salminen, H., Saarenmaa, H.& Väkevä, J. “LIGNUM: A Tree Model Based on Simple Structural Units”. *Annals of Botany* 77 pp. 87-98. 1996.
- Piana, P.R. “El Águila Harpía (*Harpia harpyja*) en el Parque Nacional Bawaja-Sonene, la Reserva Nacional Tambo pata y la Comunidad Nativa de Infierno – Reporte de campo.” www.perurature.com/downloads/report.doc . 2001 . Downloaded em Jan. 2003.
- Piana, P.R. “Harpy Eagle in the Infierno Native Community”. Proyecto de investigación sobre la biología del Águila Arpía (*Harpia hapyja*) en la comunidad nativa de Infierno, Madre de Dios, Peru. www.perurature.com/downloads/harpia.doc .1997 . Downloaded em Jan. 2003.

- Rettig, N.L. "Breeding behavior of harpy eagle (*Harpia harpyja*).” *The Auk* 95:4 pp.629-643. 1978.
- Rettig, N. L. "Remote word of the harpy eagle”; *National Geographic*, 187:2 pp.40-49. 1995.
- Richey, J.E., Melack, J.M., Aufdenkampe, A.K., Ballester, V.M. & Hess, L.L. "Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂". *Nature*, 416 pp.617-620. 2002.
- Rosevald, R. & Lõhmus, A. "Nesting of the black stork (*Ciconia nigra*) and white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*) in relation to forest management.” *Elselvier, Forest Ecology & Management*, *no prelo* Março 2003.
- Sanaïotti, T.M. "Mapping and Monitoring nests of the Harpy eagle in the Amazon" *Neotropical Raptor Conference and Harpy eagle Symposium*, Panamá, pp. 80. 2002.
- Sanaïotti, T.M. "Monitoramento de ninhos de Gavião-real na Amazônia". *Resumos do V Congresso de Ecologia do Brasil*, pp. 350-350. 2001.
- Sanaïotti, T.M., Filho, C.R.; Luz, B.B & Soler, I.G.P. "Dieta de filhotes de *Harpia harpyja* na região de Manaus". *II Encontro de Ornitologia do Mercosul*, pp. 344-345. 2001.
- Salwasser, H. "In search of an ecosystem approach to endangered species conservation”; *Khom, K.A. (Ed).*, pp. 247-265. 1991.
- Sick, H. "Birds in Brazil.” *Princeton Univ. Press*. 1993.
- Steege, H.T., Sabatier, D., Castellanos, H., Andel, T.V., Duivenvoorden, J., Oliveira, A.A., Ek, R., Lilwah, R., Maas, P. & Mori, S. "An Analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana shield.” *Journal of Tropical Ecology* 16(4) pp.801 – 828. 2000.
- Travaini, A. & Donazar, J. A. "Nest-site characteristics of four raptors species in the Argentinean Patagonia.” *Wilson Bull.* 106:4 pp.753-757. 1994.
- Valladares, F. & Pugnaire, F.I. "Tradeoffs Between Irradiance Capture and Avoidance in Semi-arid Environments Assessed with a Crown Architecture Model”. *Annals of Botany* 83 pp. 459-469, 1999.
- Väli, Ü., Treinys, R. & Lõhmus, A. "Geographical variation in macro habitat use and

- preferences of the Lesser Spotted Eagle *Aquila pomarina*.” British Ornithologist’s Union, Ibis 146 pp.661-671. 2004.
- Widen, P. “Habitat quality for raptors: a field experiment.” Journal of Avian Biology 25 pp. 219-223. 1994.
- WildLife. “Wildlife news: First Ever Harpy Eagle Re-introduction into Program for Belize forests”. www.wildlife.org . Downloaded em Jan. 2004.
- Yokozawa, M., Kubota, Y. & Hara, T. “Crown Architecture and Species Coexistence in Plant Communities”. Annals of Botany 78 pp. 437-447. 1996.

10 Apêndices

Apêndice 1 – Regressão logística para Padrões de arquitetura.

Categorical values encountered during processing are:

COLONIZ (2 levels)

1, 2

Categorical variables are effects coded with the highest value as reference.

Multinomial LOGIT Analysis.

