



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS**



**PALMEIRAS ANDINAS NA FLORESTA DE NUVENS NA
COLÔMBIA: MODELO PARA O DESENVOLVIMENTO
DE UMA FERRAMENTA DE BASE S.I.G. VISANDO O
ESTUDO DE CLAREIRAS**

OSCAR ADOLFO PERDOMO BÁEZ

2012

Oscar Adolfo Perdomo Báez

**PALMEIRAS ANDINAS NA FLORESTA DE NUVENS NA
COLÔMBIA: MODELO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA DE BASE S.I.G. VISANDO O ESTUDO DE
CLAREIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia, como parte das
exigências para obtenção do título de
Mestre em Ecologia e Conservação de
Recursos Naturais

Orientador:

Prof. Dr. André R Terra Nascimento

Uberlândia, MG

Dezembro - 2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P433p Perdomo Báez, Oscar Adolfo, 1979-
2012 Palmeiras andinas na floresta de nuvens na Colômbia: modelo para o desenvolvimento de uma ferramenta de base S.I.G. visando o estudo de clareiras / Oscar Adolfo Perdomo Báez. -- 2012.
133 f. : il.

Orientador: André R. Terra Nascimento.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Dosséis florestais - Teses. 3. Palmeira - Teses. I. Nascimento, André R. Terra. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

Oscar Adolfo Perdomo Báez

**PALMEIRAS ANDINAS NA FLORESTA DE NUVENS NA
COLÔMBIA: MODELO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA DE BASE S.I.G. VISANDO O ESTUDO DE
CLAREIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia, como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre
em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais

Prof. Dr. Edson Luis Piroli.
Campus Experimental de Ourinhos - UNESP

Prof. Dr. Glein Monteiro de Araujo.
Instituto de Biologia - UFU

Prof. Dr. André R. Terra Nascimento
Instituto de Biologia – UFU
(Orientador)

Uberlândia, MG
Dezembro – 2012

Dedico ao meu filho Matt, por ser a força da minha vida,
a Pili pela ajuda e paciência nestes dois anos,
aos meus pais, Leonor e Wilfredo, pelo apoio incondicional desde sempre,
a todos os que de uma ou outra forma me ajudaram.

Agradecimentos

Agradeço...

A comunidade camponesa de “El Caraño” por me permitir estudar nas suas propriedades e compartilhar os seus conhecimentos sobre a floresta, especialmente sobre as palmeiras.

Ao Isauro Trujillo, sua esposa Luz Maria e seu filho Mauro pela acolhida na sua casa, pelas deliciosas refeições com sabor de mato e a infinita ajuda no desenvolvimento deste estudo.

Ao Prof. Dr. André Terra Nascimento pela orientação em todo o processo de planejamento da pesquisa, desde antes da minha concorrência pela bolsa, pela amizade oferecida desde a minha chegada em Uberlândia, pelo apoio nos momentos de dúvida, pela dedicação nas revisões do texto e a paciência nas correções do português.

Ao Prof. M.Sc. Edwin Trujillo da *Universidad de la Amazonia*, pela ajuda no trabalho de campo, pelo apoio logístico e o auxílio na identificação das palmeiras.

Ao Fabio Valderrama pela ajuda durante a maior parte da fase de campo, pelo auxílio no trabalho fotográfico e a companhia nas longas caminhadas nas trilhas da floresta de nuvens.

Ao Bruno Ubiali pela amizade e pela ajuda no trabalho de campo, na coleta de material botânico e nas escaladas na floresta.

Ao William Trujillo, Oscar Martínez, Juan Paulo Soto, Mauricio Vargas, Ñare Castro, pelo auxílio nas coletas de dados, por agüentar o frio, a incessante chuva e a neblina.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos pra desenvolver o mestrado.

A Maria Angélica, secretária da pós, pela ajuda em todos os meus trâmites enrolados.

A Universidade Federal de Uberlândia e o Programa de Pós-graduação pela oportunidade para realizar o mestrado.

Aos membros da banca pela disponibilidade de participar e pelas contribuições.

A todos os que me ajudaram e esqueci de agradecer aqui.

As palmeiras da floresta de nuvens pela sua importantíssima participação na minha pesquisa, isto é por vocês...

ÍNDICE

	Pagina
RESUMO GERAL	Xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCAO GERAL	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPITULO 1. Riqueza e densidade de palmeiras andinas em clareiras naturais e dossel fechado em Floresta Tropical Montana Nublada em Florencia, Caquetá, Colômbia	14
1. Resumo	15
2. Abstract	16
3. Introdução	17
4. Materiais e métodos	21
5. Resultados e discussão	24
6. Conclusões	35
7. Referências bibliográficas	37
8. Anexos	41
CAPITULO 2. <i>Status</i> de conservação e etnobotânica de palmeiras andinas na floresta de nuvens, Florencia, Caquetá, Colômbia	53
1. Resumo	54
2. Abstract	55
3. Introdução	56
4. Materiais e métodos	59
5. Resultados e discussão	61
6. Conclusões	67
7. Referências bibliográficas	68

CAPITULO 3. Um novo método para estimativa de área de clareiras naturais e sua inserção em uma ferramenta de base S.I.G.	70
1. Resumo	71
2. Abstract	72
3. Introdução	73
4. Materiais e metodos	83
5. Resultados e discussão	87
6. Conclusões	109
7. Referências bibliográficas	111
CONCLUSÕES GERAIS	117

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 1

	Página
Tabela 1. Distribuição de palmeiras endêmicas da Colômbia.	17
Tabela 2. Classificação taxonômica da comunidade de palmeiras andinas em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.	26
Tabela 3. Dados Gerais da comunidade de palmeiras andinas nas duas áreas de FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.	27

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Espécies reportadas neste estudo para a FTMN, incluindo status de vulnerabilidade para os anos 1987 e 2005 de acordo com IUCN.	61
Tabela 2. Classificação etária dos entrevistados na comunidade camponesa “El Caraño”, Florencia, Caquetá, Colômbia.	62

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Hardware e instrumentos empregados na coleta de dados em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.	85
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCAO	Página
Figura 1. Dossel coberto por nuvens na Floresta Tropical Montana Nublada (FTMN) Florencia, Caquetá, Colômbia.	3
Figura 2. Cachoeira “El Caraño” do rio homônimo na Floresta Tropical Montana Nublada (FTMN), Florencia, Caquetá, Colômbia.	6
CAPÍTULO 1	
Figura 1. Localização das áreas de estudo na Zona Andina Colombiana e na América do Sul.	21
Figura 2. Número de indivíduos da Família Arecaceae registrados nas clareiras naturais em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia. (A) Plântulas e juvenis nas clareiras naturais; (B) Plantas adultas no dossel fechado.	28
Figura 3. Amplitude encontrada para estimativa da área das clareiras naturais em diferentes tipos de vegetação: Floresta Tropical de Terras Baixas (Sanford et al., 2009), Floresta Atlântica Montana (Tabarelli & Mantovani, 1999), Floresta Estacional Semidecidual (Martins, 1999), Floresta Tropical Úmida (van der Meer & Bongers, 1996) e FTMN- presente estudo.	30
Figura 4. Distribuição por classes de tamanho das áreas das clareiras naturais estudadas na FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.	31
Figura 5. Porcentagem das causas de criação das clareiras em FTMN Caquetá, Colômbia (presente estudo), Floresta de Carvalho (Clinton et al., 1994), Floresta Tropical Úmida (van der Meer & Bongers, 1996) e Floresta Estacional Semidecidual (Nascimento et al., 2012).	32
Figura 6. Número de plântulas de palmeiras andinas registradas dentro das clareiras, classificadas de acordo com o estrato do dossel ocupado, FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.	33

Figura 7. Relação entre densidade de plântulas de palmeiras e a declividade do terreno onde foi criada a clareira, FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia. 34

Figura 8. Análise de agrupamento usando o índice de Sorensen e a distância média do grupo (UPGMA) para a comunidade de palmeiras andinas (Arecaceae) amostradas em vinte clareiras naturais (A) e vinte áreas de dossel fechado (B) em Floresta Tropical Montana Nublada, Florencia, Caquetá, Colômbia. 35

CAPÍTULO 2

Figura 1. Delimitação das Regiões de distribuição de Arecaceae nos principais biomas terrestres nas Américas. 57

Figura 2. Espécies de palmeiras andinas com usos reportados nas entrevistas etnobotânicas, Comunidade “El Caraño”, Florencia, Caquetá, Colômbia. 63

Figura 3. Número de espécies reportadas por categoria de uso nas entrevistas etnobotânicas em FTMN, Caquetá, Colômbia. 64

Figura 4. Número de usos para as espécies de palmeiras andinas reportadas nas entrevistas (branco), na revisão (total da barra) e a diferença de usos entre os dois itens avaliados (preto), em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia. 65

Figura 5. Espécies de palmeiras andinas por categoria de uso reportadas nas entrevistas (branco), na revisão (total da barra) e a diferença de espécies entre os dois itens avaliados (preto), em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia. 66

CAPÍTULO 3

Figura 1. Diagrama de decisões e operações através do Sistema de Informação Geográfica. 80

Figura 2. Diagrama da borda da clareira para estimar a área partindo dos dados obtidos em campo usando o método <i>niebla</i> .	89
Figura 3. Desenho da Borda da Clareira de acordo com o método <i>niebla</i> usando o <i>software</i> para ADC Autocad 2012.	91
Figura 4. Modelo em três dimensões da borda da clareira e as árvores na borda, incluindo a inclinação do terreno, gerado no ADC.	93
Figura 5. Modelo em três dimensões da clareira e as plântulas no seu interior, incluindo a declividade do terreno, gerado no ADC.	94
Figura 6. Modelo das bordas das clareiras e as plântulas nelas, gerado no ADC (Clareiras 1-10).	95
Figura 7. Modelo das bordas das clareiras e as plântulas nelas, gerado no ADC (Clareiras 11-20).	96
Figura 8. Vista lateral das clareiras e as plântulas nelas, incluindo a inclinação do terreno, gerado no ADC (Clareiras 1-10).	97
Figura 9. Vista lateral das clareiras e as plântulas nelas, incluindo a inclinação do terreno, gerado no ADC (Clareiras 11-20).	98
Figura 10. Vista em três dimensões, gerado no ADC, das clareiras e a distribuição espacial das plântulas nela (Clareiras 1-10).	99
Figura 11. Vista em três dimensões, gerado no ADC, das clareiras e a distribuição espacial das plântulas nela (Clareiras 11-20).	100
Figura 12. Diagrama dos 4 métodos para estimar a área das clareiras usados na comparação. A) Runkle (1981), B) Brokaw (1982), C) Green (1996) e D) Lima (2005), delineados sobre a base da área da clareira obtida pelo método "Niebla".	101
Figura 13. Distribuição por classes de tamanho das áreas das clareiras estimadas por cada método. a) Runkle, b) Brokaw, c) Green e d) Lima e "niebla".	102
Figura 14. Erro padrão das estimativas das áreas pelos métodos de Brokaw, Green, Lima, Niebla e Runkle comparados com as do método <i>niebla</i> .	104
Figura 15. Demarcação da área da clareira não ocupada por plântulas (3D). Demarcação verde na imagem.	106
Figura 16. Demarcação das áreas não ocupadas por plântulas de palmeiras nas clareiras, Floresta de Nuvens, Colômbia.	107

RESUMO GERAL

Perdomo-Báez, Oscar Adolfo. 2012. Palmeiras andinas na floresta de nuvens na colômbia: modelo para o desenvolvimento de uma ferramenta de base S.I.G. visando o estudo de clareiras. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.UFU. Uberlândia-MG. 118p.

A Floresta Tropical Montana Nublada é ecossistema de elevada biodiversidade e pouco conhecido, ocorre acima dos 1000 metros de elevação e ocupa uma área total inferior a 0.5% da superfície terrestre. A Família Arecaceae abriga 2500 espécies e constitui um grupo de interesse para desenvolver estudos sobre os processos de regeneração nas florestas tropicais. Na Colômbia são mencionadas 247 espécies de palmeiras, sendo os Andes a região que apresenta a maior diversidade no país com 24 gêneros dentre os quais *Aiphanes*, *Geonoma*, *Wettinia* e *Ceroxylon* são os mais diversos. O dossel florestal é um subsistema estruturalmente complexo e ecologicamente crítico, definido como a combinação de fatores bióticos e abióticos dentro do espaço entre o solo e o dossel superior. Neste estudo foi estimada a riqueza e densidade de palmeiras andinas em clareiras de dois trechos de FTMN, encontrando que a composição registrada é típica das palmeiras andinas nas FTMN, e que a riqueza e a densidade registradas indicam o efeito positivo destas sobre processo de regeneração das palmeiras andinas. A presença de plântulas nas clareiras observou-se afetada pelo estrato do dossel ocupado pelas espécies sendo mais favorável às espécies do dossel superior. Os camponeses reportaram usos para 8 espécies contrastando com as 16 espécies encontradas na revisão de literatura. Isto indica a perda do conhecimento sobre estas espécies e seus potenciais usos nesta comunidade camponesa. Devido à importância desta estimativa na compreensão de diversos processos biológicos alguns autores desenvolveram métodos para estimar a área de clareiras ao nível do solo e no dossel superior. Aqui é apresentado um novo método para estimativa da área da clareira adaptado às condições ambientais dos Andes Colombianos, e sua inserção em

uma ferramenta de base SIG para analisar padrões e observar algumas características das clareiras. O método *niebla* e a ferramenta SIG mostraram praticidade na sua aplicabilidade, acurácia nas estimativas, e diversidade de possibilidades na análise de fenômenos no microambiente das clareiras.

Palavras chave: ecologia do dossel, conhecimento tradicional, conservação.

ABSTRACT

Perdomo-Báez, Oscar Adolfo. 2012. Andean palms in the Colombian cloud forest: model for development of a G.I.S. based tool for canopy gap studies. MSc.thesis. UFU. Uberlândia-MG. 118p.

The Arecaceae family is about 2500 species, distributed in tropical and subtropical regions of both hemispheres, and represent an interest group to develop regeneration processes studies in tropical forests. In Colombia are present 47 genders and 247 species, the Andean region is the highest diverse in the country. In Tropical Montane Cloud Forests of Colombian Andes are found 24 genera of the Arecaceae family, *Aiphanes*, *Geonoma*, *Wettinia* and *Ceroxylon* genders are the most diverse in this ecosystem. In this study was estimated the richness and density of palms in canopy gaps of two areas in a Andean TMCF in the Caquetá department, Colombia, and analyzed the floristic patterns between gaps and closed canopy areas. It was also determined the relationship between the layer of the canopy occupied by the palm species and their presence in the canopy gaps. First were located and conducted an inventory of palm seedlings inside the canopy gap, and the adults grown in the contiguous area, registering biometric and environmental variables. The composition of the Arecaceae family registered in this TMCF was typical of Andean palms, finding *Geonoma*, *Wettinia* and *Aiphanes* genders with the highest species richness. This disturbance in the canopy favors the regeneration process of the Andean Palms community. The results indicate that the canopy gaps represent an important regeneration niche for Andean Palms, with large populations of seedlings in these microenvironments. It was also found that the presence of palm seedlings in canopy gaps is affected by canopy strata occupied by the species indicating that this microenvironment is more favorable for the species of the upper canopy and lesser for the lower canopy level palms. The 21 palm species represent a potential elements to be included in agroecological production systems, since the biology of the species and its potential use be well studied.

Keywords: Canopy Ecology, traditional knowledge, conservation.

INTRODUÇÃO GERAL

As Florestas Tropicais Montanas Nubladas (FTMN) são florestas de montanha delimitadas pela presença persistente de nuvens e neblina, o termo é usado para definir todas as florestas do trópico úmido que apresentam esta característica (*Bubb et al.*, 2004). As FTMN, em inglês Tropical Montane Cloud Forest (TMCF), tem sido definida de múltiplas formas ao longo das pesquisas desenvolvidas nestes ecossistemas, Bosque Nublado (Ramírez-ângulo *et al.*, 2002), Bosque de Niebla (espanhol) (Etter 1998; Rincon-Franco & Castro-H 1998), Floresta Nublada (Avila-Pires & Hoogmoed 2000), Floresta de Nuvens (português) (Carvalho 1997), Elfin Forest (Inglês) (Nadkarni 1984; Soethe *et al.*, 2006), dentre outros. A umidade das nuvens e a neblina capturada em forma de gotículas pela vegetação somada à precipitação, gera uma entrada adicional de água, influenciando significativamente a hidrologia, a ecologia e as propriedades do solo da floresta (Stadtmüller 1987).

O papel vital das FTMN na provisão de água para as diferentes atividades humanas, incluindo a agricultura, não pode ser subestimada (Aldrich *et al.*, 2000). Embora todas as florestas montanas ajudem na regulação hídrica dos rios, a FTMN é única porque ela captura água extra como resultado de processos como a precipitação horizontal e pela interceptação da neblina (Aldrich *et al.*, 2000; Hamilton 2008).

FTMN são encontradas entre os 500 e 3500 m de elevação (LaBastille & Pool 1978; Stadtmüller 1987) com maior ocorrência entre 1200 e 2500 m (Stadtmüller 1987) e algumas vezes nas áreas de formações montanas e submontanas (Doumenge *et al.*, 1995). Ocorre mais frequentemente na América do Sul tropical e no sudeste da Ásia do que na África (Stadtmüller 1987). Geralmente estão localizadas em regiões com elevação média a alta e perto do equador, como nos Andes e em Papua Nova Guiné. As FTMN representam um raro e frágil ecossistema, e se encontram ameaçadas em muitas partes do mundo, tanto pela pressão humana quanto pelas mudanças climáticas que tem modificado o regime de chuvas e a formação de nuvens nestes ecossistemas montanhosos (*Bubb et al.*, 2004).

A FTMN geralmente ocorre em terrenos declivosos e o dossel é nublado e muito úmido, o qual faz dela uma área ecologicamente única e muito importante para preservação dos recursos hídricos, o que historicamente tem protegido mais elas do que outras florestas tropicais montanas (Bruijnzeel *et al.*, 2010). No fim dos anos 70 e início dos 80 essa proteção histórica com que contava foi diminuindo e a FTMN foi transformada em uma paisagem fragmentada e com isto a necessidade de sua conservação (Stadtmüller 1987). Embora a biodiversidade e a importância ecológica e hidrológica, a definição de FTMN e a delimitação da distribuição espacial oscilam com o tempo e precisam ser estabelecidas de forma mais efetiva (Bubb *et al.*, 2004; Stadtmüller 1987). A falta de acurácia nos dados de duração da cobertura de nuvens, as mudanças na umidade pela interceptação horizontal de neblina e a tendência ao uso do termo “Floresta Nublada” para descrever qualquer uma das florestas montanas que apresentam ocasionalmente cobertura de nuvens dificultam o estabelecimento de uma definição amplamente aceita (Hostettler 2002).