Dependent variable: COLONIZ

Input records: 32

Records for analysis: 32

Sample split

Category choices

1	16
2	16
Total	: 32

L-L at iteration 1 is	-22.181
L-L at iteration 2 is	-10.787
L-L at iteration 3 is	-8.789
L-L at iteration 4 is	-8.244
L-L at iteration 5 is	-8.165
L-L at iteration 6 is	-8.163
L-L at iteration 7 is	-8.163
L-L at iteration 8 is	-8.163

Log Likelihood: -8.163

Parameter	Estimate	S.E.	t-ratio	p-value
1 CONSTANT	15.638	6.110	2.559	0.010
2 CF	-0.063	0.181	-0.346	0.729
3 AREAFORQ	-3.800	2.105	-1.805	0.071
4 RC_MED	-0.213	0.277	-0.768	0.442
5 AGF_MAX	-0.073	0.038	-1.919	0.055
6 DFT	0.281	0.605	0.465	0.642

95.0 % bounds

Parameter	Odds Ratio	Upper	Lower
2 CF	0.939	1.340	0.659
3 AREAFORQ	0.022	1.385	0.000
4 RC_MED	0.808	1.391	0.470
5 AGF_MAX	0.930	1.002	0.863
6 DFT	1.325	4.341	0.404

Log Likelihood of constants only model = LL(0) = -22.181

2*[LL(N)-LL(0)] = 28.036 with 5 df Chi-sq p-value = 0.000

McFadden's Rho-Squared = 0.632

Apêndice 2 – Análise Múltipla de Variância para determinação de influência da formação florestal sobre a arquitetura das árvores colonizadas.

Effects coding used for categorical variables in model.

Categorical values encountered during processing are:

TIPOFLOREST\$ (2 levels)

1, 2

Number of cases processed: 16

Dependent variable means

DGFMED	AREAFORQ	CF	AV_MED
0.518	1.758	29.121	129.535

Estimates of effects $B = (X'X)^{-1} X'Y$

	DGFMED	AREAFORQ	CF	AV_MED
CONSTANT	0.508	1.766	28.303	129.162
TIPOFLOREST\$1	0.026	-0.022	2.181	0.994

Test for effect called: CONSTANT

Univariate F Tests

Effect	SS	df	MS	F	P
DGFMED	3.548	1	3.548	220.029	0.000
Error	0.226	14	0.016		
AREAFORQ	42.877	1	42.877	115.178	0.000
Error	5.212	14	0.372		
CF	11014.431	1	11014.431	1700.370	0.000
Error	90.687	14	6.478		
AV_MED	229389.452	1	229389.452	980.507	0.000
Error	3275.297	14	233.950		

Multivariate Test Statistics

Wilks' Lambda =	0.006				
F-Statistic =	470.901	df =	4, 11	Prob =	0.000
Pillai Trace =	0.994				
F-Statistic =	470.901	df =	4, 11	Prob =	0.000
Hotelling-Lawley Trace =	171.237				
F-Statistic =	470.901	df =	4, 11	Prob =	0.000

Test for effect called: TIPOFLOREST\$

Univariate F Tests

Effect	SS	df	MS	F	P
DGFMED	0.010	1	0.010	0.596	0.453
Error	0.226	14	0.016		
AREAFORQ	0.007	1	0.007	0.018	0.896
Error	5.212	14	0.372		
CF	65.395	1	65.395	10.095	0.007
Error	90.687	14	6.478		
AV_MED	13.590	1	13.590	0.058	0.813
Error	3275.297	14	233.950		

Multivariate Test Statistics

Wilks' Lambda =	0.556				
F-Statistic =	2.193	df =	4, 11	Prob =	0.137
Pillai Trace =	0.444				
F-Statistic =	2.193	df =	4, 11	Prob =	0.137
Hotelling-Lawley Trace =	0.797				
F-Statistic =	2.193	df =	4, 11	Prob =	0.137

Apêndice 3 – Teste de análise de variância da altura total da árvore (ATA) para áreas alagadas e não alagadas.

Categorical values encountered during processing are:

TIPOFLOREST\$ (2 levels)

1, 2

Dep Var: ATA N: 16 Multiple R: 0.780 Squared multiple R: 0.609

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
TIPOFLOREST\$	304.325	1	304.325	21.770	0.0001
Error	195.709	14	13.979		

Apêndice 4 – Teste de análise de variância de comprimento de fuste (CF) para áreas alagadas e não alagadas.