O World Conservation Monitoring Centre reporta que este tipo de floresta têm sido identificadas em 59 países com um total de 736 áreas de FTMN (Aldrich *et al.*, 1997). No total 378 destas florestas estão localizadas na América Latina e no Caribe, principalmente na Venezuela, México, Equador e Colômbia (Figura 1), 261 são encontradas no sudeste da Ásia e na região do Pacífico (Indonésia e Malásia), e 97 na África. Globalmente a área potencial de ocorrência de FTMN é estimada em 380.000 km², aproximadamente 0,26% da terra firme do planeta, cifra muito menor da estimada nos anos 1970, que atingiu 500.000 km², representando 25% das florestas montanas e submontanas e 11% de todas as florestas tropicais (Hostettler 2002). Atualmente é desconhecida a extensão real destes ecossistemas no mundo (Bruijnzeel *et al.*, 2010). Estima-se que exista somente 2,5% das Florestas Tropicais Montanas (FTM). Estes ecossistemas tropicais tipicamente abrigam uma elevada biodiversidade, embora esta biodiversidade da FTMN não seja tão grande quanto a de florestas tropicais úmidas de terras inundáveis (Still *et al.*, 1999).

Na Colômbia os dados da extensão desses ecossistemas variam de 26.000 km² a 49.515 km². No Mapa Geral de Ecossistemas da Colômbia (Etter 1998) é apresentada

uma estimativa de 34.261,2 km². No estudo mais recente e completo que inclui a análise das áreas potenciais para FTMN Lawton *et al.*, (2010) mencionam que em 2005 foi estimada uma área de 152.281 km². Das 52 áreas protegidas pelo Sistema de Parques Naturais de Colômbia, 27 representam áreas de FTMN em alguma porcentagem (Armenteras *et al.*, 2007), no entanto muitas áreas de floresta de nuvens não contam com proteção legal e estão sendo rapidamente degradadas.



Figura 1. Dossel coberto por nuvens na Floresta Tropical Montana Nublada (FTMN) Florencia, Caquetá, Colômbia. (Foto: O. Perdomo).

O Gorila (*Gorila gorila* beringei Matschie, 1914) da África Central, o Urso de óculos (*Tremarctos ornatus* Cuvier, 1825) da América do Sul e o Tarsero Pigmeu (*Tarsius pumilus* Miller & Hollister, 1921) da Ásia, são possivelmente os mamíferos mais conhecidos da FTMN, e apresentam maior importância nas atividades relacionadas com o ecoturismo e a conservação (Doumenge *et al.*, 1995), também conhecidos como espécies bandeiras ou carismáticas.

As FTMN da América constituem 1,2% das Florestas Tropicais e 8,4% das FTM. São habitats de 11,6% das espécies de aves ameaçadas do continente (Armenteras *et al.*, 2007), espécies que apresentam uma função importante na manutenção desses ecossistemas, por meio dos processos de predação/dispersão de sementes (Doumenge

et al., 1995). Na África tropical, o centro de endemismo de aves coincide com muitas áreas montanhosas que apresentam FTMN (Stuart & Adamas 1990). Na Costa Rica, as FTMN estão cobertas com epífitas, as quais provêm hábitat e nutrientes para muitas aves, especialmente na estação chuvosa (Nadkarni 1988). Na América do Sul as áreas de montanha funcionaram como refúgios durante períodos de seca no passado geológico e, atualmente são considerados centros de grande diversidade e alto grau de endemismo, muitas destas espécies, assim como mamíferos e peixes têm valor para as comunidades, principalmente como fonte de proteína (Stuart & Adamas 1990). Em 2004 foi registrada a extinção de cerca de 31% das espécies de aves estimadas para o lado leste dos Andes em um período de 80 anos (Bubb *et al.*, 2004).

A ocupação humana nos Andes Colombianos é registrada há pelo menos 13.000 anos (Etter & Villa 2000). A expansão da população e as demandas por alimentos e serviços exerceram e continuam a exercer um incremento na pressão sobre os ecossistemas naturais (Etter *et al.*, 2006). Nos últimos anos a FTMN vem tendo (esta sendo mais valorizada devido à presença de solos com fertilidade média e alta (LaBastille & Pool 1978), nos quais são praticadas atividades agrícolas gerais, tais como: o plantio de chá, café, pastos e de espécies madeireiras como *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (Doumenge *et al.*, 1995). A construção de estradas e infraestrutura de comunicações aumentou a fragmentação das FTMN e também as taxas de extinção de espécies associadas a esse habitat (Armenteras *et al.*, 2007) além de deixar aberto o caminho para os madeireiros e a conseqüente deflorestação que estas atividades ocasionam.

O desmatamento no planeta é a causa de desaparecimento de mais de 7,5 milhões de hectares anuais de floresta tropical, das quais mais de 6.500 foram derrubadas na Colômbia, onde a taxa anual de desmatamento atinge entre 1,7 e 2,8 %, acontecendo principalmente nas cordilheiras andinas (Cavelier & Etter 1993). O desmatamento para atividades relacionadas com cultivos ilegais é um problema significativo nas FTMN de Bolívia, Colômbia, Peru e Venezuela, onde estas atividades estão associadas com a degradação de solos e a pobreza dos camponeses (Bubb *et al.*, 2004).

A hidrologia da FTMN difere das demais florestas tropicais de altitudes médias e florestas de terras baixas devido à frequência de interceptação da neblina e a precipitação de neblina (Stadtmüller 1987). O aporte de água que atravessa o dossel é determinado pela quantidade de água armazenada nas nuvens, o tamanho e arranjo do dossel e a velocidade e turbulência do ar. A precipitação horizontal depende da área total das folhas, da distribuição espacial da superfície destas, e das propriedades e características físicas das superfícies foliares (Stadtmüller 1987).

A “interceptação de neblina” é um termo usado para referir as gotículas de água que são interceptadas pelas superfícies horizontais. As gotículas são impulsadas pelo vento contra a vegetação, onde elas se aglutinam para formar gotas grandes que correm e caem no solo (Cavelier *et al.*, 1996). Algumas gotículas não são interceptadas e caem diretamente no solo da floresta, usando-se neste caso os termos “precipitação de neblina” (Nagel 1956) ou “precipitação horizontal” (Stadtmüller 1987). Essa quantidade de água geralmente equivale 15-20% da precipitação ordinária, no entanto, dependendo de diferentes fatores tais como: dos padrões de chuva, da topografia do terreno, da frequência na presença de nuvens e do tipo destas pode atingir 50-60% (Cavelier 1989; Hamilton 2008). Essa função chave das FTMN como provedor de água (Figura 2) concomitante a sua atuação e funcionando como uma barreira de segurança contra a erosão e os alagamentos, esta sendo mais reconhecida atualmente (Aldrich *et al.*, 2000).

As nuvens podem incrementar a umidade e compensar o regime de chuvas altamente sazonal sem efetuar uma grande contribuição de água líquida para o balanço hídrico, como sugerido Sugden (1986). A magnitude das mudanças previstas na temperatura, evaporação e precipitação de uma área após a conversão de floresta em área cultivada, pode ser diferente dependendo do tipo de simulação. Mas o consenso é que geralmente com o aumento da temperatura há uma redução na evaporação e, conseqüentemente, na precipitação (Bruijnzeel 2004; Mcguffie *et al.*, 1995). A menor eficiência no uso da água; a aerodinâmica áspera dos pastos, comparada com as áreas florestais; e o grau de convergência da turbulência da umidade atmosférica afetam a formação de nuvens e a geração das chuvas (Pielke *et al.*, 1998).

Um grande número de evidências demonstra que a conversão de uma floresta de 1000 a 10,000km² causa mudanças na distribuição espacial e temporal das nuvens (Bruijnzeel 2004). Usando imagens de satélite Lawton *et al.*, (2001) demonstraram uma substancial redução na formação de nuvens sobre áreas desflorestadas da planície Atlântica no norte de Costa Rica. As FTMN são particularmente vulneráveis ao aquecimento global devido a ocorrerem em pendentes de terreno expostas e em topos de montanhas, os quais apresentam solos rasos de limitada capacidade de armazenamento de água (Stadtmüller 1987).

Pounds *et al.* (1999) e Nadkarni & Solano (2002) reportaram que somente um pequeno decréscimo no número de dias sem precipitação mensurável (usado como índice de frequência de neblina) tem profundos efeitos na composição e tamanho das populações de rãs e lagartos no dossel de FTMN. Evidências mostram que na FTMN da América Latina o estabelecimento de pastos e agricultura leva a um decréscimo na disponibilidade de água durante a estação seca (Ataroff & Rada 2000; Stadtmüller & Agudelo 1990), refletindo em um efeito negativo das atividades antrópicas na transformação, ou mesmo, na simplificação deste tipo de ecossistema.

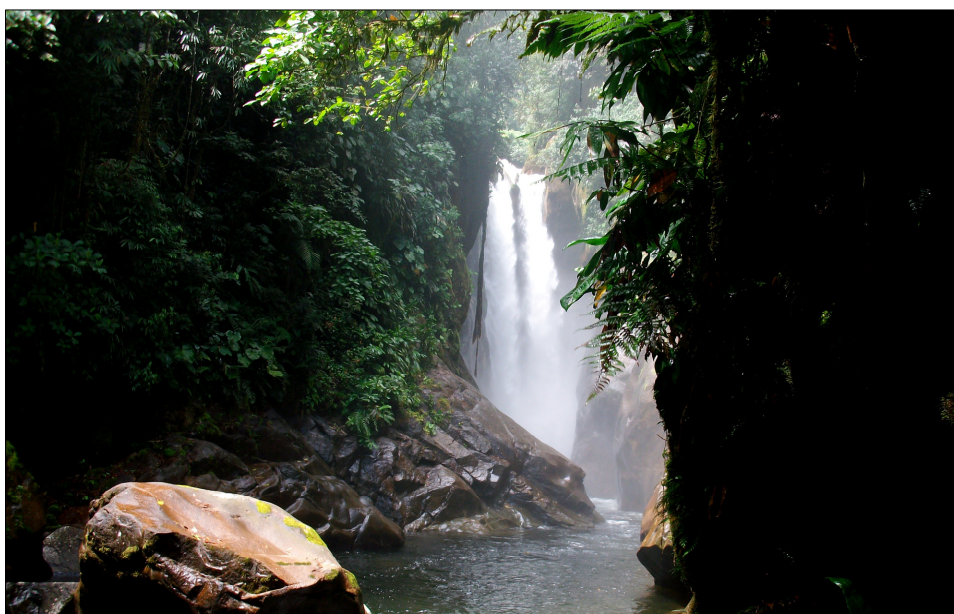


Figura 2. Cachoeira “El Caraño” do rio homônimo na Floresta Tropical Montana Nublada (FTMN), Florencia, Caquetá, Colômbia.

A família Arecaceae inclui um total de 200 gêneros e 2.450 espécies distribuídas na região tropical do planeta, com algumas espécies ocorrendo em áreas subtropicais dos dois hemisférios (Borchsenius & Moraes 2006). Uma alta diversidade de espécies e gêneros de palmeiras é encontrada em floresta de terra firme na Amazônia, no entanto é menos diversificada nas florestas inundáveis (várzea e Igapó) e nas terras inundáveis (Vormisto *et al.*, 2004). A diversidade alfa de palmeiras do planeta apresenta correlação positiva com a temperatura e precipitação. Picos absolutos em diversidade alfa são encontrados perto da linha do equador (Borchsenius & Moraes 2006).

Os Andes acima dos 1.000 m de elevação, onde se insere a FTMN, contém uma flora rica e diversa, sendo reportado em 1995 a presença de 21 gêneros e 86 espécies para a família Arecaceae (Moraes *et al.*, 1995) e em 2006 foram reportadas na região andina 24 gêneros dos 65 (37%) e 109 das 715 (15%) espécies de palmeiras das Américas, a maior parte delas ocorrendo no norte dos Andes (Borchsenius & Moraes 2006). A Colômbia é um dos países com maior diversidade de palmeiras com 47 gêneros e 247 espécies, das quais 50 são endêmicas, sendo que 20 delas fazem parte do grupo das 39 espécies consideradas endêmicas dos Andes (Galeano 1992).

O Sistema de Informação Geográfica (S.I.G) é um sistema computacional que utiliza informações geográficas e de sensoriamento remoto para analisar e comparar dados coletados no campo, e utilizados em pesquisas referentes a demografia, hidrologia, estudos de contaminação e desflorestamento dentre outros (Parra *et al.*, 1997). Segundo Rosa (2009) o S.I.G. é uma base de dados digitais de propósito especial no qual um sistema de coordenadas espaciais comum é o meio primário de referência. Chrisman (1999) o define como uma atividade organizada na qual são mensurados e representados fenômenos e processos geográficos, operando sobre estas representações para produzir mais medidas e descobrir novas relações, enquanto interage com as estruturas sociais.

Outros autores têm proposto diversas definições, entretanto, a realidade é que o S.I.G. é uma ferramenta que se bem utilizada facilita os trabalhos desenvolvidos em diversas áreas do conhecimento. Esta ferramenta pode ser utilizada para coleta de dados de identificação e mapeamento da área de distribuição das espécies de interesse

comercial ou ecológico. O S.I.G tem sido aplicado em uma grande variedade de áreas no âmbito da análise de ecossistemas para conhecer seus benefícios e permitir a avaliação de grandes áreas por meio da medição das mudanças no uso do solo pelas causas antrópicas (Gergel *et al.*, 2002).

A capacidade do SIG em integrar dados digitais numa base de dados e prover análises e visualizações básicas e avançadas, tem levado a expansão do seu uso na administração pública, indústria e pesquisa, evoluindo para ser usado em muitas disciplinas do conhecimento (Neteler *et al.*, 2012). A evolução dos Sistemas de Informação Geográfica possibilitou um salto tecnológico no tratamento dos dados em instituições que trabalham, com bases de dados georeferenciadas. Com os pacotes computacionais disponíveis atualmente, é possível solucionar grande parte dos problemas existentes, no entanto para sua utilização é necessário *software*, geralmente com elevados custos de licenciamento (Rosa 2009).

As imagens de percepção remota processadas no S.I.G. constituem uma importante ferramenta de trabalho em Ecologia, sendo utilizadas em estudos e diagnósticos ecológicos visando o manejo das áreas naturais ou afetadas pela intervenção antrópica (Marrubio 2004). Este sistema tem sido usado para identificar locais de possível ocorrência de espécies (Carey & Brown 1994), estimar a biodiversidade regional de plantas e animais (Iverson & Prasad 1998) para análise e modelagem da vegetação (Goodchild 1994), modelagem hidrológica e hidrodinâmica (Paiva *et al.*, 2011), modelagem da dispersão da poluição no ar (Gulliver & Briggs 2011), mensurar o efeito de atividades de restauração ecológica (Piniewski *et al.*, 2012), demonstrando sua crescente importância no estudo de padrões e processos ecológicos, antrópicos, produtivos, dentre outros.

A FTMN atualmente apresenta alto risco de impactos antrópicos negativos devido a sua localização próxima às áreas de expansão urbana, além dos atrativos recursos que ela oferece, tais como: solos férteis e abundância de fontes hídricas, o que a torna um ecossistema altamente procurado para atividades agropecuárias (Cavelier & Etter 1993). O conhecimento da sua biodiversidade assim como das suas potenciais utilidades são importantes para o entendimento e valoração deste

ecossistema, possibilitando assim a criação de ferramentas que auxiliem as atividades de pesquisa, conservação e desenvolvimento da região.

Proposta da Dissertação

Para uma melhor compreensão da presente pesquisa e organização das ideias, a dissertação foi dividida em três capítulos.

Capítulo 1. Neste capítulo é descrita a comunidade de Palmeiras Andinas (*Arecaceae*) em áreas de clareira e dossel fechado em dois trechos de FTMN na comunidade “El Caraño”, Florencia, Caquetá, Colômbia, e alguns padrões florísticos da regeneração de palmeiras nas clareiras.

Capítulo 2. São apresentados os usos das palmeiras andinas pela comunidade camponesa habitante da área de FTMN estudada e comparados com estudos similares desenvolvidos na última década. Também é realizada uma descrição do *status* de conservação das espécies de palmeiras registradas neste estudo.

Capítulo 3. Apresenta-se um novo método para estimar a área das clareiras ao nível do solo e sua integração em uma ferramenta de base S.I.G. desenvolvida para auxiliar estudos nestes microambientes, tendo em vista o manejo e a exploração de Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM) em FTMN.

O presente trabalho parte da necessidade de ampliar o conhecimento acerca do ecossistema de FTMN para identificar os PFNM que ela oferece, e desenvolver ferramentas que auxiliem no aproveitamento racional destes recursos vegetais, usando, neste caso, a comunidade de palmeiras andinas (*Arecaceae*) como modelo para o desenvolvimento da ferramenta de base S.I.G., visando aplicações ecológicas e de planejamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldrich, M., Billington, C., Edwards, M. & Laidlaw, R. (1997) *A Global Directory of Tropical Montane Cloud Forest*. IUCN - World Conservation Monitoring Center.
- Aldrich, M., Bubba, P., Hostettler, S. & Wiel, H. van de. (2000) *Tropical Montane Cloud Forests: Time for Action*. IUCN - WWF.
- Armenteras, F., Cadena, C.E. & Moreno, R. del P. (2007) *Evaluación del estado de los bosques de niebla y de meta 2010 en Colombia*.
- Ataroff, M. & Rada, F. (2000) Deforestation Impact on Water Dynamics in a Venezuelan Andean Cloud Forest. *Ambio*, **29**, 440–444.
- Avila-Pires, T.C.S. & Hoogmoed, M.S. (2000) On two new species of Pseudogonatodes Ruthven, 1915 (Reptilia: Squamata: Gekkonidae), with remarks on the distribution of some other sphaerodactyl lizards. *Zoologische Mededelingen*, **73**, 209–223.
- Borchsenius, F. & Moraes, M. (2006) Diversidad y usos de palmeras andinas (*Arecaceae*). *Botanica Economica de los Andes Centrales*, 412–433.
- Bruijnzeel, L.A. (2004) Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **104**, 185–228.
- Bruijnzeel, L.A. (Sampurno., Scatena, F.N. & Hamilton, L.S. (2010) *Tropical Montane Cloud Forests: Science for conservation and management*. Cambridge University Press.
- Bubba, P., May, I., Miles, L. & Sayer, J. (2004) *Cloud forest agenda*. UNEP World Conservation Monitoring Centre.
- Carey, P.D. & Brown, N.J.. (1994) The Use of GIS to Identify Sites that will become Suitable for a Rare Orchid, *Himantoglossum hircinum* L., in a Future Changed Climate. *Biodiversity Letters*, **2**, 117–123.
- Carvalho, L.M.T. de. (1997) Dinâmica de clareiras em uma floresta de nuvem na serra do Ibitipoca, Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, **21**, 74–75.
- Cavelier, J. (1989) Mist and fog interception in elfin cloud forests in Colombia and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology*, **5**, 309–322.
- Cavelier, J. & Etter, A. (1993) Deforestation of Montane Forest in Colombia as a Result of Illegal Plantations of Opium (*Papaver somniferum*). *Biodiversity and conservation*

- of *Neotropical montane forests*. (eds S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn), pp. 541–550. New York Botanical Garden.
- Cavelier, J., Solis, D. & Jaramillo, M.A. (1996) Fog interception in montane forests across the Central Cordillera of Panama. *Journal of Tropical Ecology*, **12**, 357–369.
- Chrisman, N.R. (1999) Review Paper What Does GIS Mean?. *Transictions in GIS*, **3**, 175–186.
- Doumenge, C., Gilmour, D., Pérez, M.R. & Blockhus, J. (1995) Tropical Montane Cloud Forests: Conservation Status and Management Issues. *Tropical Montane Cloud Forests*. (ed Springer-Verlag), pp. 24–37.
- Etter, A. (1998) Mapa general de ecosistemas de Colombia (1:2,000,000). *Informe Nacional Sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia 1997*.
- Etter, A., Mcalpine, C., Wilson, K., Phinn, S. & Possingham, H. (2006) Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **114**, 369–386.
- Etter, A. & Villa, L.A. (2000) Andean Forests and Farming Systems in Part of the Eastern Cordillera (Colombia). *Mountain Reseach and Development*, **20**, 236–245.
- Galeano, G. (1992) Patrones de Distribuicao das Palmeiras da Colombia. *Bulletin de l'Institut Francais d'Études Andines*, **21**, 599–607.
- Gergel, S.E., Turner, M.G., Miller, J.R., Melack, J.M. & Stanley, E.H. (2002) Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Science*, **64**, 118–128.
- Goodchild, M.F. (1994) Integrating GIS and remote sensing for vegetation analysis and modeling: methodological issues. *Journal of Vegetat*, **5**, 615–626.
- Gulliver, J. & Briggs, D. (2011) STEMS-Air: a simple GIS-based air pollution dispersion model for city-wide exposure assessment. *The Science of the total environment*, **409**, 2419–29.
- Hamilton, L.S. (2008) *Forests and water*. FAO Forestry Paper.
- Hostettler, S. (2002) Tropical montane cloud forests: a challenge for conservation. *Bois et Forêts des Tropiques*, **274**, 19–31.
- Iverson, L.R. & Prasad, A. (1998) Estimating Regional Plant Biodiversity with GIS Modelling. *Diversity and distributions*, **4**, 49–61.
- LaBastille, A. & Pool, D.J. (1978) On the Need for a System of Cloud-forest Parks in Middle America and the Caribbean. *Environmental Conservation*, **5**, 183.

- Lawton, R.O., Nair, U.S., Ray, D., Regmi, A., Pounds, J.A. & Welch, R.M. (2010) Quantitative measures of immersion on cloud and the biogeography of cloud forests. *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management*. (eds L.A. Bruijnzeel, F.N. Scatena & L.S. Hamilton), p. 731.
- Lawton, R.O., Nair, U.S., Sr, R.A.P. & Welch, R.M. (2001) Climatic Impact of Tropical Lowland Deforestation on Nearby Montane Cloud Forests. *Science*, **294**, 584–587.
- Marrubio, P.M. (2004) La percepción remota y la tecnología SIG: una aplicación en Ecología de Paisaje. *GeoFocus*, **4**, 1–24.
- Mcguffie, K., Zhang, H., Durbidge, T.B. & Pitman, A.J. (1995) Global climate sensitivity to tropical deforestation. *Global and Planetary Change*, **10**, 97–128.
- Moraes, M., Galeano, G., Bernal, R., Baslev, H. & Henderson, A. (1995) Tropical Andean Palms Arecaceae. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. (eds S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn), pp. 473–487. The New York Botanical garden.
- Nadkarni, N.M. (1984) Epiphyte Biomass and Nutrient Capital of a Neotropical Elfin Forest. *Biotropica*, **16**, 249–256.
- Nadkarni, N.M. (1988) Tropical Rainforest Ecology from a Canopy Perspective. *Rainforest: Diversity and Conservation*. (eds F. Alameda & C.M. Pringle), pp. 189–208. California Academy of Sciences, San Francisco.
- Nadkarni, N.M. & Solano, R. (2002) Potential effects of climate change on canopy communities approach in a tropical cloud forest: an experimental approach. *Oecologia*, **131**, 580–586.
- Nagel, J.F. (1956) Fog precipitation on table mountain. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **82**, 452–460.
- Neteler, M., Bowman, M.H., Landa, M. & Metz, M. (2012) GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. *Environmental Modelling & Software*, **31**, 124–130.
- Paiva, R.C.D., Collischonn, W. & Tucci, C.E.M. (2011) Large scale hydrologic and hydrodynamic modeling using limited data and a GIS based approach. *Journal of Hydrology*, **406**, 170–181.
- Parra, R., Marulanda, J. & Escobar, J. (1997) *Sistemas de Información Geográfica Base de la Gestión Ambiental*. Imprenta Universidad Nacional, Bogotá D.C. Colombia.
- Pielke, R.A., Avissar, R., Raupach, M., Dolman, J., Zeng, X. & Denning, S. (1998) Interactions between the atmosphere and terrestrial ecosystems: influence on weather and climate. *Global Change Biology*, **4**, 461–475.

- Piniewski, M., Gottschalk, L., Krasovskaia, I. & Chormański, J. (2012) A GIS-based model for testing effects of restoration measures in wetlands: A case study in the Kampinos National Park, Poland. *Ecological Engineering*, **44**, 25–35.
- Pounds, J.A., Fogden, M.P.L. & Campbell, J.H. (1999) letters to nature Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*, **398**, 611–615.
- Ramírez-angulo, H., Torres-lezama, A. & Serrano, J. (2002) Mortalidad y Reclutamiento de Árboles en un Bosque Nublado de la Cordillera de los Andes , Venezuela. *ECOTROPICOS*, **15**, 177–184.
- Rincon-Franco, F. & Castro-H, F. (1998) Aspectos Ecologicos de una Comunidad de Eleutherodactylus (Anura:Leptodactylidae) en un Bosque de Niebla del Occidente Colombiano. *Caldasia*, **20**, 193–202.
- Rosa, R. (2009) Sistemas de informação geográfica na América Latina: principais desafios. *International Review of Geographical Information Science and Technology*, **9**, 9–12.
- Soethe, N., Lehmann, J. & Engels, C. (2006) Root Morphology and Anchorage of Six Native Tree Species from a Tropical Montane Forest and an Elfin Forest in Ecuador. *Plant and Soil*, **279**, 173–185.
- Stadtmüller, T. & Agudelo, N. (1990) Amount and variability of cloud moisture input in a tropical cloud forest. *Hydrology in Mountainous I Hydrological Measurements The Water Cycle*. (eds H. Lang & A. Musy), pp. 25–32. International Association of Hydrological Science, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Still, C.J., Foster, P.N. & Schneider, S.H. (1999) Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. *Nature*, **398**, 608–610.
- Stuart, S.N. & Adamas, R.J. (1990) *Biodiversity in Sub-Saharan Africa and its islands. Conservation, management and sustainable use*. IUCN - International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Sugden, A.M. (1986) The Montane Vegetation and Flora of Margarita Island, Venezuela. *Journal of the Arnold Arboretum*, **67**, 187–232.
- Stadtmüller. (1987) *Cloud Forests in the Humid Tropics: A Bibliographic Review*. The United Nations University.
- Vormisto, J., Tuomisto, H. & Oksanen, J. (2004) Distribution Patterns in Amazonian Rainforests : What Is the Role of Topographic variation? *Journal of Vegetation Science*, **15**, 485–494.

CAPÍTULO 1

**RIQUEZA E DENSIDADE DE PALMEIRAS ANDINAS EM CLAREIRAS
NATURAIS E DOSSEL FECHADO EM FLORESTA TROPICAL MONTANA
NUBLADA EM FLORENCIA, CAQUETÁ, COLÔMBIA**

**Uberlândia, MG
Dezembro - 2012**

1. Resumo

A Família Arecaceae abrange cerca de 2500 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais dos dois hemisférios, e constitui um grupo de interesse para desenvolver estudos sobre os processos de regeneração nas florestas tropicais. Na Colômbia são encontrados cerca de 47 gêneros e 247 espécies, sendo os Andes a região que apresenta a maior diversidade no país. Nas Florestas Tropicais Montanas Nubladas (FTMN) dos Andes Tropicais Colombianos, encontram-se 24 gêneros da família Arecaceae, sendo os gêneros *Aiphanes*, *Geonoma*, *Wettinia* e *Ceroxylon* os mais ricos em espécies. Neste estudo foram estimadas a riqueza e a densidade de palmeiras andinas em clareiras em dois trechos de FTMN, localizados no departamento de Caquetá, Colômbia, e analisados os padrões florísticos entre áreas de clareiras e de dossel fechado. Também foi determinada a relação entre o estrato do dossel ocupado pelas espécies de palmeiras e a sua presença nas clareiras. Para esta finalidade foram localizadas 20 clareiras e realizado o inventário de plântulas de palmeiras dentro delas, bem como das plantas adultas na área ao redor registrando também variáveis biométricas e ambientais. A composição da família Arecaceae em FTMN é típica das palmeiras andinas com os gêneros *Geonoma*, *Wettinia* e *Aiphanes* mostrando a maior riqueza de espécies. A riqueza e a densidade encontradas em condições de clareiras naturais de FTMN indica que esta perturbação no dossel favorece o processo de regeneração da comunidade de palmeiras andinas. Os resultados indicam que as clareiras representam um importante nicho de regeneração, apresentando populações numerosas de plântulas nestes microambientes. Também foi encontrado que a presença de plântulas de palmeiras nas clareiras é afetada pelo estrato ocupado do dossel indicando que este microambiente é mais favorável para as espécies do dossel superior. As 21 espécies de palmeiras encontradas neste estudo representam um grande potencial para serem incluídas em sistemas produtivos agroecológicos, desde que melhor estudadas a ecologia das espécies e o seu potencial de uso.

Palavras chave: Floresta de Nuvens, estratos do dossel, ecologia vegetal.

2. Abstract

The Arecaceae family has about 2500 species, distributed in tropical and subtropical regions of both hemispheres and represent an interest group to develop studies in regeneration processes in tropical forests. Colombia harbors 47 genera and 247 species, the Andean region is the more diverse in the country. In Tropical Montane Cloud Forests (TMCF) of Colombian Andes there are 24 genera of the Arecaceae family, *Aiphanes*, *Geonoma*, *Wettinia* and *Ceroxylon* genera are the most diverse in this ecosystem. This study estimated richness and density of palms in canopy gaps of two areas in an Andean TMCF in the Caquetá department, Colombia and analyzed the floristic patterns between gaps and closed canopy areas. The relationship between the layer of the canopy occupied by the palm species and their presence in the canopy gaps was also determined. First canopy gaps were located and an inventory of palm seedlings was conducted inside it, and the adults grown in the contiguous area, registering biometric and environmental variables. The composition of the Arecaceae family registered in this TMCF was typical of Andean palms, finding *Geonoma*, *Wettinia* and *Aiphanes* genera with the highest species richness. The number of species and density values found in conditions of natural gaps of TMCF indicates that this disturbance in the canopy favors the regeneration process of the Andean Palms community. The results indicate that the canopy gaps represent an important regeneration niche for Andean Palms, with large populations of seedlings in these microenvironments. It was also found that the presence of palm seedlings in canopy gaps is affected by the canopy strata occupied by the species indicating that this microenvironment is more favorable for the upper canopy species and lesser for the lower canopy palms. The 21 species found in this study represent a potential element to be included in agroecological production systems, once the biology of the species and its potential use is well studied.

Keywords: Cloud Forest, canopy strata, vegetation ecology.

3. Introdução

A Família Arecaceae abrange cerca de 200 gêneros e 2450 espécies distribuídas na região tropical do planeta, com espécies ocorrendo em áreas subtropicais dos dois hemisférios (Borchsenius & Moraes 2006). A Colômbia apresenta uma das maiores diversidades de palmeiras, sendo mencionadas 247 espécies incluídas em 47 gêneros (Galeano 1992). 20 das 50 espécies endêmicas da Colômbia, pertencem ao grupo de 39 espécies endêmicas dos Andes, região que apresenta a maior diversidade de Arecaceae do país (Galeano 1992). Acima dos 1000 m de elevação nos Andes Tropicais Colombianos, encontram-se pelo menos 121 espécies pertencentes a 24 gêneros, sendo *Aiphanes* (23), *Geonoma* (20), *Wettinia* (16) e *Ceroxylon* (11) os gêneros mais diversos, representando cerca de 60% das palmeiras andinas (Pintaud *et al.*, 2008). Isto representa as espécies de palmeiras encontradas somente na área da Cordilheira dos Andes (Galeano 1992).

Por outro lado, 33% das espécies da família Arecaceae encontradas na região andina correspondem a palmeiras andinas 15% das espécies são Centroamericanas, 7% Neotropicais, 3% Amazônicas e 14% espécies de outras distribuições. O gênero *Ceroxylon* é o único endêmico dos Andes (Galeano 1992). Das 50 espécies de palmeiras endêmicas da Colômbia, mais da metade (29) encontram-se na região Andina (Tabela 1). No entanto, esta região apresenta alto grau de intervenção antrópica causados principalmente por atividades agrícolas e pecuárias e, por isto necessita de maior atenção para sua conservação. A região Amazônica, por outro lado, apresenta somente 8 % de espécies endêmicas e, em uma estratificação altitudinal observa-se que 52% das espécies endêmicas são encontradas acima dos 1.400 m de elevação, na zona Andina, que ocupa entre 15 e 20% do território Colombiano (Galeano, 1992).

Tabela 1. Distribuição de palmeiras endêmicas da Colômbia Fonte: Galeano (1992).

Região	% Sp Endêmicas
<i>Andina</i>	58
<i>Pacífico</i>	20
<i>Vales Inter andinos</i>	14
<i>Amazonia-Orinoquia</i>	8

Para definir *hotspots* e enfrentar adequadamente a perda global de *habitats* e a consequente perda de espécies é necessário identificar os grupos taxonômicos que apresentam alto risco de extinção (Bernal & Galeano 2006). A família *Arecaceae* foi o primeiro grupo de plantas a receber atenção sobre seu *status* de conservação (Moore 1979), e também o primeiro para o qual foi desenvolvido um plano de ação (Johnson & IUCN, 1996). O *status* de conservação regional e o censo preliminar já se encontravam disponíveis na literatura para muitas localidades (Dransfield *et al.*, 1988).

Devido ao histórico de uso das palmeiras e a diversidade destas nas Florestas Tropicais Montanas Nubladas (FTMN) seu estudo e perspectivas de conservação são necessidades de primeira ordem. Além disso, Henderson (2002) e Tomlinson (1990) destacam que a família *Arecaceae* representa um dos grupos de interesse para o desenvolvimento de estudos sobre os processos de regeneração em florestas tropicais, já que este apresenta ampla distribuição, representatividade na maioria dos habitats e alta diversificação estrutural, anatômica, fisiológica e ecológica. No entanto, Kahn & Granville (1992) ressaltam que o estudo da família *Arecaceae* tem se restringido aos campos da taxonomia e da etnobotânica, com poucos dados quantitativos de riqueza e densidade, e, geralmente, excluindo as palmeiras de pequeno porte, das quais constituem a maior parte das palmeiras andinas.

O objetivo central da ecologia de comunidades vegetais é evidenciar de que modo a composição de espécies é determinada e quais os fatores que influenciam a diversidade nas diferentes assembleias de plantas e os diversos tipos de vegetação (Swaine & Hall 1988). A regeneração ou sucessão florestal pode ser definida como o somatório de processos pelos quais um indivíduo do dossel é substituído por outro, na maioria das vezes por uma espécie diferente (Runkle 1981). A limitação no recrutamento das plantas nos estágios iniciais do seu ciclo de vida pelos diversos fatores bióticos e abióticos é um importante mecanismo no processo de regeneração (Alves & Metzger 2006). Há mais de quatro décadas, os ecólogos interessados na dinâmica florestal têm focado a sua atenção nas respostas de indivíduos, populações e comunidades à dinâmica de criação de clareiras no dossel (Yamamoto 1992).

Através das diferentes pesquisas desenvolvidas em florestas do mundo inteiro, o termo “clareira” tem evoluído com a aumento do conhecimento sobre este fenômeno. Inicialmente Watt (1947) definiu clareiras como pequenas aberturas na floresta criadas pela morte de um ramo, ou de uma ou mais árvores. Halle *et al.* (1978) utilizaram o termo “*chablis*” para designar tanto a queda de uma árvore como a perturbação que lhe é associada. No mesmo ano Whitmore (1978) mencionou que as clareiras são formadas por um rompimento na estrutura do dossel da floresta, o qual pode ser causado pela queda de uma ou várias árvores, que caem pela ação de fatores tais como: ventos fortes, temporais e raios. Runkle (1981) apresenta uma definição mais clara, na qual clareiras são áreas do solo, sob a abertura do dossel, delimitadas pelas bases das árvores de dossel. Este autor destaca um limite da clareira ao nível do solo. Um ano depois Brokaw (1982) apresentou uma nova definição: clareira é um “buraco” no dossel que se estende verticalmente até o solo, através de todos os níveis da vegetação, devendo ser delimitada pela vegetação com uma altura de até dois metros, e ao nível do solo pela projeção vertical da abertura no dossel.