Categorical values encountered during processing are:

TIPOFLOREST\$ (2 levels)

1, 2

Dep Var: CF N: 16 Multiple R: 0.647 Squared multiple R: 0.419

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
TIPOFLOREST\$	65.395	1	65.395	10.095	0.007
Error	90.687	14	6.478		

Apêndice 5 – Regressão múltipla logística para verificação do padrão de arquitetura, sem influência de formação florestal.

Categorical values encountered during processing are:
COLONIZ (2 levels)

1, 2

Categorical variables are effects coded with the highest value as reference.

Multinomial LOGIT Analysis.

Dependent variable: COLONIZ

Input records: 22

Records for analysis: 22

Sample split

Category choices

1	11
2	11
Total	: 22

L-L at iteration 1 is	-15.249
L-L at iteration 2 is	-7.712
L-L at iteration 3 is	-6.496
L-L at iteration 4 is	-6.100
L-L at iteration 5 is	-6.031
L-L at iteration 6 is	-6.028
L-L at iteration 7 is	-6.028
L-L at iteration 8 is	-6.028

Log Likelihood: -6.028

Parameter	Estimate	S.E.	t-ratio	p-value
1 CONSTANT	17.199	12.882	1.335	0.182
2 CF	-0.174	0.291	-0.599	0.550
3 AREAFORQ	-3.022	2.286	-1.322	0.186
4 DOME	-1.024	2.524	-0.406	0.685
5 AGF_MAX	-0.077	0.040	-1.929	0.054
6 DFT	0.153	0.886	0.172	0.863

95.0 % bounds

Parameter	Odds Ratio	Upper	Lower
2 CF	0.840	1.485	0.475
3 AREAFORQ	0.049	4.300	0.001
4 DOME	0.359	50.556	0.003
5 AGF_MAX	0.926	1.001	0.856
6 DFT	1.165	6.620	0.205

Log Likelihood of constants only model = LL(0) = -15.249

2*[LL(N)-LL(0)] = 18.442 with 5 df Chi-sq p-value = 0.002

McFadden's Rho-Squared = 0.605

Apêndice 6 – Teste T pareado para distribuição de valores de DOME, sem distinção de formação florestal.

Two-sample t test on DOME grouped by COLON

Group	N	Mean	SD
0	16	1.493	0.611
1	16	1.050	0.349

Separate Variance t = 2.517 df = 23.8 Prob = 0.019

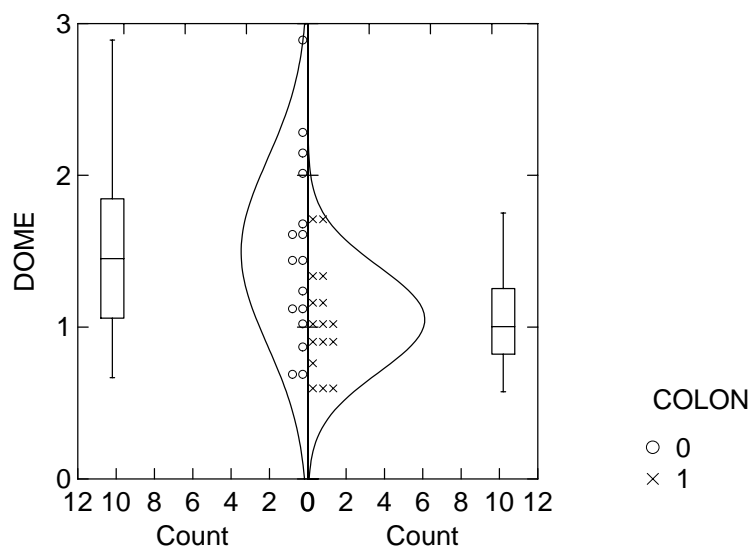
Bonferroni Adjusted Prob = 0.019

Difference in Means = 0.443 95.00% CI = 0.080 to 0.806

Pooled Variance t = 2.517 df = 30 Prob = 0.017

Bonferroni Adjusted Prob = 0.017

Difference in Means = 0.443 95.00% CI = 0.083 to 0.802



Apêndice 7 – Teste T pareado para distribuição de valores de DOME, para florestas de terra-firme.