Com base nos conceitos, diferentes definições de clareiras foram criadas a partir do tipo de vegetação estudada e das condições particulares de cada pesquisa. Lima (2005), em uma pesquisa desenvolvida em área de Mata Atlântica, define clareira como uma abertura do dossel resultado da queda de uma árvore ou um ramo, a qual cria um ambiente diferente da floresta adjacente, influenciando a regeneração das plantas e o comportamento dos animais. Esta definição é assumida para o presente trabalho, delimitando a área da clareira ao nível do solo de acordo com Runkle (1981).

A heterogeneidade do dossel, incluindo as áreas de clareiras, afeta todos os aspectos do desenvolvimento individual das palmeiras, por meio da influência direta das condições de luz, do solo e microtopografia, e indiretas como os riscos de dano físico e pressão por pragas, afetando assim a germinação, crescimento, fecundidade, dispersão, sobrevivência, dinâmica de populações e distribuição local das palmeiras (Svenning, 2001).

A formação da clareira inicia-se por meio de um processo rápido de reestruturação do dossel e recrutamento de novas plantas (Babaasa *et al.*, 2004). E, apesar deste processo ser fundamental na manutenção da diversidade das florestas, não se sabe como este influencia na regeneração de palmeiras andinas nas FTMN, uma vez que não há informações sobre a formação de clareiras nestes ecossistemas. De acordo com Svenning (2001) a dependência da formação de clareiras para o recrutamento de novos indivíduos é maior entre espécies de palmeiras de dossel e escandentes do que entre palmeiras do dossel médio e inferior, reconhecendo a diversidade de respostas intraespecíficas possíveis. Por isto é provável que as palmeiras andinas estejam refletindo este padrão, já que são encontrados três dos quatro estratos de crescimento das palmeiras; dossel superior, médio e inferior.

As palmeiras andinas são consideradas importantes recursos nas FTMN, sendo observada alta riqueza e abundância de espécies nestes ecossistemas. A relação do recrutamento de espécies de palmeiras andinas com o processo de regeneração em clareiras naturais resultam em um importante fenômeno ecológico que deve ser estudado para melhor compreensão da dinâmica florestal deste importante ecossistema. Com base nestes aspectos, os objetivos do presente capítulo foram: i) estimar a riqueza e densidade de palmeiras andinas em clareiras de dois trechos de FTMN e ii) investigar padrões florísticos entre áreas de clareiras e de dossel fechado, e iii) determinar se o estrato do dossel onde se desenvolvem as palmeira andinas está relacionado com o numero de plântulas nas clareiras.

4. Materiais e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido na vertente leste da Cordilheira Leste dos Andes Colombianos, na área florestal da comunidade “El Caraño” do Município de Florencia, Departamento de Caquetá, Colômbia. As áreas estudadas localizam-se acima de 1000 m de elevação, com uma distancia lineal entre elas de 4.1 km. A primeira área está localizada sobre a bacia hidrográfica do rio “Las Doradas” (01°43' N 075°43' W), e a segunda (01°44' N 075°41' W) sobre a bacia hidrográfica do rio “El Caraño” (Figura 1), ambas pertencem à Reserva Florestal da Amazônia Colombiana, protegida de acordo com a Lei 02 de 1959. O ecossistema estudado é caracterizado como Floresta Tropical Montana Nublada (FTMN), centrando o presente estudo na Família Arecaceae, especificamente nas palmeiras andinas.

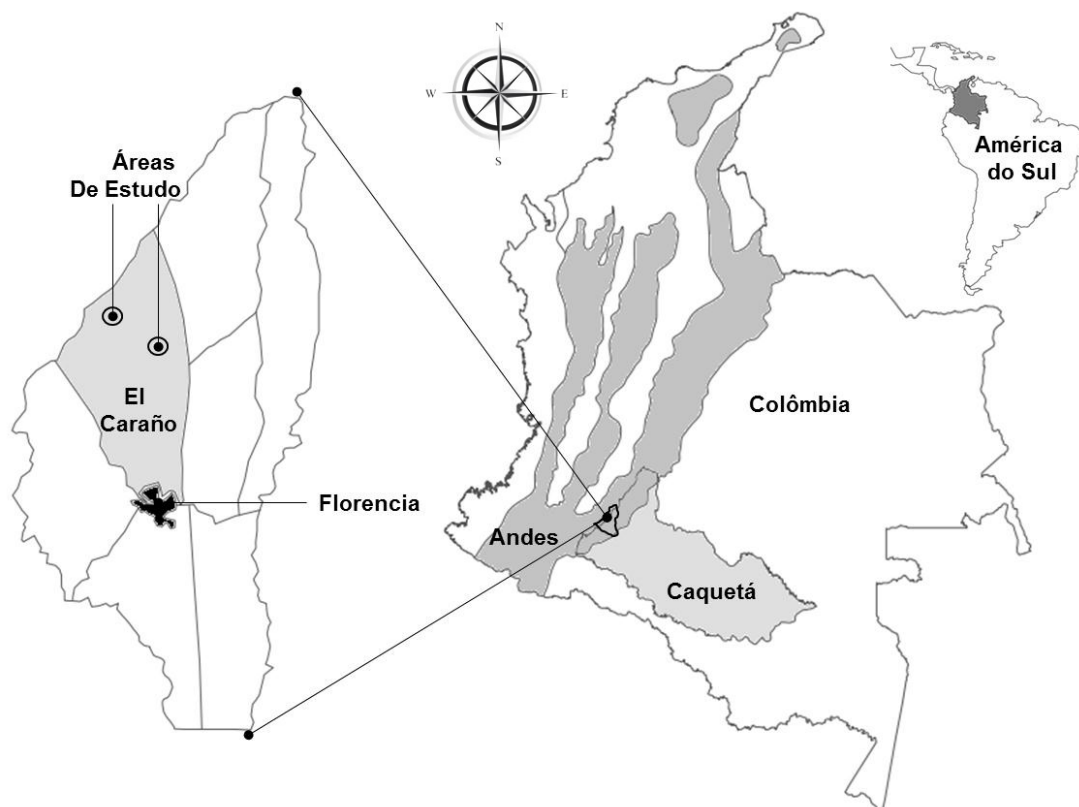


Figura 1. Localização das áreas de estudo na Zona Andina Colombiana e na América do Sul.

A Cordilheira Oriental localizada na vertente leste dos Andes funciona como uma barreira para as correntes de ar conduzidas pelos ventos alísios do leste e

nordeste. Estas correntes ascendem e criam uma faixa chuvosa que se estende desde o pé da montanha dos Ihanos do leste colombiano e da região amazônica até 2500 m de elevação (Narváez-Bravo & León-Aristízabal, 2001). Na faixa entre 800 e 1500 m de elevação podem ser observadas precipitações superiores a 4000 mm anuais. Por outro lado em elevações superiores à 3000 m, as precipitações são inferiores a 1000 mm anuais (Poveda 2004). A região apresenta um território heterogêneo, predominando os solos conhecidos como solos de montanha e ácidos. Isto é devido à camada de serapilheira em decomposição e aos solos que geralmente estão em processos de erosão devido ao relevo e à forma de exploração tradicionalmente usada (Salazar 2010).

As amostragens das palmeiras foram realizadas em 20 clareiras e 20 áreas de dossel fechado, 10 em cada área. As clareiras foram localizadas mediante transectos percorridos dentro da floresta. A área de cada clareira e o registro das espécies presentes em cada um dos ambientes foram amostrados usando o método “niebla”, desenvolvido como parte do presente estudo (ver Capítulo 3). No levantamento de plântulas nas clareiras foram registrados todos os indivíduos observados, sendo realizada a medição da altura e, para os indivíduos maiores que 1 m, o diâmetro do estipe. Os indivíduos foram identificados ao nível de espécie.

Para os indivíduos adultos de palmeiras no dossel fechado foram registrados: a espécie, altura total e diâmetro do estipe. Além disso, foram observadas duas características: a presença de inflorescências ou infrutescências, ou de restos delas, e cicatrizes oriundas de episódios reprodutivos anteriores. A área de dossel fechado estudada correspondeu a uma circunferência delineada desde o centro da clareira ao limite desta. O raio dessa circunferência foi igual ao comprimento do eixo maior da clareira. A área amostrada foi estimada em função do diâmetro desta circunferência, menos a área estimada da clareira. Para o desenvolvimento das atividades de campo (amostragem) foram utilizados os materiais e equipamentos usados para o método “niebla” e descritos no capítulo 3.

Para determinar se as palmeiras encontram-se em processo de regeneração nas clareiras, foi estimada a similaridade entre o grupo de espécies que estavam regenerando dentro das clareiras e as espécies que apresentaram indivíduos

adultos na área de dossel fechado. A existência de padrões florísticos na comunidade de palmeiras andinas em cada micro ambiente (clareira e dossel fechado) foi testada empregando uma análise de agrupamento, disponível no software PC-ORD versão 5.10 (McCune & Mefford 2006). Para esta finalidade foi construída uma matriz binária (presença/ausência) a partir dos dados de densidade das espécies e empregado o índice de similaridade de Sorensen, tendo como método de ligação a média do grupo (UPGMA) para as vinte clareiras e as vinte áreas de dossel fechado nas duas áreas de FTMN.

As espécies de palmeiras encontradas dentro das clareiras foram classificadas de acordo com o estrato do dossel onde elas se desenvolvem. Os estratos foram determinados de acordo com Svenning (2001) em: estrato inferior para palmeiras com até 5 metros de altura, estrato médio entre 5 e 15 m e estrato superior para alturas superiores a 15 m. Para testar se havia palmeiras em processo de regeneração nas clareiras naturais em relação ao estrato de crescimento foi realizada uma ANOVA com o número de plântulas por espécie, usando como fator os estratos de crescimento (inferior, médio e superior). Para testar se a declividade do terreno tem efeito sobre a regeneração de palmeiras dentro das clareiras foi realizada uma regressão linear entre a declividade e a densidade de plântulas nas clareiras.

5. Resultados e Discussão

Foram estudadas um total de 20 clareiras e 20 áreas de dossel fechado nas duas áreas. Na área 1 as clareiras foram localizadas entre os 1237 e 1760 m de altitude, e na área 2 entre 1213 a 1435 m, altitude considerada dentro da área de ocorrência das palmeiras andinas (Etter, 1998; Moraes *et al.*, 1995).

Na FTMN foram registradas um total de 21 espécies de palmeiras (ver Anexos). As espécies *Chamaedorea linearis* e *Ch. pinnatifrons*, pertencentes à tribo Hyoporbeae da subfamília Ceroxyloideae, foram os únicos registros para esta subfamília. A subfamília Arecoideae foi a mais rica com dez gêneros. Para o gênero *Geonoma* da tribo Geonomeae foram registradas seis espécies. Dentro destas duas famílias são reportados um total de 11 dos 67 gêneros (16%), com representantes em 50% (5/10) das tribos, de acordo com a classificação apresentada por Henderson *et al.*, (1995) (Tabela 2). O mesmo número de espécies foi observado para a tribo Iriarteinae, onde a subtribo Wettiniinae, na qual o gênero *Wettinia* registrou 4 espécies, sendo o segundo mais rico. Os gêneros *Prestoea* e *Aiphanes*, pertencentes às tribos Areceae e Cocoeae respectivamente, registraram 2 espécies cada um. Para os restantes 4 gêneros foram registradas uma subtribo e uma espécie.

O registro dos gêneros *Wettinia*, *Geonoma* e *Aiphanes* como os mais diversos na área de FTMN estudada corrobora com Galeano (1992) que reportou estes três gêneros juntamente com *Ceroxylon* como os mais diversos das palmeiras andinas nos Andes colombianos. A diversidade de espécies de palmeiras nas áreas estudadas é indicativo da importância ecológica de esta floresta, dada a relevância das palmeiras como fornecedora de alimento para aves e mamíferos reportadas como possíveis espécies “chave” em algumas florestas tropicais (Fleury & Galetti, 2004; Galetti *et al.*, 1999; Svenning, 2001).

Nas clareiras estudadas as plântulas de algumas espécies foram registradas somente em uma das áreas. Na área 1 foram registradas 7 espécies que não foram encontradas na área 2, são elas: *A. simplex*, *Ch. linearis*, *Ch. pinnatifrons*, *D. lamarckianum*, *G. triglochis*, *G. undata* e *W. fascicularis*. Na área 2 foram 6 espécies que não se registraram para a área 1; *G. stricta*, *H. elegans*, *P. carderi*, *P.*

schultzeana, *S. exorrhiza* e *W. praemorsa*. Por outro lado, foram registradas seis espécies ocorrendo nas clareiras das duas áreas; *B. setulosa*, *E. precatória*, *G. macrostachys*, *G. orbignyana*, *I. deltoidea* e *W. anomala*.

Nas áreas de dossel fechado da área 1 foram registradas 8 espécies exclusivas: *A. simplex*, *B. setulosa*, *Ch. linearis*, *Ch. pinnatifrons*, *D. lamarckianum*, *G. macrostachys*, *G. undata* e *G. wilsonii*. Na área 2 foram 6 espécies exclusivas: *A. ulei*, *G. stricta*, *H. elegans*, *P. schultzeana*, *S. exorrhiza* e *W. praemorsa*. As espécies registradas em ambas as áreas estudadas foram: *E. precatória*, *G. orbignyana*, *G. triglochin*, *I. deltoidea* e *W. anomala*.

O índice de Sorensen indica uma similaridade na composição de espécies de palmeiras de 50% entre as duas áreas de FTMN estudadas, mostrando que mesmo encontrando-se na mesma floresta a composição de espécies difere em 50%, prova da alta diversidade deste grupo taxonômico neste ecossistema, como reportado em outros estudos (Galeano 1992; Moraes *et al.*, 1995; Pintaud *et al.*, 2008).

Quando comparadas as espécies presentes nas clareiras com as presentes no dossel fechado de cada área, usando o mesmo índice, observa-se que para a área 1 a similaridade foi de 96,3%, já para área 2 a similaridade foi de 78,3%. Estes altos valores de similaridade indicam que as espécies de palmeiras andinas ocorrendo na FTMN estudada usam as clareiras como nicho para os processos de regeneração e recrutamento, aproveitando assim os distúrbios no dossel para manter suas populações, concordando com o exposto por Kahn (1986), e posteriormente analisado com maior profundidade por Svenning (2001).

A área das clareiras, estimada pelo método “niebla”, variou na área 1 entre 43,45 e 189,95 m², com uma área média de 99,72 m². Na área 2, as clareiras apresentaram áreas entre 67,39 e 272,40 m², com média de 116,11 m². A área total estudada nas clareiras foi de 2158,36m². A área inventariada no dossel fechado ao redor das clareiras da área 1 somou 6.276,04m², com áreas entre 221,24 e 1076,49 m², na área 2 variou entre 204,05 e 3.822,66 m², em total 8645,59m². A área total de dossel fechado somou 1.4921,64m². A área total estudada nas duas áreas foi de 17.079,99m² (Tabela 3).

Tabela 2. Classificação taxonômica da comunidade de palmeiras andinas em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.

<i>Subfamília (-oideae)</i>	<i>Tribo (-eae)</i>	<i>Subtribo (-inae)</i>	<i>Gênero</i>	<i>Espécies</i>	<i>Henderson, 2011</i>	
Ceroxyloideae	Hyoporbeae		<i>Chamaedorea</i>	<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) Mart. <i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Jacq.) Oerst.		
Arecoidae	Iriarteae	Iriarteinae	<i>Dictyocaryum</i>	<i>Dictyocaryum lamarckianum</i> (Mart.) H. Wendl.		
			<i>Iriartea</i>	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.		
			<i>Socratea</i>	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.		
		Wettiniinae	<i>Wettinia</i>	<i>Wettinia anomala</i> (Burret) R. Bernal <i>Wettinia fascicularis</i> (Burret) H.E. Moore & J. Dransf. <i>Wettinia praemorsa</i> (Willd.) Wess. Boer		
			Areceae	<i>Euterpe</i>	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	
				<i>Prestoea</i>	<i>Prestoea carderi</i> Hook. f. <i>Prestoea schultzeana</i> (Burret) H. E. Moore	*
	Cocoeae	Bactridinae	<i>Hyospathe</i>	<i>Hyospathe elegans</i> morf. <i>elegans</i> Mart.		
			<i>Aiphanes</i>	<i>Aiphanes simplex</i> Burret <i>Aiphanes ulai</i> (Dammer) Burret		
			<i>Bactris</i>	<i>Bactris setulosa</i> H. Karst.		
	Geonomeae		<i>Geonoma</i>	<i>Geonoma macrostachys</i> Mart. <i>Geonoma orbignyana</i> morfotipo <i>linearis</i> Mart. <i>Geonoma stricta</i> morf. <i>stricta</i> (Poit.) Kunth <i>Geonoma triglochis</i> Burret <i>Geonoma undata</i> Klotzsch <i>Geonoma wilsonii</i> Galeano & R. Bernal	<i>Geonoma stricta</i> subsp. <i>arundinacea</i> <i>Geonoma undata</i> subsp. <i>undata</i> <i>Geonoma orbignyana</i> subsp. <i>orbignyana</i>	

Adaptado de: Henderson et al (1995), Bernal & Galeano (2006) e Henderson (2011).

Tabela 3. Dados Gerais da comunidade de palmeiras andinas nas duas áreas de FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia

Área	Clareiras		Dossel Fechado		Total
	Área 1	Área 2	Área 1	Área 2	
Média ± DP	99.72 ± 52.475	116.116 ± 64.097	627.604 ± 344.051	864.56 ± 1070.391	854 ± 832.528
Total	997,2	1161,16	6276,04	8645,599	17079,997
Indivíduos					
Média ± DP	19 (±9.603)	54.1 (±67.586)	8.6 (±3.688)	15 (±9.25)	48.35 (±55.439)
Total	190	541	86	150	967
Espécies					
Média ± DP	3.3 (±1.889)	4.4 (±1.506)	4.4 (±1.506)	3.8 (±1.135)	4.75 (±1.618)
Total	13	12	12	14	21
Densidade (DP)	0.239 (±0.174)	0.551 (±0.753)	0.017 (±0.009)	0.031 (±0.027)	0.082 (±0.119)

As clareiras na área 1 registraram em média $3,3 \pm 1,8$ espécies, e para a área 2 uma média de $4,4 \pm 1,5$. As espécies na área 1 apresentaram em média 15,0 indivíduos por espécie, para as 13 espécies encontradas. Na área 2 a média foi de 45,1, para as 12 espécies registradas. A densidade de indivíduos (plântulas e juvenis) nas clareiras foi de 0,239 ($\pm 0,174$) na área 1, e de 0,551 ($\pm 0,753$) para a área 2, e de 0,395 ($\pm 0,556$) no total das duas áreas (Tabela 3). Estes resultados também apoiam o reportado por Svenning (2001) sobre a importância dos microambientes criados por estes distúrbios para a manutenção das populações de palmeiras e outras espécies vegetais, e para a distribuição dessas populações nas florestas.

Nas vinte clareiras naturais foram amostrados 731 indivíduos, entre plântulas e juvenis. A espécie com maior densidade foi *S. exorrhiza* com 153 indivíduos, seguida por *W. praemorsa* com 148 e *E. precatoria* com 127 (Figura 2A). Um segundo grupo foi formado por *G. orbignyana*, *I. deltoidea* e *W. anomala* com 75, 71 e 68 indivíduos respectivamente. Nas clareiras da área 1 foram registrados 190 indivíduos de 13 espécies de palmeiras andinas. A espécie com maior densidade foi *W. anomala* que registrou 55 indivíduos, seguida por *I. deltoidea* com 36, *E. precatoria* com 26 e *A. simplex* com 23. Nas clareiras da área 2 foi registrada uma maior densidade com 541 indivíduos pertencentes a 12 espécies de palmeiras. As espécies mais abundantes foram *S. exorrhiza* com 153 indivíduos, *W. praemorsa* com 148, *E. precatoria* com 101 e *G. orbignyana* com 62 (Figura 2A).

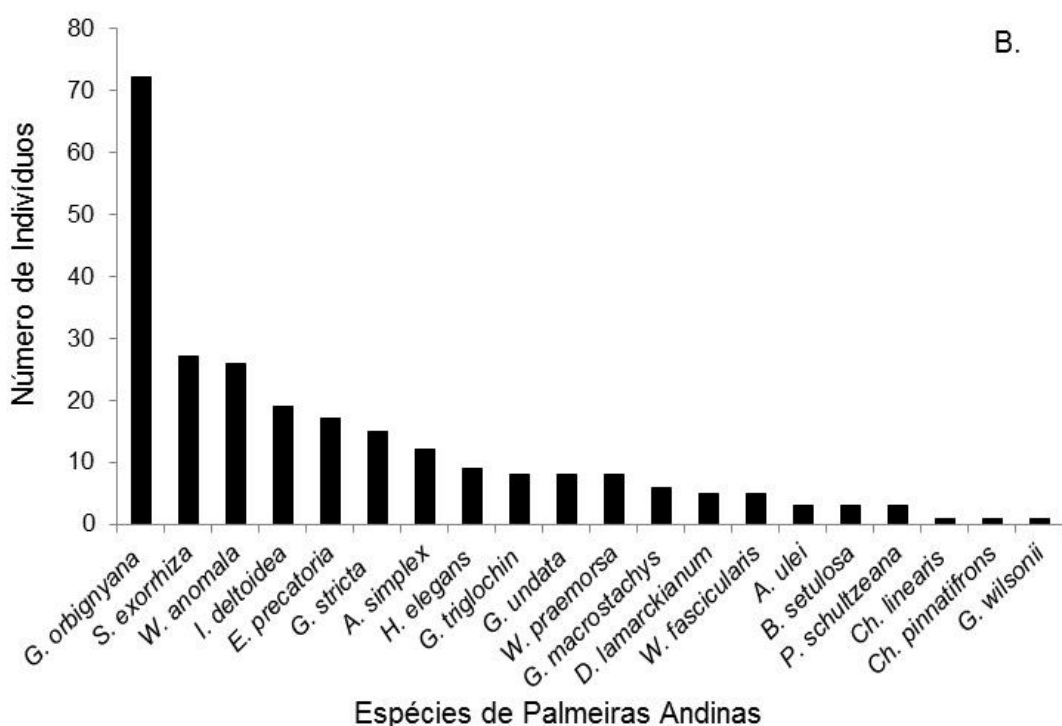
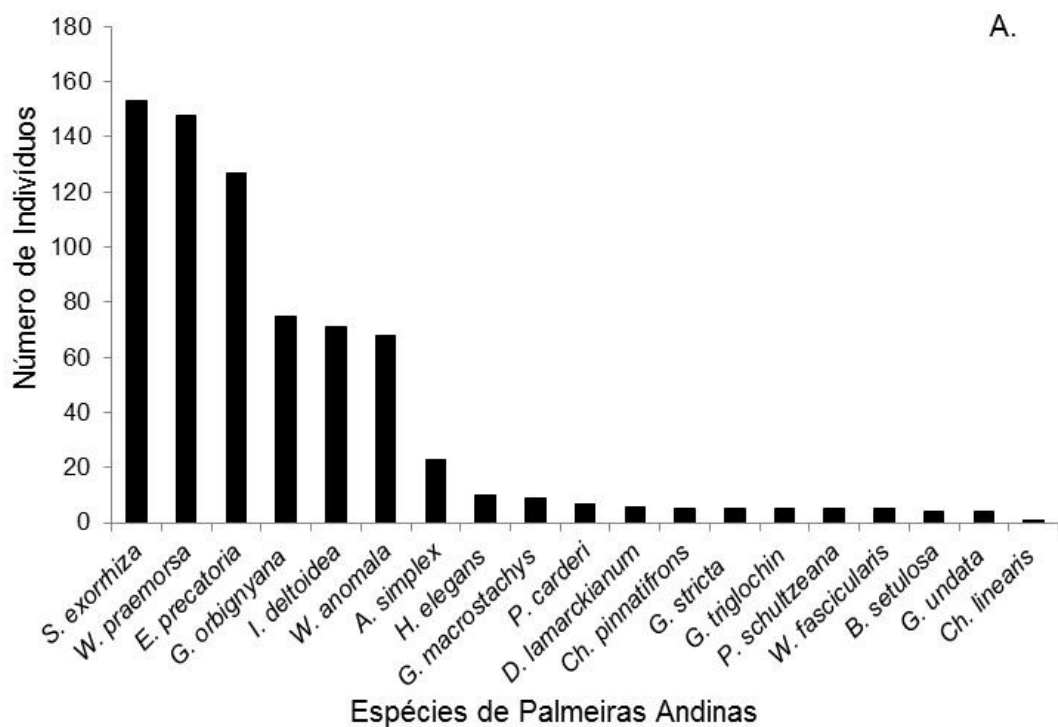


Figura 2. Número de indivíduos da Família Arecaceae registrados nas clareiras naturais em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia. (A) Plântulas e juvenis nas clareiras naturais; (B) Plantas adultas no dossel fechado.

As espécies registradas com o maior número de plântulas foram distintas para cada uma das áreas de FTMN estudadas; *W. anomala* na área 1 e *S. exorrhiza* na área 2, com 55 e 153 plântulas, respectivamente, evidenciando a dominância destas espécies nas suas respectivas áreas de ocorrência. As espécies de palmeiras andinas que registraram indivíduos no maior número de clareiras foram *G. orbignyana* em 11, *I. deltoidea* em 11 e *W. anomala* em 11, seguidas de *E. precatoria* e *A. simplex* registradas em 8 e 5 clareiras respectivamente. Isto reflete uma maior amplitude de ocorrência para essas espécies nas duas áreas de FTMN estudadas.

Nas vinte áreas de dossel fechado estudadas nas duas áreas de FTMN, foram amostradas 249 plantas adultas pertencentes a 20 espécies de palmeiras andinas. As cinco espécies com maior número de indivíduos foram *G. orbignyana* (72 ind.), *S. exorrhiza* (27 ind.), *W. anomala* (26 ind.), *I. deltoidea* (19 ind.) e *E. precatoria* (17 ind.) (Figura 3B). No dossel fechado na área 1 foram registradas 14 espécies de palmeiras andinas representadas por 87 indivíduos. As espécies com maior número de indivíduos adultos foram *G. orbignyana* com 19, *W. anomala* com 14, *A. simplex* com 12 e *G. undata* com 8. Na Área 2, foram registrados 162 indivíduos de 11 espécies de palmeiras andinas. As espécies que apresentaram maior número de indivíduos adultos no dossel fechado foram *G. orbignyana* (53), *S. exorrhiza* (27) *E. precatoria*, *G. stricta* e *I. deltoidea* com 15 indivíduos cada uma (Figura 3B).

Todas as clareiras estudadas (100%) apresentaram indivíduos da família *Arecaceae*, ressaltando a importância destes microambientes para a regeneração das palmeiras andinas, concordando com o descrito por Svenning (1999a, 1999b, 2001) e Kahn & Granville (1992) para palmeiras de alto porte na Amazônia. Usando o total de espécies registradas nas duas áreas, tanto nas clareiras quanto no dossel fechado, foi obtida uma similaridade de 92.3% usando o índice de Sorensen. Estes resultados mostram alta similaridade entre os indivíduos encontrados nas clareiras (plântulas e juvenis) e no dossel fechado (plantas adultas), refletindo a incidência das espécies de palmeiras presentes na área sobre a comunidade em regeneração dentro das clareiras.

Em Floresta Tropical de Terras Baixas, Sanford *et al.* (2009) estimaram as áreas das clareiras entre 40 e 781 m². Tabarelli & Mantovani (1999) encontraram que em uma Floresta Atlântica Montana as clareiras variaram entre 30,3 e 500,5m². Numa Floresta Estacional Semidecidual estudada por Martins (1999) a área das clareiras variou de 20,09 a 468,0 m², com predominância de clareiras de menor tamanho. Em outra Floresta Tropical nas Guianas, van der Meer e Bongers (1996) encontraram variações nas áreas das clareiras entre 67 e 332 m². Estes resultados mostram que na FTMN as clareiras tendem a ter uma área menor (<300m²), condição similar é encontrada na Floresta Tropical Úmida das Guianas. Já em outros tipos de floresta as áreas tendem a serem maiores (Figura 3).

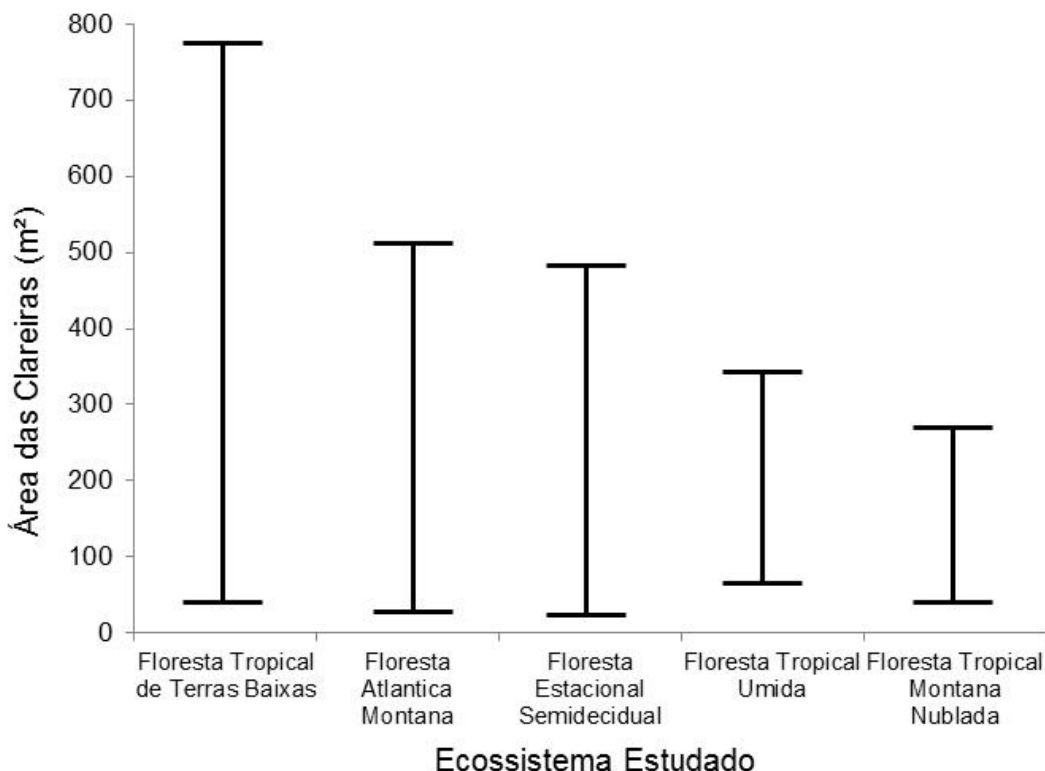


Figura 3. Amplitude encontrada para estimativa da área das clareiras naturais em diferentes tipos de vegetação: Floresta Tropical de Terras Baixas (Sanford et al., 2009), Floresta Atlântica Montana (Tabarelli & Mantovani, 1999), Floresta Estacional Semidecidual (Martins, 1999), Floresta Tropical Úmida (van der Meer & Bongers, 1996) e FTMN- presente estudo.

A estimativa das áreas das clareiras obtidas pelo método “niebla” mostrou que 50% das clareiras se encontram na amplitude de 50 a 100 m² e 20% entre 100 e 150m² (Figura 4). Clareiras com áreas menores de 50 m² e maiores de 200m² contaram com pouca representação, 10 e 5%, respectivamente. Observa-se uma tendência na FTMN à formação de clareiras naturais com áreas consideradas pequenas, corroborando com os padrões encontrados por Brokaw (1982), Sanford (1986), Green (1996) e van der Meer & Bongers, (1996) em diferentes tipos de floresta (Figura 3).

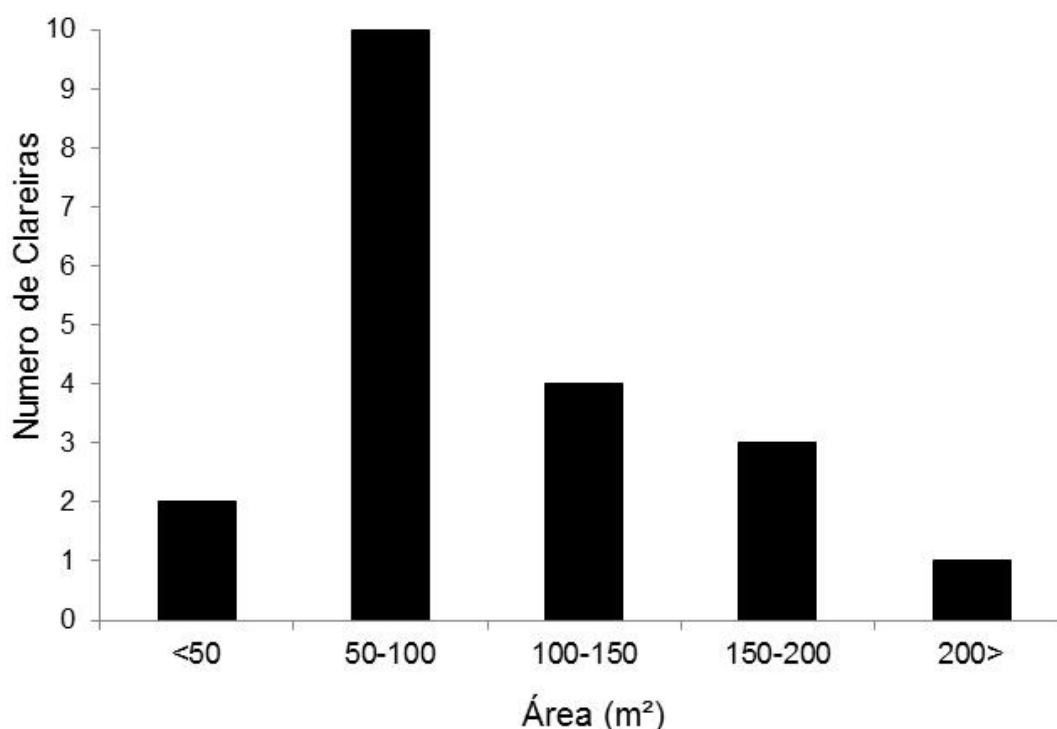


Figura 4. Distribuição por classes de tamanho das áreas das clareiras naturais estudadas na FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.

Na área 1, 40% das clareiras foram criadas pela quebra de um ramo, 30% pela queda de um a árvore desde a raiz, e 30% pela quebra do caule. Na área 2, não foi registrada nenhuma clareira criada pela quebra do caule, no entanto, registrou-se 70% pela quebra de ramos, e 30% pela queda de uma árvore desde a raiz (Figura 5). Quando comparada com as Florestas de Carvalho (Clinton *et al.*, 1994), Florestas Tropicais Úmidas (van der Meer & Bongers, 1996) e Floresta Estacional Semidecidual (Nascimento *et al.*, 2012),

observa-se que a maior causa de criação na FTMN foi a quebra de ramos (Figura 5), possivelmente devido a alta declividade (33,4%; $\pm 15,779$) nas áreas estudadas, somado a maior incidência dos ventos (Ott & Juday 2002), abundância de epífitas nos ramos e o efeito de carga de chuva, refletindo o exposto por Arriaga (1988), Niklas (1992) e Sterck & Bongers (2001).

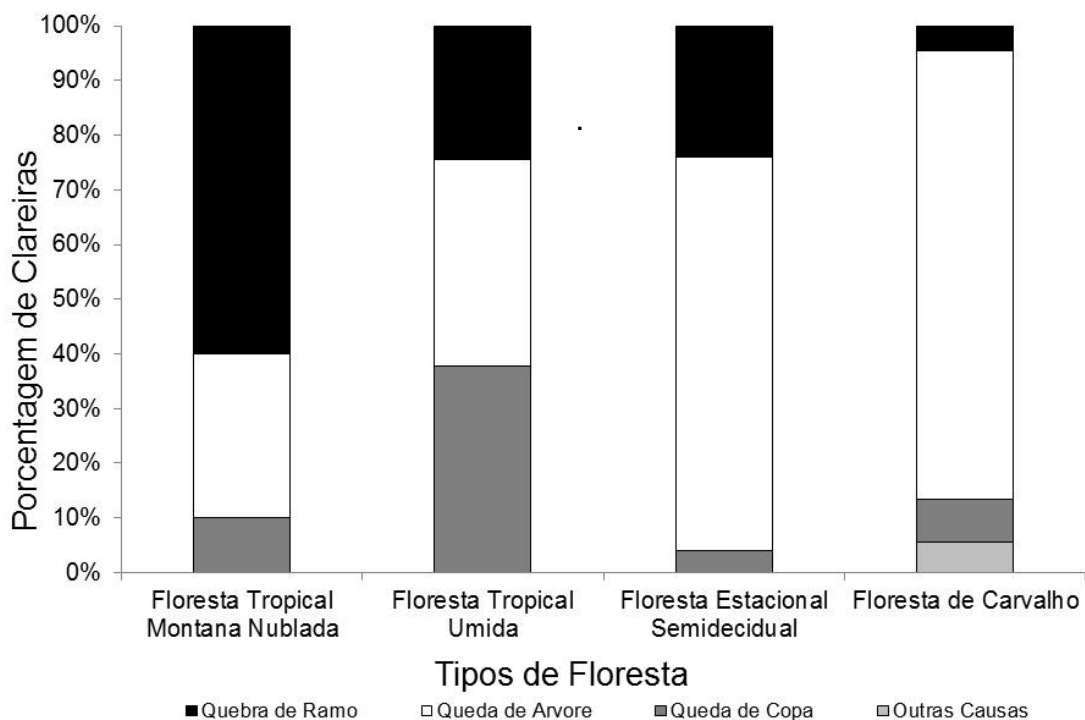


Figura 5. Porcentagem das causas de criação das clareiras em FTMN Caquetá, Colômbia (presente estudo), Floresta de Carvalho (Clinton *et al.*, 1994), Floresta Tropical Úmida (van der Meer & Bongers 1996) e Floresta Estacional Semidecidual (Nascimento *et al.*, 2012).