Two-sample t test on DOME grouped by COLON

Group	N	Mean	SD
0	11	1.515	0.649
1	11	1.132	0.245

Separate Variance t = 1.832 df = 12.8 Prob = 0.090

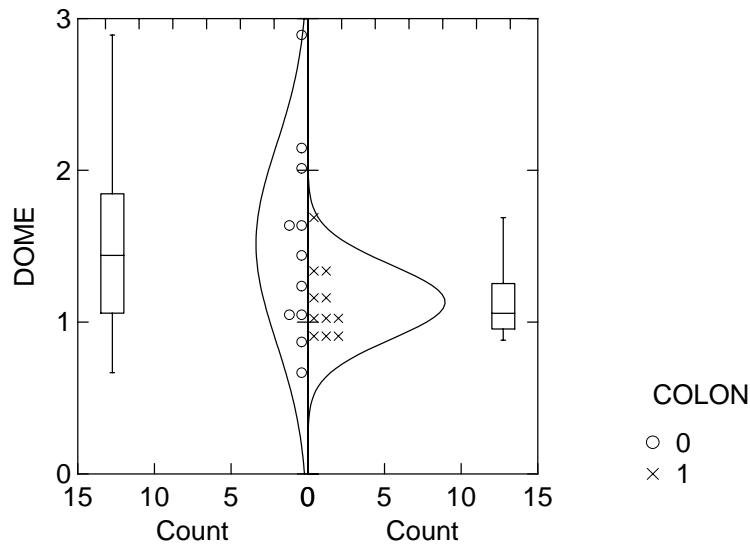
Bonferroni Adjusted Prob = 0.090

Difference in Means = 0.383 95.00% CI = -0.069 to 0.836

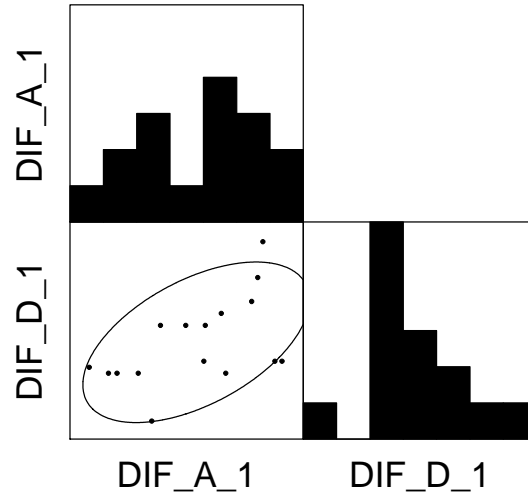
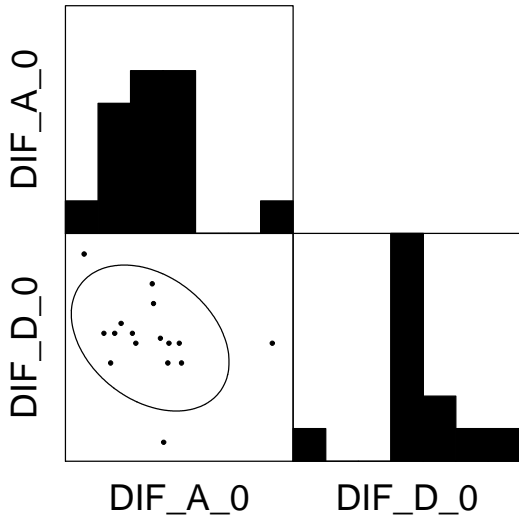
Pooled Variance t = 1.832 df = 20 Prob = 0.082

Bonferroni Adjusted Prob = 0.082

Difference in Means = 0.383 95.00% CI = -0.053 to 0.820



Apêndice 8 – Análises de correlação entre a diferença de altura do dossel e diferença de altura da copa, árvores não colonizadas (0) e colonizadas (1).



Pearson correlation matrix

	DIF_A_0	DIF_D_0
DIF_A_0	1.00	0
DIF_D_0	-0.330	1.00

Bartlett Chi-square statistic: 1.553 df=1 Prob=0.213

Matrix of Bonferroni Probabilities

	DIF_A_0	DIF_D_0
DIF_A_0	0.00	0
DIF_D_0	0.21	0.00

Number of observations: 16

Pearson correlation matrix

	DIF_A_1	DIF_D_1
DIF_A_1	1.00	0
DIF_D_1	0.53	1.00

Bartlett Chi-square statistic: 4.447 df=1 Prob=0.035

Matrix of Bonferroni Probabilities

	DIF_A_1	DIF_D_1
DIF_A_1	0.00	0
DIF_D_1	0.03	0.00

Number of observations: 16

Apêndice 9– Regressão múltipla logística para a análise da influência dos fatores da floresta de entorno no efeito de colonização de árvores por Harpias.