O número de clareiras com área menor de 150m², estimada usando o método “*niebla*”, que representa 80% (16) das estudadas, também reflete o fato da principal causa da criação de clareiras ser a queda de um ramo da copa. O espaço aberto no dossel tende a ser menor do que em áreas onde as mesmas são originadas, devido a queda de uma árvore, concordando com o padrão descrito por van der Meer & Bongers (1996) e Yamamoto (2000).

Quando agrupadas pelo estrato do dossel onde elas se desenvolvem, as espécies de palmeiras diferiram no número de plântulas encontradas nas

clareiras (ANOVA, $df=2$, $F= 3,859$, $p<0,05$) (Figura 6). O teste a posteriori (*Tukey*) mostrou que somente os estratos superior e inferior diferem entre eles, e o estrato médio não mostra diferença com estes. Este agrupamento das espécies mostra um gradiente de ocorrência das espécies dentro das clareiras, o qual declina com o tamanho das espécies como indicado por Svenning (2001).

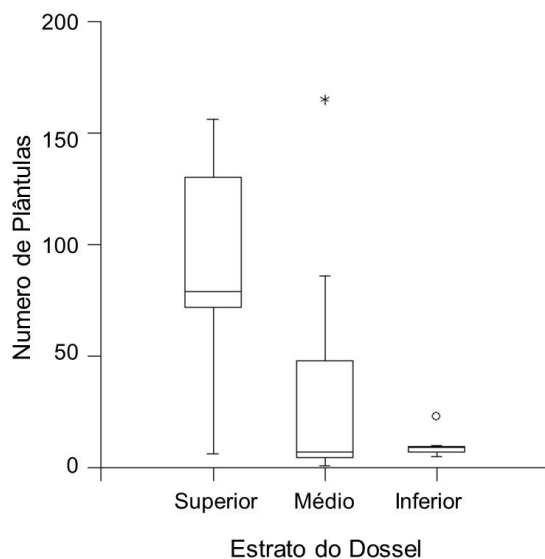


Figura 6. Número de plântulas de palmeiras andinas registradas dentro das clareiras, classificadas de acordo com o estrato do dossel ocupado, FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.

No dossel fechado foram encontradas espécies dos três estratos do dossel, superior, médio e inferior, isto reflete possivelmente as diferenças nos requerimentos de luz para cada espécie, sendo que as espécies que ocupam o estrato inferior do dossel e sub-bosque encontram-se adaptadas às condições de baixa luminosidade (Svenning, 2001, 2002, Yamamoto, 1992, 2000). Como resultado da criação das clareiras, estas espécies de palmeiras ficam mais expostas à luz do sol, e como consequência, não conseguem se desenvolver plenamente e acabam por morrer se as condições de luz não modificam para seu desenvolvimento (Svenning, 2001; 2002). Isso pode explicar o maior número de plântulas das espécies de palmeiras do estrato superior dentro da clareira e o contrario acontecendo para as palmeiras do estrato inferior. Entretanto, as espécies do estrato médio parecem não ter um padrão bem

definido. Esses resultados concordam com o registro nas clareiras de um maior número de plântulas de espécies típicas do dossel superior como *S. exorrhiza*, *E. precatória*, *I. deltoidea* e *W. anomala*, e espécies como *W. praemorsa* e *G. orbignyana* que ocupam o do dossel médio mas que apresentam alturas superiores a 8 metros.

A regeneração das palmeiras apresenta fraca relação com a declividade do terreno ($t=-2,094$; $p= 0.05$; $r^2= 0.20$). Indicando que existe uma tendência a diminuir a densidade de plântulas de palmeiras com o aumento da declividade do terreno onde foi criada a clareira, sendo que esta última explica somente 20% da variação nos dados (Figura 7). Estes resultados indicam que o efeito da declividade do terreno sobre a densidade de plântulas nas clareiras provavelmente esteja relacionado com uma menor probabilidade das sementes se fixarem no terreno devido à declividade. Mas o fato da declividade do terreno estar explicando 20% da variabilidade na densidade de plântulas, também indica que existem outros fatores que podem afetar a permanência e posterior germinação das sementes no microambiente da clareira como a maior exposição a predação, a competição por luz e nutrientes com outras plântulas e as condições do solo, dentre outros (Brown 1996; Schupp et al. 1989).

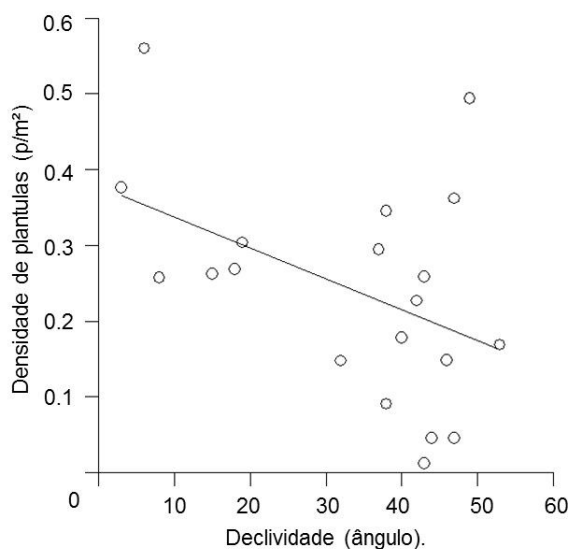


Figura 7. Relação entre densidade de plântulas de palmeiras e a declividade do terreno onde foi criada a clareira, FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.

A análise de agrupamento das plântulas e adultos de palmeiras presentes nas clareiras (Figura 87) indicou, com um nível de corte de 0,5, a existência de três grupos florísticos. A diferença entre a composição florística dos dois ambientes e a mistura de clareiras pertencentes às duas áreas nos grupos, confirmados na análise, indicam que a distribuição de espécies pode estar associada a outros fatores ambientais, como declividade, condições do solo ou outras variáveis ambientais. Os três grupos florísticos formados pelas espécies encontradas no dossel fechado, denotam a existência de uma comunidade heterogênea e que está representada por espécies ocorrendo em um grande número de amostras.

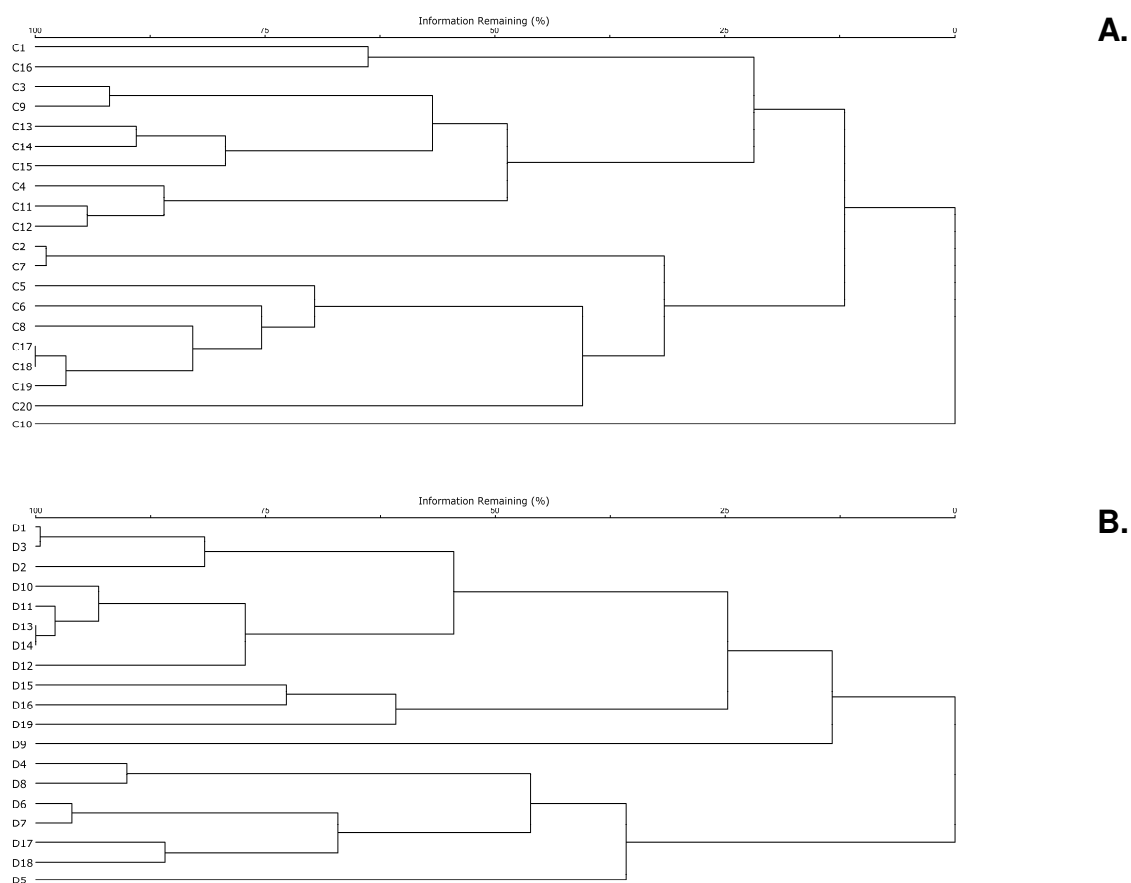


Figura 8. Análise de agrupamento usando o índice de Sorensen e a distância média do grupo (UPGMA) para a comunidade de palmeiras andinas (Arecaceae) amostradas em vinte clareiras naturais (A) e vinte áreas de dossel fechado (B) em Floresta Tropical Montana Nublada, Florencia, Caquetá, Colômbia.

6. Conclusões

A composição da família Areaceae registrada em FTMN é típica de palmeiras andinas com os gêneros *Geonoma*, *Wettinia* e *Aiphanes* mostrando a maior riqueza de espécies. Isto destaca a riqueza da família Areaceae, fornecedora de alimento para a fauna de FTMN, e sua importância como um grupo chave para o desenvolvimento de atividades de conservação, estudos ecológicos e aproveitamento de PFTM que elas provêm. A similaridade de 50%, de acordo com o índice de Sorensen, entre as palmeiras registradas nas duas áreas estudadas reflete a diferença na composição de espécies entre áreas pertencentes à mesma área floresta, e ratifica a importância de conservar grandes áreas de floresta de nuvens para assegurar a proteção de maior número de espécies.

O número de espécies e os valores de densidade encontrados em condições de clareiras naturais de FTMN indicam que esta perturbação no dossel favorece o processo de regeneração da comunidade de palmeiras andinas. Isto é reforçado pelo fato da densidade de palmeiras nas clareiras das duas áreas de FTMN variar entre 0,011 e 2,323 ind./m², com média de 0,395 ind./m², evidenciando a importância das clareiras como nicho de regeneração das palmeiras andinas, apresentando populações numerosas de plântulas nestes microambientes, concordando com exposto por Svenning (2001) para as palmeiras em Floresta Tropical Úmida na Amazônia.

O estrato do dossel ocupado pelas palmeiras andinas, superior, médio e inferior, afeta a presença de plântulas de palmeiras nas clareiras, de forma que para cada tipo de palmeiras as clareiras representam oportunidades diferenciadas para os processos de germinação e recrutamento, dependendo das suas adaptações às diferentes condições de luz onde elas se desenvolvem. Esse fenômeno ainda precisa ser mais bem estudado, já que, como encontrado neste estudo, as palmeiras do estrato médio parecem não ser influenciadas da mesma forma que as dos outros estratos, e outros fatores

bióticos e abióticos podem estar influenciando no processo de regeneração na clareira. A declividade do terreno também mostrou estar relacionado com densidade de plântulas de palmeiras nas clareiras, mas explicou pouco desta variação.

A riqueza de palmeiras observada na FTMN estudada, 21 espécies no total, e sua importância ecológica dentro deste ecossistema indica que este grupo taxonômico pode ser também empregado para outros tipos de estudos. Pesquisas sobre os processos de polinização, frugivoría, dispersão, produção de frutos, resposta à mudanças ambientais dentre outros, facilitando assim o entendimento dos fenômenos biológicos associados a este ecossistema. Essas espécies também podem ser incluídas em sistemas produtivos agroecológicos, mas para isto é necessário conhecer a fundo a biologia das espécies e suas possibilidades de aproveitamento, o que torna esta FTMN um ecossistema chave para pesquisas relacionadas com esses temas.

7. Referências Bibliográficas

- Alves, L.F. & Metzger, J.P. (2006) A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. *Biota Neotropica*, **6**, 1–26.
- Arriaga, L. (1988) Gap Dynamics of a Tropical Cloud Forest in Northeastern Mexico. *Biotropica*, **20**, 178–184.
- Babaasa, D., Eilu, G., Kasangaki, A., Bitariho, R. & Mcneilage, A. (2004) Gap characteristics and regeneration in Bwindi Impenetrable National Park , Uganda. *Journal of Ecology*, **42**, 217–224.
- Bernal, R. & Galeano, G. (2006) Endangerment of Colombian Palms (Arecaceae): change over 18 years. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **151**, 151–163.
- Borchsenius, F. & Moraes, M. (2006) Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae). *Botanica Economca de los Andes Centrales*, 412–433.
- Brokaw, N.V.L. (1982a) The Definition of Treefall Gap and Its Effect on Measures of Forest Dynamics. *Biotropica*, **14**, 158–160.
- Brokaw, N.V.L. (1982b) Treefalls: Frequency, Timing, and consequences. pp. 101–108.
- Brown, N. (1996) A gradient of seedling growth from the centre of a tropical rain forest canopy gap. *Forest Ecology and Management*, **82**, 239–244.
- Clinton, B.D., Boring, L.R. & Swank, W.T. (1994) Regeneration Patterns in Canopy Gaps of Mixed-Oak Forests of the Southern Appalachians: Influences of Topographic Position and Evergreen Understory. *American Midland Naturalist*, **132**, 308–319.
- Dransfield, J., Johnson, D. & Synge, H. (1988) *The Palms of the New World: a conservation status*. IUCN-WWF Plants Conservation Programme.
- Etter, A. (1998) Mapa general de ecosistemas de Colombia (1:2,000,000). *Informe Nacional Sobre el Estado de la Biodiversidad en Colombia 1997*.
- Fleury, M. & Galetti, M. (2004) Effects of microhabitat on palm seed predation in two forest fragments in southeast Brazil. *Acta Oecologica*, **26**, 179–184.
- Galeano, G. (1992) Patrones de Distribuicao das Palmeiras da Colombia. *Bull. Inst. Franc. Études Andines*, **21**, 599–607.

- Galetti, M., Zipparro, V. & Mrellato, P. (1999) Friting phenology and frugivory on the palm *Euterpe edulis* in a lowland atlantic forest of Brazil. *Ecotropica*, **5**, 115–122.
- Green, P.T. (1996) Canopy gaps in rain forest on Christmas Island , Indian Ocean : size distribution and methods of measurement. *Journal of Tropical Ecology*, **12**, 427–434.
- Halle, F., Oldeman, R.A.A. & Tomlinson, P.B. (1978) *Tropical Trees And Forests: An Archytectural Analysis*.
- Henderson, A. (2002) *Evolution and ecology of palms*. HENDERSON, A., G. GALEANO. The New York Botanical Garden Press, Bronx, Nueva York.
- Henderson, A., Galeano, G. & Bernal, R. (1995) *Guide to the Palms of The Americas*.
- Johnson, D. & IUCN/SSC, P.E.G. (1996) *Palms: their conservation and sustained utilization. Status Survey and Conservation*.
- Kahn, F. (1986) Life Forms of Amazonian Palms in Relation to Forest Structure and. *Biotropica*, **18**, 214–218.
- Kahn, F. & Granville, J.-J. de de. (1992) *Palms in Forest Ecosystems of Amazonia*. Springer-Verlag.
- Lima, R.A.F.D. (2005) Gap size measurement: The proposal of a new field method. *Forest Ecology and Management*, **214**, 413–419.
- Martins, S.V. (1999) Aspectos da dinamica de clareira em uma floresta estacional semidecidual no municipio de Campinas.
- Mccune, B. & Mefford, M.J. (2006) PC-ORD Multivariate analysis of ecological data.
- Meer, P.. J.. van der & Bongers, F.. (1996) Formation and Closure of Canopy Gaps in the Rain Forest at Nouragues , French Guiana. *Vegetatio*, **126**, 167–179.
- Moore, H.E. (1979) Endangerment at the specific and generic levels in palms. *Principes*, **23**, 47–64.
- Moraes, M., Galeano, G., Bernal, R., Baslev, H. & Henderson, A. (1995) Tropical Andean Palms Areaceae. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. (eds S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn), pp. 473–487. The New York Botanical garden.

- Narváez-Bravo, G. & León-Aristízabal, G. (2001) Caracterización y Zonificación Climática de la Región Andina. *Meteorología Colombiana*, **4**, 121–126.
- Nascimento, A.R.T., Araújo, G.M., Giroldo, A.B. & Silva, P.P.F. (2012) Gap Area and Tree Community Regeneration in a Tropical Semideciduous Forest. *Tropical Forests*. (eds P. Sudarshana, M. Nageswara-Rao & R.J. Soneji), p. 400. InTech.
- Niklas, K.J. (1992) *Plant Biomechanics: An Engineering Approach to Plant Form and Function*. The University of Chicago Press.
- Ott, R. & Juday, G.P. (2002) Canopy gap characteristics and their implications for management in the temperate rainforests of southeast Alaska. *Forest Ecology and Management*, **159**, 271–291.
- Pintaud, J.-C., Galeno, G., Baslev, H., Bernal, R., Borchsenius, F., Ferreira, E., Granville, J.-J. de, Mejia, K., Betty, M., Moraes, M., Larry, N., Stauffer, F.W. & Kahn, F. (2008) Las palmeras de América del Sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. *Revista Peruana de Biología*, **15**, 7–29.
- Poveda, G. (2004) La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, **28**, 201–222.
- Runkle, J.R. (1981) GAP regeneration in some old growth forest of the eastern unites estated.pdf.pdf. *Ecology*, **62**, 1041–1051.
- Salazar, I. (2010) Geografía económica de la región Andina Oriental. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional*, **121**, 1–56.
- Sanford, R.L., Braker, H.E. & Hartshorn, G.S. (2009) Canopy openings in a primary neotropical lowland forest. *Journal of Tropical Ecology*, **2**, 277–282.
- Schupp, E.W., Howe, H.F., Augspurger, C.K. & Levey, D.J.. (1989) Arrival and Survival in Tropical Treefall Gaps. *Ecology*, **70**, 562–564.
- Sterck, J. & Bongers, F. (2001) Crown development in tropical rain forest trees: patterns with tree height and light availability. *Journal of Ecology*, **89**, 1–13.
- Svenning, J.-C. (2002) Crown Illumination Limits the Population Growth Rate of a Neotropical Understorey Palm (*Geonoma macrostachys*, Arecaceae). *Plant Ecology*, **159**, 185–199.
- Svenning, J.C. (1999a) Microhabitat specialization in a species-rich palm community in Amazonian Ecuador. *Journal of Ecology*, **87**, 55–65.

- Svenning, J.C. (2001) On the Role of Microenvironmental Heterogeneity in the Ecology and Diversification of Neotropical Rain-Forest Palms (Arecaceae). *The Botanical Review*, **67**, 1–53.
- Svenning, J.C. (1999b) Recruitment of tall arborescent palms in the Yasuní National Park, Amazonian Ecuador: are large treefall gaps important? *Journal of Tropical Ecology*, **15**, 355–366.
- Swaine, M.D. & Hall, J.B. (1988) The mosaic theory of forest regeneration and the determination of forest composition in Ghana. *Journal of Tropical Ecology*, **4**, 253–269.
- Taberelli, M. & Mantovani, W. (1999) Clareiras Naturais e Riqueza de Espécies Pioneras em uma Floresta Atlântica Montana. *Revista brasileira de biologia*, **59**, 251–261.
- Tomlinson, P.B. (1990) *The Structural Biology of Palms*. Clarendon press oxford.
- Watt, A.S. (1947) Pattern and Process in the Plant Community. *The Journal Of Ecology*, **35**, 1–22.
- Whitmore, T.C. (1978) Tropical Trees as a Living Systems. *Tropical Trees as a Living Systems*. (eds P.B. Tomlinson & M.H. Zimmerman), pp. 639–656.
- Yamamoto, S.-I. (2000) Forest Gap Dynamics and Tree Regeneration. *Journal of Forest TRearchResearch*, **5**, 223–229.
- Yamamoto, S.-I. (1992) The Gap Theory in Forest Dynamics. *The Botanical Magazine*, **105**, 375–383.

ANEXOS
CAPÍTULO 1



Anexo 1.

Euterpe precatoria Mart. **a.** Inflorescência **b.** Habito **c.** Frutos verdes, sem polpa e maduros.

Dictyocaryum lamarckianum (Mart.) H. Wendl. **d.** Habito.

(Fotos: O. Perdomo)



Anexo 2.

Geonoma trigloch Burret. **a.** Habito **b.** Infrutescência. *Geonoma stricta* morf. *stricta* (Poit.) Kunth **c.** Habito. **d.** Infrutescencia. **e.** Frutos e corte de uma semente. (Fotos: O. Perdomo).



Anexo 3.

Geonoma orbignyana subsp. *Orbignyana* A. Henderson. **a.** Habito **b.** Folha. *Geonoma undata* Klotzsch. **c.** Habito. *Geonoma orbignyana* morfotipo *linearis* Mart. **d.** Inflorescência **e.** Planta.
(Fotos: O. Perdomo)



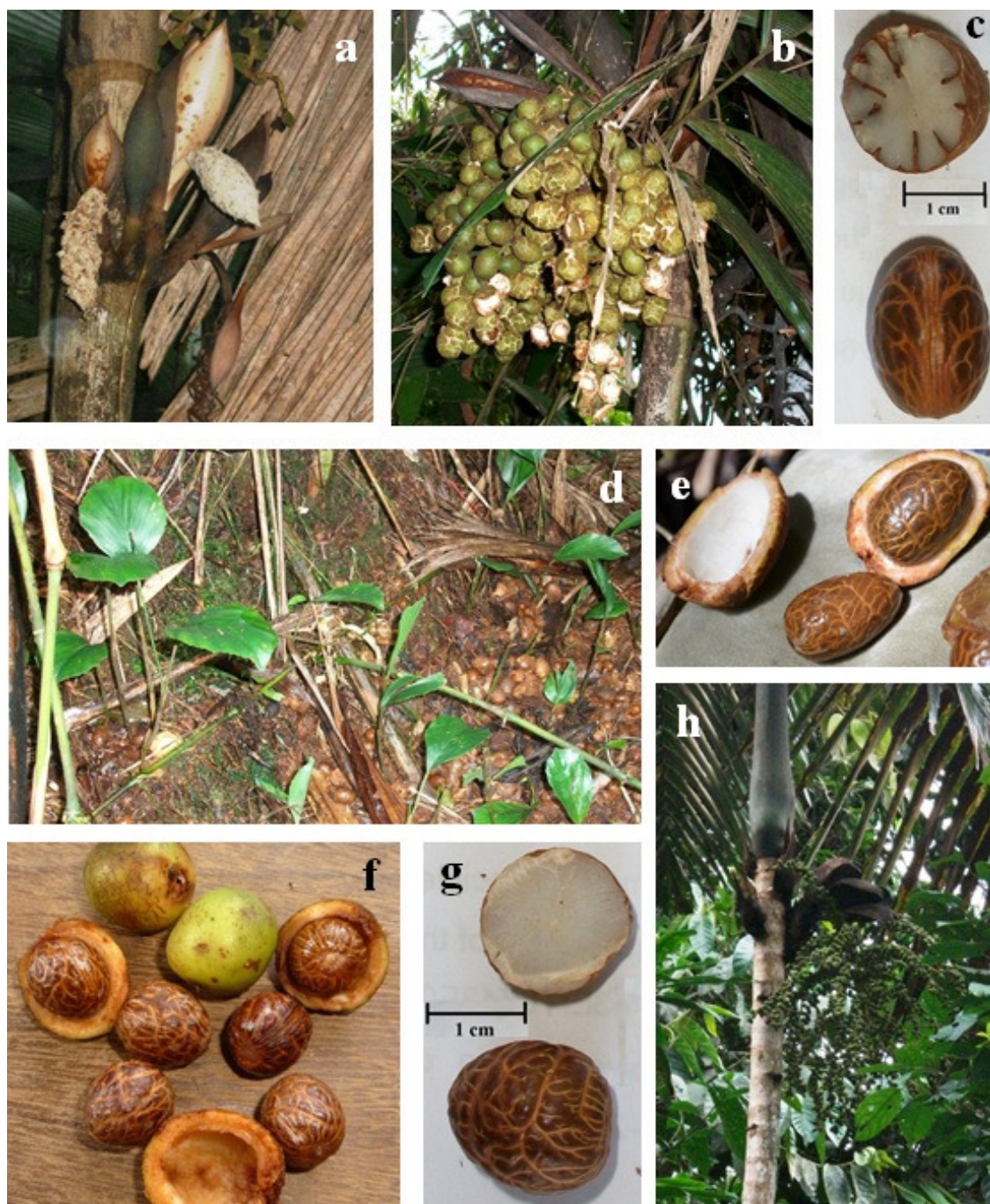
Anexo 4.

Iriartea detoidea Ruiz & Pav. **a.** Infrutescência **b.** Habito *Prestoea carderi* Hook.f. **c.** Frutos e inflorescência. **d.** Plântula. (Fotos: O. Perdomo)



Anexo 5.

Socratea exorrhiza (Mart.) H. Wendl. **a.** Habito. **b.** Semente **e.** Corte de Semente. *Wettinia fascicularis* (Burret) H.E. Moore & J. Dransf. **c.** Habito. **d.** Frutos (Fotos: O. Perdomo)



Anexo 6.

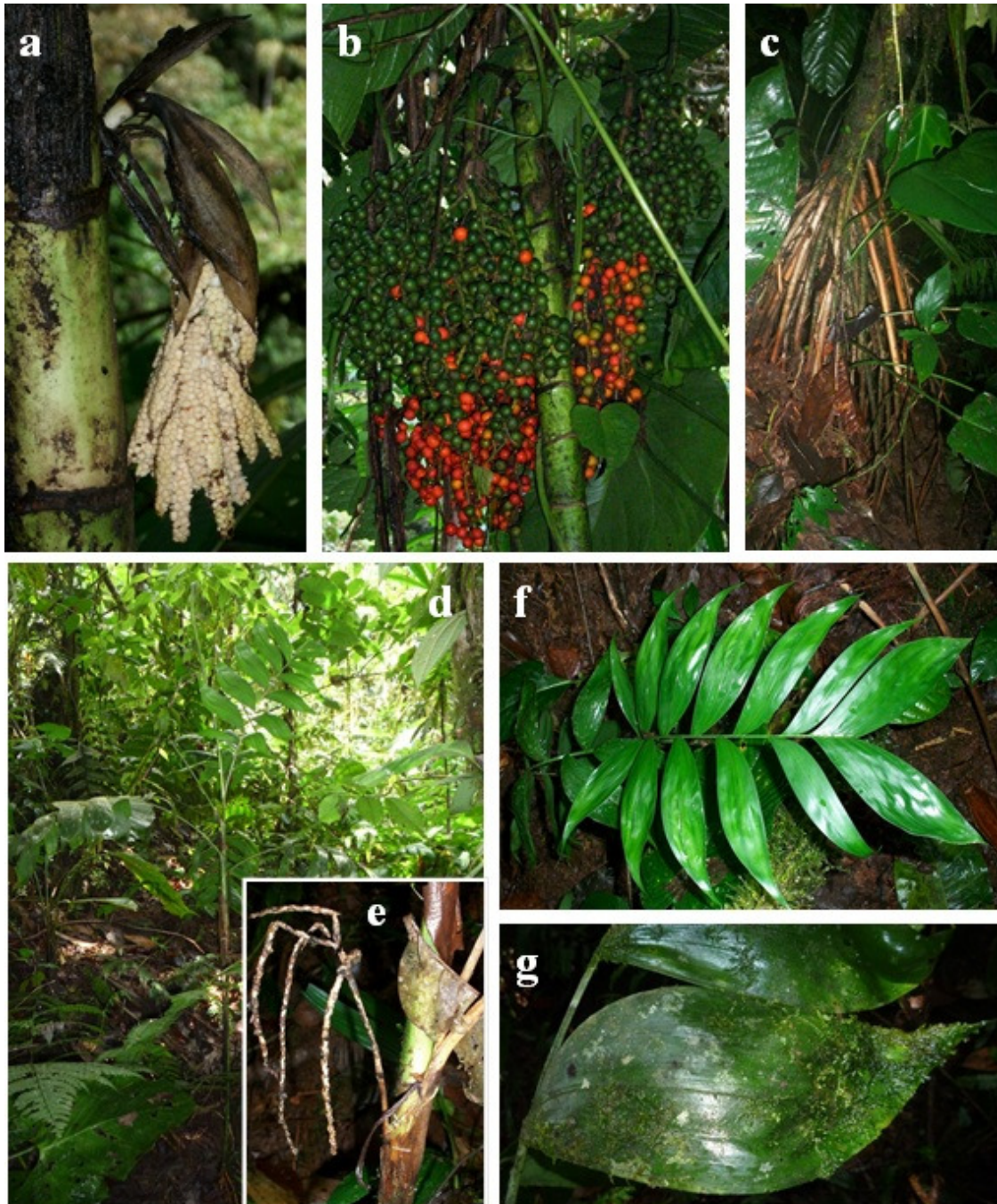
Wettinia praemorsa (Willd.)Wess.Boer **a.** Inflorescência. **b.** Infrutescência. **c.** Corte Semente
d. Plântulas. **e.** Frutos *Wettinia anomala* (Burret) R. Bernal. **f.** Frutos. **g.** Corte de Semente
h. Infrutescência.

(Fotos: O. Perdomo)



Anexo 7.

Geonoma macrostachys Mart. **a.** Habito **b.** Fruto. **c.** Inflorescência *Aiphanes ulei* (Dammer) Burret **d.** Habito *Aiphanes simplex* Burret **e.** Habito **f.** Inflorescência. (Fotos: O. Perdomo)



Anexo 8.

Chamaedorea linearis (Ruiz&Pav.)Mart. **A.** Inflorescência **b.** Infrutescência na planta **c.** Raiz
Chamaedorea pinnatifrons (Jacq.) Oerst. **d.**Habito. **e.**Infrutescência Seca. **f.**Plântula **g.** Pina.
 (Fotos: O. Perdomo)



Anexo 9.

Bactris setubosa H. Karst. a. Habito b. Infrutescência na planta. c. Raiz. d. Espinhos no Estipe. e. Folha
(Fotos: O. Perdomo)



Anexo 10.

Prestoea schultzeana (Burret) H.E.Moore. a. Habito b. Inflorescências e Infrutescência na planta. c. Pina. d, e. Inflorescência f. Raiz. g. Infrutescência. h. Frutos. (Fotos: O. Perdomo)

CAPÍTULO 2

STATUS DE CONSERVAÇÃO E ETNOBOTÂNICA DE PALMEIRAS ANDINAS NA FLORESTA DE NUVENS, FLORENCIA, CAQUETÁ, COLÔMBIA

**Uberlândia, MG
Dezembro - 2012**

1. Resumo

A Floresta Tropical Montana Nublada (FTMN) é um tipo de ecossistema de elevada biodiversidade e pouco conhecido, que ocorre geralmente em elevações superiores a 1000 metros e ocupa uma área total inferior a 0,5% da superfície terrestre. Dos países com maior diversidade de palmeiras (Arecaceae) a Colômbia destaca-se com mais de 200 espécies, 20 delas endêmicas dos Andes. A família Arecaceae é o grupo taxonômico que representa uma das maiores possibilidades de uso para o homem, devido a seu papel na história, e a importância de resgatar e proteger o conhecimento associado a elas que possuem as comunidades indígenas e camponesas. Os objetivos deste estudo foram: i) revisar o *status* de conservação das espécies de palmeiras presentes na comunidade estudada; ii) descrever os usos das palmeiras andinas pela comunidade “El Caraño”, Caquetá, Colômbia e iii) comparar os usos encontrados com os usos reportados na literatura em Florestas Tropicais na Colômbia. Para esta finalidade foram levantadas as espécies nativas de palmeiras andinas no entorno da comunidade camponesa, determinado o seu *status* de conservação e posteriormente aplicadas entrevistas etnobotânicas, procurando informações referentes aos seus usos. A comparação dos usos foi feita usando como base sete artigos publicados nos últimos cinco anos. Nenhuma das 21 espécies de palmeiras encontra-se em alto *status* de vulnerabilidade de acordo com a classificação da IUCN, e 33% delas encontram-se categorizadas como quase ameaçadas. Foram identificadas 13 categorias de uso para as 21 espécies de palmeiras. Os camponeses reportaram usos para 8 espécies e na revisão de literatura são mencionados usos para um total de 16 espécies. Foram identificados 6 tipos de usos para as palmeiras, sendo *Iriartea deltoidea* e *Wettinia anomala* as espécies com maior diversidade de usos. O presente estudo indicou que mais da metade das espécies presentes na área não são utilizadas, e mostra que esta comunidade camponesa está claramente subutilizando os recursos oferecidos pelas palmeiras nesta região. Isto representa uma perda do conhecimento sobre estas espécies e seus potenciais usos. Por outro lado, este cenário apresenta uma grande oportunidade para desenvolver programas de conservação da FTMN baseados no aproveitamento sustentável dos recursos oferecidos pelas diferentes espécies de palmeiras, que hoje são pouco aproveitados.

Palavras chave: conhecimento tradicional, usos potenciais, conservação.

2. Abstract

The Tropical Montane Cloud Forest (TMCF) is a high biodiversity ecosystem still poorly explored, it generally occurs above 100 meters of elevation, and occupies a total area of less than 0.5% of the land surface. One of the countries with the greatest diversity of palms (Arecaceae), Colombia stands out with more than 200 species, 20 endemics of the Andes. The Arecaceae family is the taxonomic group that represents more human uses possibilities due their role in history, and the importance of rescuing and protecting the knowledge of the indigenous and local communities. The objectives of this study were to review the conservation status of species of palms in the community studied, describe the uses of Andean Palms by the "El Caraño" community in Caquetá, Colombia, and compare these uses with that reported in the literature for Tropical Forests in Colombia. For this purpose native palm species surrounding the "El Caraño" community were inventoried, determined its conservation status and subsequently developed open ethnobotanical interviews, seeking information on its uses. A comparison of uses was made with seven articles published in the last five years. None of the 21 species of palms had high vulnerability status according to the IUCN classification, and 33% are categorized as Near Threatened. We identified 13 use categories for the 21 palm species. Farmers reported uses for eight species and literature review for a total of 16. Six palm uses types were mentioned, finding *Iriartea deltoidea* and *Wettinia anomala* as the greater diversity species uses. The present study indicated that more than half of the species present in the area are not used, and shows that the "El Caraño" community is clearly underutilizing the resources offered by palms in this region. This represents a knowledge loss about these species and their potential uses. Moreover, this scenario presents a great opportunity to develop conservation programs in TMCF based on sustainable use of resources offered by different species of palms.

Keywords: traditional knowledge, potential uses, conservation.