Multinomial LOGIT Analysis.

Dependent variable: COLONIZ
 Input records: 22
 Records for analysis: 22
 Sample split

Category choices

1	11
2	11
Total	: 22

L-L at iteration 1 is -15.249
 L-L at iteration 2 is -11.739
 L-L at iteration 3 is -11.402
 L-L at iteration 4 is -11.376
 L-L at iteration 5 is -11.375
 L-L at iteration 6 is -11.375
 Log Likelihood: -11.375

Parameter	Estimate	S.E.	t-ratio	p-value
1 CONSTANT	-9.764	4.941	-1.976	0.048
2 ADE_P	0.301	0.154	1.952	0.051
3 DENS_ABS	0.014	0.044	0.319	0.750
4 EN_SUB	0.119	0.143	0.835	0.404

95.0 % bounds

Parameter	Odds Ratio	Upper	Lower
2 ADE_P	1.351	1.829	0.999
3 DENS_ABS	1.014	1.105	0.930
4 EN_SUB	1.127	1.491	0.851

Log Likelihood of constants only model = LL(0) = -15.249
 $2*[LL(N)-LL(0)] = 7.748$ with 3 df Chi-sq p-value = 0.052
 McFadden's Rho-Squared = 0.254

Apêndice 10 – Listagem das espécies de árvores emergentes amostradas. (1) árvores colonizadas; (0) árvores não colonizadas; (*) espécies comercialmente exploradas segundo Martini et al. 2005.

Nº da Espécie	Nome Popular	Nome Científico	Família	Colonização
1	Tauarí (Parintins)	<i>Huberodendron ingens</i>	Bomb.	1
2	Cedrorana*	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Leg.	1
3	Sumaúma*	<i>Ceiba pentandra</i>	Bomb.	1
4	Jatobazinho / Jutai*	<i>Hymenaea parvifolia</i>	Leg.	1
5	Jatobá*	<i>Hymenaea courbaril</i>	Leg.	1
6	Angelim-fava	<i>Hymenolobium sp.</i>	Leg.	1 e 0
7	Castanheira*	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecit.	1 e 0
8	Angelim-pedra / vermelho*	<i>Dinizia excelsa</i>	Leg.	1 e 0
9	Sumaúma / Mamurana	<i>Pseudobombax longipedicelatum</i>	Bomb	0
10	Sp1 (emerg. Laguinho)	Indet.	–	0
11	Tatajuba*	<i>Bagassa guianensis</i>	Mora.	0
12	Fava-bolota	<i>Parkia mutijuga</i>	Leg.	0
13	Piquiá*	<i>Caryocar villosum</i>	Caryo.	0
14	Tauarí-vermelho*	<i>Couratari stellata</i>	Lecit.	0
15	Piquiarana*	<i>Caryocar pallidum</i>	Caryo.	0
16	Angelim-do-igapó	Indet.	Leg.	0
17	Sp2 (emergente Assaí)	Indet.	–	0
18	Sp3 (emergente Centro)	<i>Clusiaceae indet.</i>	Clusia.	0
19	Sp4 (emergente juares)	<i>Leguminosae indet.</i>	Leg.	0
20	Tamboril / Timborana*	<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	Leg.	0

Apêndice 11 – Nomes das localidades das árvores amostradas. Valores de longitudes em graus e números de espécies correspondentes ao Apêndice 9. (1) árvores colonizadas; (0) árvores não colonizadas. (TF) floresta de terra-firme, (IGA) floresta de Igapó.

Localidade	Ducke	Ducke	ZF-2	ZF-2	Açaí	Açaí	Centro	Centro
Região	Manaus	Manaus	Manaus	Manaus	Manacapururu	Manacapururu	Manacapururu	Manacapururu
Longitude	59,97°	59,87°	60,13°	60,12°	60,66°	60,67°	60,66°	60,66°
Espécie	7	13	2	7	4	17	3	18
Colonização	1	0	1	0	1	0	1	0
Tipo Florestal	TF	TF	TF	TF	IGA	IGA	IGA	IGA
Localidade	Paracuúba	Paracuúba	Ang Juares	Ang Juares	Jaburú	Jaburú	Nov Esp	Nov Esp
Região	Manacapururu	Manacapururu	Manacapururu	Manacapururu	Manacapururu	Manacapururu	Parintins	Parintins
Longitude	60,59°	60,71°	60,53°	60,53°	60,05°	60,55°	56,57°	56,57°
Espécie	3	12	7	19	3	16	8	6
Colonização	1	0	1	0	1	0	1	0
Tipo Florestal	IGA	IGA	IGA	IGA	IGA	IGA	TF	TF
Localidade	Laguinho	Laguinho	Murituba	Murituba	Quebra	Quebra	Nei	Nei
Região	Parintins	Parintins	Parintins	Parintins	Parintins	Parintins	Parintins	Parintins
Longitude	56,48°	56,49°	56,43°	56,43°	56,51°	56,51°	56,52°	56,52°
Espécie	6	10	1	7	5	7	5	8
Colonização	1	0	1	0	1	0	1	0
Tipo Florestal	TF	TF	TF	TF	TF	TF	TF	TF
Localidade	FLONA 71	FLONA 71	FFT Galetti	FFT Galetti	FFT AMF1.1	FFT AMF1.1	Juruá UT14	Juruá UT14
Região	Santarém	Santarém	Paragominas	Paragominas	Paragominas	Paragominas	Paragominas	Paragominas
Longitude	54,92°	54,92°	48,29°	48,28°	48,31°	48,28°	49,26°	49,24°
Espécie	5	14	7	11	7	15	7	9
Colonização	1	0	1	0	1	0	1	0
Tipo Florestal	TF	TF	TF	TF	TF	TF	TF	TF

Apêndice 12 – Valores das medidas de árvores colonizadas

	Ducke	ZF-2	Nov Esp	Laguinho	Murituba	Quebra	Nei	Açaí	Centro	Paracu- úba	Ang Juares	Jaburú	FLONA 71	FFT Galetti	FFT AMF1.1	Juruá UT14	Valores Médios
SPP.	8	2	7	6	1	5	5	4	3	3	8	3	5	8	8	8	
ATA	45.00	46.00	45.00	43.00	48.50	42.00	43.50	45.00	36.00	34.00	34.00	37.00	46.70	51.00	50.00	52.00	43.669
CAP	3.80	5.08	4.30	4.49	5.60	3.07	3.57	3.23	4.19	3.77	5.48	2.77	3.44	7.52	4.81	6.58	4.481
AFS	27.90	34.50	31.50	36.00	33.40	30.80	31.80	29.79	28.20	25.45	29.62	30.40	34.10	36.86	36.00	37.93	32.141
DFT	0.00	3.80	0.00	2.10	1.30	1.30	0.00	0.97	0.00	3.00	5.30	0.00	0.00	1.30	1.30	1.60	1.373
CF	25.50	34.00	29.00	27.92	30.40	29.50	29.54	28.74	27.60	24.00	22.78	27.49	31.70	33.25	31.60	32.91	29.121
NºRP	6	2	2	3	3	2	4	2	2	4	3	4	3	3	3	4	3.125
ADE-p	25.00	36.00	25.00	26.00	23.00	30.00	30.00	27.00	24.00	22.00	23.00	26.00	30.00	25.00	21.00	31.00	26.500
ADE-d	30.00	36.00	34.00	34.00	35.00	38.00	38.00	31.00	28.50	26.00	27.00	30.00	35.00	35.00	36.00	36.00	33.094
EN sub	2.10	-2.30	2.50	-4.10	0.30	5.90	6.20	0.24	0.30	-2.45	-7.92	-0.40	0.90	-3.16	-1.30	-3.53	-0.420
AV Máx	178	127	141	133	175	150	175	154	160	124	128	131	145	133	155	170	148.688
AV Méd	154	121	116.3	121.3	124.67	122	131	156	147.7	113	115.5	108.67	133.75	124	140	143.7	129.535
AV min	130	115	87	115	95	96	80	154	133	93	103	70	138	115	125	134	111.438
DC med	23.10	27.25	23.94	33.45	35.92	23.63	30.65	18.57	26.63	34.83	29.44	29.93	25.61	30.61	36.88	28.51	28.682
RC med	11.55	13.63	11.97	16.73	17.96	11.82	15.32	9.29	13.32	17.42	14.72	14.96	12.80	15.30	18.44	14.26	14.341
DGF med	0.6143	0.4997	0.5267	0.4626	0.5300	0.3367	0.5267	0.5555	0.4870	0.3400	0.6785	0.3467	0.4400	0.7800	0.6750	0.4867	0.518
Area Forq	2.4606	2.6590	2.3222	5.8965	3.1479	2.5714	6.5360	2.6880	1.9959	2.2896	1.6742	3.5205	3.0852	1.8869	1.5394	2.4610	2.921
AGF Med	83.0	85.0	67.0	107.0	95.7	79.0	85.7	45.0	63.3	94.3	96.0	111.7	61.5	82.0	95.0	69.0	82.510
AGF max	83.0	85.0	95.0	165.0	132.0	120.0	142.0	45.0	70.0	124.0	96.0	135.0	77.0	82.0	95.0	93.0	102.438
AGF min	83.0	85.0	51.0	70.0	57.0	42.0	53.0	45.0	55.0	83.0	96.0	85.0	66.0	82.0	95.0	52.0	68.750
Dens Abs	67	58	42	50	46	44	36	53	34	29	40	28	32	35	27	42	41.438
Abert Dossel	15.83	18.58	18.25	8.42	14.83	12.50	27.25	29.00	10.08	6.75	16.58	11.25	13.83	12.50	18.25	38.50	17.025
Decliv %	31.86	16.14	3.00	3.33	2.58	4.58	1.83	6.33	3.08	1.17	6.67	4.75	2.42	2.33	6.92	1.83	6.176

Campos cinzas e pretos indicam em cada linha os valores máximo e mínimo, respectivamente. SPP – espécie, ATA – altura total da árvore, CAP – circunferência à altura do peito, AFS – Altura da forquilha ao solo, DFT – distância da forquilha ao tronco, CF – Comprimento do fuste, NºRP – número de ramificações principais, ADE-p – altura do dossel próximo, ADE-d – altura do dossel distante, EN sub – exposição do ninho, AV – angulação em relação à vertical, DC – diâmetro da copa, RC – raio da copa, DGF – diâmetro dos galhos da forquilha, AREA FORQ – área da forquilha, AGF – ângulo entre os galhos da forquilha, Dens Abs – densidade de entorno, Abert Dossel – abertura do dossel, Decliv % – declividade em porcentagem.

Apêndice 13 – Valores das medidas de árvores não colonizadas

	Ducke	ZF-2	Nov Esp	Lagui- nho	Muri- tuba	Quebra	Nei	Açaí	Centro	Paracu- úba	Ang Juares	Jaburú	FLON 71	FFT Gallett	FFT AMF1.1	Juruá UT14	Valores Médios
SPP	13	8	6	10	8	8	7	17	18	12	19	16	14	11	15	9	
ATA	35.00	40.00	53.00	51.00	50.00	45.00	42.00	30.50	38.00	33.00	27.00	34.00	47.00	37.00	46.00	38.00	40.406
CAP	4.03	3.66	5.35	4.50	4.10	4.18	3.66	2.30	2.43	4.17	2.30	2.47	3.38	3.82	4.25	3.29	3.6181
AFS	26.46	27.00	37.60	36.20	31.48	21.00	34.64	20.40	18.60	17.72	19.80	23.73	30.12	25.49	28.80	28.50	26.721
DFT	1.90	4.80	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	1.56	0.00	1.00	2.30	2.20	0.60	0.00	1.80	2.30	1.2913
CF	23.00	18.00	33.73	29.73	27.80	21.00	34.64	17.80	17.30	13.50	16.18	18.20	6.70	23.18	21.60	21.60	21.498
NºRP	3	7	2	4	3	1	1	5	6	5	3	6	5	3	2	3	3.6875
ADE-p	30.00	33.00	30.00	38.00	34.00	38.00	34.00	21.59	22.50	20.00	21.00	25.00	30.00	28.00	30.00	28.00	28.943
ADE-d	30.00	33.00	38.00	30.00	36.00	40.00	45.00	24.59	25.00	26.00	24.00	28.00	32.00	32.00	30.00	30.00	31.474
EN sub	1.64	1.20	0.40	-6.02	2.32	19.00	10.36	2.63	6.40	7.28	1.90	2.07	1.28	6.51	-0.60	-0.80	3.4731
AV Máx	146	155	149	171	164	162	141	160	180	164	129	148	171	172	145	162	157.44
AV Médio	138	131.5	147.5	137.67	154.5	159.5	124.5	142.5	153.3	158	122	116.5	159	166	142.5	113.5	141.66
AV min	130	108	146	110	145	157	120	125	115	164	115	85	147	160	140	65	127
DC med	23.51	26.20	35.10	19.82	35.90	23.85	22.09	15.54	18.14	34.29	30.62	21.60	27.88	31.81	30.32	22.80	26.216
RC med	11.76	13.10	17.55	9.91	17.95	11.93	11.04	7.77	9.07	17.15	15.31	10.80	13.94	15.91	15.16	11.40	13.108
DGF med	0.5714	0.2658	1.1900	0.4637	0.6300	0.8950	0.4600	0.4011	0.4024	0.9650	0.4647	0.3151	0.7900	0.5000	0.5141	0.3850	0.5758
Área Forq	0.8495	1.7671	1.9607	1.5284	0.5675	0.8659	1.6177	0.8992	1.4290	1.2076	0.9677	1.1882	0.8659	0.5281	0.7543	0.9503	1.1217
AGF Méd	60.0	75.0	40.0	60.0	45.5	26.0	83.7	65.0	52.7	56.0	82.0	88.0	50.0	35.0	56.0	102.0	61.052
AGF max	60.0	75.0	40.0	75.0	45.0	26.0	112.0	65.0	80.0	56.0	82.0	88.0	50.0	35.0	56.0	102.0	65.438
AGF min	60.0	75.0	40.0	50.0	45.0	26.0	68.0	65.0	66.0	56.0	82.0	88.0	50.0	35.0	56.0	102.0	60.25
DENS Abs	70	65	41	50	30	66	42	59	38	40	27	32	43	43	52	32	45.625
Abert Dossel	20.42	16.75	31.42	11.08	13.58	9.42	27.67	11.75	17.08	24.33	14.92	19.17	29.50	23.75	11.50	14.08	18.526
Decliv %	0.73	2.04	4.75	3.25	4.58	2.67	1.83	2.42	1.58	1.83	6.50	5.17	5.08	2.50	4.50	3.42	3.3031

Campos cinzas e pretos indicam em cada linha os valores máximo e mínimo, respectivamente. SPP –espécie, ATA–altura total da árvore, CAP – circunferência à altura do peito, AFS– Altura da forquilha ao solo, DFT– distância da forquilha ao tronco, CF– Comprimento do fuste, NºRP– número de ramificações principais, ADE-p– altura do dossel próximo, ADE-d– altura do dossel distante, EN sub– exposição do ninho, AV – angulação em relação à vertical, DC– diâmetro da copa, RC– raio da copa, DGF– diâmetro dos galhos da forquilha, AREA FORQ– área da forquilha, AGF– ângulo entre os galhos da forquilha, Dens Abs– densidade de entorno , Abert Dossel– abertura do dossel, Decliv %– declividade em porcentagem.

Apêndice 14 – Observações biológicas :Epifitismo

Em alguns casos a presença de epífitas torna a estrutura do ninho mais firme, principalmente através dos emaranhados de raízes (Fotos A e B). Alguns casos a presença de lianas produz um envoltório de ramos que também atua na retenção dos ramos. Registre também, no estado de Mato-grosso, a associação com *Lepismium sp.*, uma Cactaceae escandente que envolvia o ninho.

Entendo a associação com Apuís como um *feed-back* positivo, onde a presença da planta auxilia na estrutura do ninho, que torna-se mais estável e duradoura, que estimula a reutilização. A planta que se instala dispõe de uma grande massa para retenção de água de chuva (um fator limitante ao epifitismo), é “alimentada” pela renovação e decomposição dos ninhos, pela decomposição de restos alimentares e fezes, que não chegam a intoxicar as epífitas pelo hábito destas aves defecarem para fora do ninho. Registre também que as plantas sofrem danos durante o período de maior intensidade de uso do ninho, por serem “podadas” pelos pais e servirem de “material de manipulação” aos filhos.

O benefício das Harpias é que o ninho mantém a forma por mais tempo, em função das raízes fixarem a matéria orgânica e velhos ramos ao tronco da árvore, criando uma base onde uma menor quantidade de ramos deve ser acrescentada para renovação do ninho, o que pode representar menos gasto energético.



Foto A: Vistas lateral e superior de um ninho ativo associado a apuí (indicados pelas setas). Na foto inferior nota-se o Apuí em rebrota, pois havia sido podado pelas aves.



Foto B: Ninho associado a apuí (indicado pela seta) onde a estrutura de raízes auxilia na sustentação (evidenciado com círculo tracejado).