3. Introdução

As plantas tem desenvolvido um papel fundamental na vida do homem, usando elas desde o início da sua existência para suprir suas necessidades usando-as como alimento, remédio, vivenda e roupas, assim como em atos rituais e religiosos (Pino & Valois 2004). A família *Arecaceae* é o grupo taxonômico que mais possibilidades de uso representa para o homem. Tecidos de *Desmoncus cirrhifer* A.H. Gentry & Zardini, ataúdes do estipe de *Dictiocaryum lamarckianum* e folhas de *Geonoma orbygniana* usadas em adornos florais. Estes são somente alguns dos mais de 120 usos potenciais, mostrando que as palmeiras e seus produtos tem acompanhado o homem ao longo da história (Galeano & Bernal 2010).

A Etnobotânica é considerada como a ciência que investiga a relação entre as plantas e a cultura humana em diversos ambientes, é um instrumento para resgatar tradições milenárias sobre os usos das plantas e dar maior valor aos recursos vegetais (Pino & Valois 2004). A etnoecologia e outros enfoques etnocientíficos, se baseiam nos conhecimentos locais para gerar diálogos ou interfaces entre os saberes locais e acadêmicos relativos aos recursos naturais e seu manejo (da Silva *et al.*, 2011). A etnobotânica produz documentação muito importante no resgate do conhecimento sobre as plantas usadas pelos habitantes de uma determinada região, o qual é um passo importante no caminho da conservação da biodiversidade, garantindo a participação da comunidade em todos os processos (Estupiñan-Gonzalez & Jimenez-Escobar 2010). No uso das palmeiras pelo homem radica a importância etnobotânica deste grupo, é um legado das tribos americanas primitivas, aproveitada pouco pelas etnias subsequentes nos últimos quinhentos anos (Patiño 1997). A etnoecologia particularmente pode contribuir para o estudo do potencial de uso e do manejo de florestas tropicais e das formações savânicas pelas populações indígenas (Nascimento, 2009). Todos os ecossistemas são considerados como potencialmente produtivos, mas as técnicas para o seu potencial aproveitamento de forma racional ainda são pouco desenvolvidas (Anderson & Posey 1985).

As palmeiras, Família Arecaceae, são umas das plantas mais facilmente reconhecíveis, mesmo que sua variabilidade morfológica inclua indivíduos desde 50 cm até 70 m de altura (Garcia & Galeno 2005), e algumas palmeiras escandentes cujos estipes podem atingir até 180 m de comprimento (Henderson 2002). A diversidade alfa de palmeiras do planeta apresenta correlação positiva com a temperatura e precipitação e picos absolutos em diversidade alfa são encontrados perto da linha do equador (Borchsenius & Moraes 2006).

No contexto global da distribuição das palmeiras, e tendo em conta que elas se encontram entre 44°N e 44°S, podem ser caracterizadas como termocsmopolitas, sendo o continente sul-americano um dos maiores centros de diversidade (Pintaud et al. 2008). Encontram-se na América do Sul quatro das cinco subfamílias de Arecaceae: Calamoideae, Coryphoideae, Ceroxyloideae e Arecoideae, e três tribos e subtribos são endêmicas ou subendêmicas: Phytelpeae, Leopoldinieae e Mauritiinae (Dransfield *et al.*, 2005).

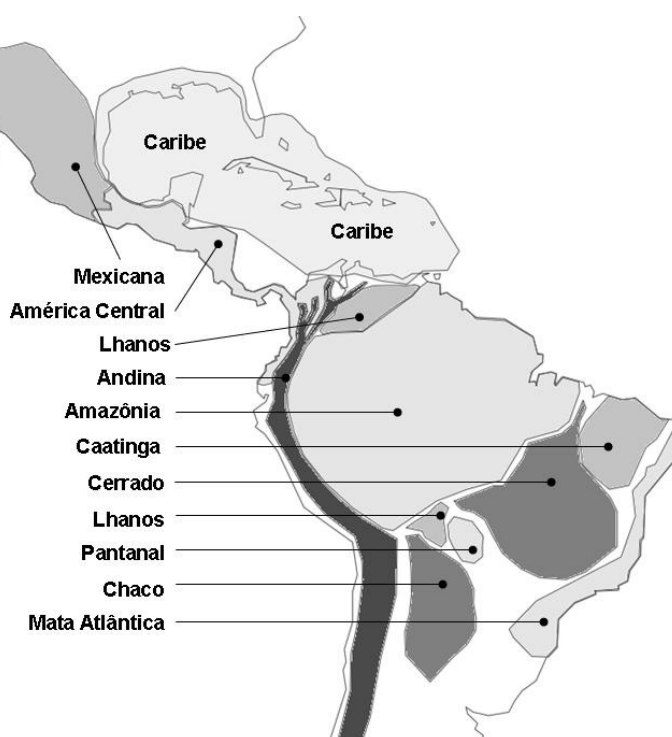


Figura 1. Delimitação das Regiões de distribuição de Arecaceae nos principais biomas terrestres nas Américas. (Adaptado de: Henderson *et al.*, 1995)

O mapa da figura 1 foi delineado por Henderson *et al.* (1995) para diferenciar as regiões de ocorrência das palmeiras e não correspondem estritamente com as regiões naturais. Nele, reconhece-se a região Andina, a qual estende-se na

América do Sul desde a Venezuela, passando pela Colômbia, Equador, Peru, Bolívia, Chile e chegando até a Argentina.

Muitas das espécies de palmeiras nativas da Colômbia são usadas de alguma forma em nível local, perto de vinte delas provem produtos comercializados (Bernal 1992). Todos os gêneros andinos apresentam uma ou mais categorias de uso, principalmente alimentar (frutos, palmito, óleos), medicinal, material para construção e diferentes tipos de artesanato (Borchsenius & Moraes 2006). Arecaceae, além de ser um grupo diverso e ecologicamente importante apresenta uma grande oportunidade para o aproveitamento sustentável dos recursos oferecidos, e desenvolvimento de projetos com vistas à conservação da FTMN.

Nos anos de 1987 e 2005 foram classificadas como ameaçadas um total de 39 espécies, das quais somente 16 da primeira lista estão presentes na segunda, as restantes foram reconhecidas como sinônimos ou sua distribuição foi mais bem estudada. Por outro lado, 23 novas espécies encontram-se ameaçadas, 10 delas são novas para a ciência e também novos registros ou novas ocorrências (Bernal & Galeano 2006). Estas classificações são de vital importância, visando a proteção das espécies e também dos recursos que elas fornecem. Do ponto de vista da conservação, as palmeiras apresentam características que fazem delas mais vulneráveis; o estipe, nas espécies não cespitosas, quando cortado ou danificado faz com que a planta morra; necessitam das condições do sub-bosque para seu desenvolvimento inicial; apresentam crescimento lento o que aumenta o tempo em estágio não reprodutivo; e algumas espécies são dióicas requerendo mais plantas para sustentar uma população viável (Garcia & Galeano, 2005).

Visto o papel desempenhado na história do homem, e a importância de resgatar e proteger o conhecimento que sobre elas possuem as comunidades indígenas e camponesas, os objetivos do presente capítulo foram; i) revisar o *status* de conservação das espécies de palmeiras presentes na comunidade estudada, ii), descrever os usos das palmeiras andinas pela comunidade “El Caraño”, Caquetá, Colômbia e iii) comparar esses usos com os usos reportados na literatura em Florestas Tropicais na Colômbia.

4. Materiais e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido na vertente leste da Cordilheira Leste dos Andes Colombianos, na comunidade camponesa “El Caraño” do Município de Florencia, Departamento de Caquetá, Colômbia. A área estudada foi descrita em detalhe no capítulo 1. O ecossistema estudado foi a Floresta Tropical Montana Nublada (FTMN), centrando o presente estudo no conhecimento dos usos das espécies da família *Arecaceae* pela comunidade camponesa habitante da FTMN. A coleta de informações sobre o uso das espécies de palmeiras foi baseada no conhecimento pela comunidade camponesa “El Caraño” que habita na área de FTMN do município de Florencia, no departamento de Caquetá, Colômbia. O processo de coleta de dados foi desenvolvido de acordo com a metodologia adaptada de Alexiades (1996), Cotton (1997) e Martin (2001) e respeitando o código de ética da Sociedade Internacional de Etnociências.

Para estabelecer relações com a comunidade objeto de estudo, conhecer um pouco dos seus costumes e fazer uma apresentação do estudo para seu conhecimento e aprovação, foi convocada uma reunião na escola da comunidade. Neste primeiro contato com os camponeses também foram identificadas preliminarmente e contatadas algumas das pessoas que poderiam ter maiores conhecimentos, geralmente os idosos, fonte valiosa de informação para o presente estudo.

O *status* de conservação das espécies reportadas para esta FTMN no capítulo 1, foi descrito usando os reportes da IUCN dos anos 1987 e 2005. Para o levantamento etnobotânico foram utilizadas entrevistas abertas, desenvolvidas como uma conversa informal com as pessoas em suas casas ou nos lugares de trabalho, buscando não interferir com as suas atividades diárias. A entrevista girou em torno das espécies de palmeiras presentes na região e como são usadas nas diversas atividades desenvolvidas em seu dia a dia, e nos conhecimentos que cada entrevistado possui ainda que eles não sejam levados em prática. Este processo foi iniciado após dois meses de trabalho de campo nas áreas, quando a comunidade objeto do estudo mostrou confiança e reconheceu a importância da pesquisa e seu desenvolvimento. Uma vez concluído o presente estudo será desenvolvida uma reunião com a comunidade de “El Caraño”, onde serão apresentados os resultados

obtidos no estudo e as possibilidades que as palmeiras apresentam para o desenvolvimento sustentável e a conservação da FTMN nesta comunidade camponesa.

Visando a comparação entre o presente estudo e os trabalhos mencionados pela literatura foram consultadas as seguintes fontes: “Palmas de Colombia, Guia de Campo” (Galeano & Bernal 2010), na qual os autores fazem uma recopilação dos usos por comunidades indígenas e camponesas na Colômbia, e seis outros artigos (Cortés *et al.*, 2010; Feuillet *et al.*, 2011; Frausin *et al.*, 2010; Mesa C., 2011; Pino & Valois, 2004; Ramirez & Galeano, 2010) publicados na última década envolvendo os usos de plantas em diversas comunidades de distintas regiões naturais da Colômbia. Os usos reportados em cada caso foram registrados e tabulados de acordo as categorias de uso empregadas neste estudo objetivando uma comparação com os usos mencionados pelos entrevistados da comunidade “El Caraño”.

5. Resultados e Discussão

No levantamento dos indivíduos da família Arecaceae, desenvolvido no capítulo 1 e que abrangeu um área de 1,7 hectares, foram encontradas um total de 21 espécies, pertencentes a 11 gêneros (Tabela 1). Foram registradas na área de estudo 40% (2/5) das subfamílias a família Arecaceae reportadas para o continente americano; Ceroxyloideae e Arecoideae. Dentro destas duas famílias são reportados um total de 11 dos 67 gêneros (16%), com representantes em 50% (5/10) das tribos, de acordo com a classificação apresentada por Henderson et al. (1995).

Tabela 1. Espécies amostradas neste estudo para a FTMN, incluindo status de vulnerabilidade para os anos 1987 e 2005 de acordo com IUCN.

Espécies	Vulnerabilidade - IUCN	
	1987	2005
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) Mart.	-	NT
<i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Jacq.) Oerst.	VU	LC
<i>Dictyocaryum lamarckianum</i> (Mart.) H. Wendl.	NT	LC
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	NT	LC
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	NT	LC
<i>Wettinia anomala</i> (Burret) R. Bernal	-	LC
<i>Wettinia fascicularis</i> (Burret) H.E. Moore & J. Dransf.	EN	LC
<i>Wettinia praemorsa</i> (Willd.) Wess. Boer	-	NT
<i>Euterpe precatória</i> Mart.	NT	LC
<i>Prestoea carderi</i> Hook. f.	-	NT
<i>Prestoea schultzeana</i> (Burret) H. E. Moore	-	LC
<i>Hyospathe elegans</i> morfotipo <i>elegans</i> Mart.	NT	LC
<i>Aiphanes simplex</i> Burret	VU	NT
<i>Aiphanes ulei</i> (Dammer) Burret	-	LC
<i>Bactris setulosa</i> H. Karst.	-	LC
<i>Geonoma macrostachys</i> Mart.	NT	LC
<i>Geonoma orbignyana</i> morfotipo <i>linearis</i> Mart.	-	NT
<i>Geonoma stricta</i> morf. <i>stricta</i> (Poit.) Kunth	-	LC
<i>Geonoma triglochis</i> Burret	IK	NT
<i>Geonoma undata</i> Klotzsch	EN	LC
<i>Geonoma wilsonii</i> Galeano & R. Bernal	-	NT

Adaptado de: Henderson et al (1995), Bernal & Galeano (2006) e Henderson (2011).

Nenhuma das espécies encontra-se em alto status de vulnerabilidade de acordo com a classificação da IUCN (2005) (Tabela 1). Das 21 espécies da Família Arecaceae encontradas neste estudo, o 33% (7 espécies) encontram-se categorizadas como quase ameaçada (NT), são elas; *Chamaedorea linearis*, *Wettinia praemorsa*, *Prestoea carderi*, *Aiphanes simplex*, *Geonoma orbignyana* morfotipo *linearis* e *Geonoma wilsonii*. Descata-se que o gênero *Geonoma* tem duas

das seis espécies presentes na categoria de quase ameaçada (NT). Com relação a classificação de 1987, dez espécies novas foram introduzidas nas categorias da IUCN, cinco delas na categoria de quase ameaçada. Da classificação de 1987 foram mantidas três espécies em relação a publicação de 2005 (Tabela 5).

Estas observações destacam a importância do ecossistema de FTMN para as espécies da família *Arecaceae* devido à vulnerabilidade destas espécies na área de estudo. Devido a sua importância e influência das FTMN sobre o regime hídrico, somado a sua importância para a conservação da biodiversidade, estas áreas devem contar com maior atenção por parte das entidades do governo encarregadas da sua conservação e manejo. Os Andes colombianos são os mais afetados pelo desmatamento e apresentam o maior número de espécies endêmicas, com a maior parte destas espécies de palmeiras hoje estando no limite de ameaça da sua manutenção nestas comunidades (Galeano & Bernal 2010).

Durante a presente pesquisa foram desenvolvidas 27 entrevistas etnobotânicas abertas a pessoas maiores de idade da comunidade “El Caraño”, habitantes da FTMN. Foram entrevistados 10 mulheres, com idades entre 24 e 57 anos, e 17 homens entre 18 e 61 anos (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação etária dos entrevistados na comunidade camponesa “El Caraño”, Florencia, Caquetá, Colômbia.

Sexo	Entrevistados	Media	Idade Max.	Idade Min.
<i>Mulher</i>	10	43.1	57	24
<i>Homem</i>	17	43.5	61	18

Entre os entrevistados somente 22% (3 homens e 3 mulheres) moram na comunidade há mais de 20 anos, o restantes 88% (21 pessoas) moram entre 2 e 17 anos na área estudada, com uma média de 9.5 anos. Isto indica que a maior parte da população da comunidade “El Caraño” esta a menos de uma década morando na área e convivendo com o entorno natural da FTMN. Esta observação coincide com o período no qual a violência da Colômbia gerou o fenômeno do deslocamento de populações camponesas e indígenas devido às pressões da guerra nas áreas onde eles moravam (Tokatlian & Alfonsín, 2000).

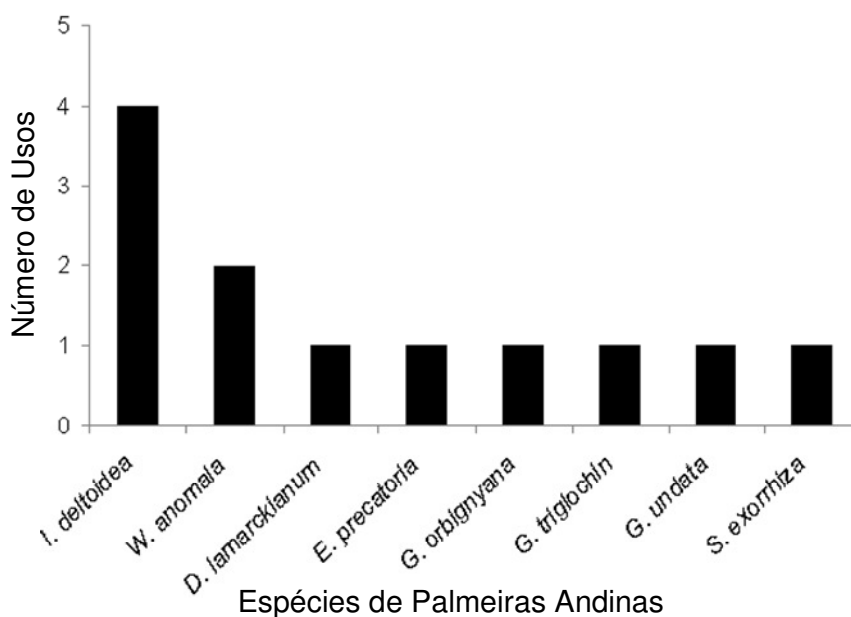


Figura 2. Espécies de palmeiras andinas com usos reportados nas entrevistas etnobotânicas, Comunidade “El Caraño”, Florencia, Caquetá, Colômbia.

Nas entrevistas foram mencionados usos para somente 8 (40%) espécies de palmeiras andinas dentre as 21 encontradas no inventário relatado no capítulo 1. As espécies com maior número de de usos foram *Iriartea deltoidea* (4) e *Wettinia anomala* (2). As restantes seis espécies, *Euterpe precatoria*, *Socratea exorrhiza*, *Geonoma orbignyana*, *Dictyocaryum lamarckianum*, *G. undata* e *G. triglochis*, foram mencionadas somente por um dos entrevistados (Figura 2). Isto indica que a comunidade camponesa que habita nesta FTMN possui pouco conhecimento tanto das espécies de palmeiras encontradas no seu entorno quanto dos usos que elas têm, não aproveitando os recursos que estas plantas oferecem.

O potencial de utilização das palmeiras reportado nas entrevistas indicou um total de 13 categorias de uso. O uso mais frequente dado as palmeiras pela comunidade “El Caraño” foi a construção (Figura 3), com 4 espécies, *Dictyocaryum lamarckianum*, *Socratea exorrhiza*, *Iriartea deltoidea* e *Geonoma stricta*. Destas espécies são usadas as folhas e estipes, excetuando a última que são usadas somente as folhas. Usos comuns foram descritos para 3 espécies; *W. anomala* e *E. precatoria*, cujas folhas são tecidas e usadas para confeccionar capas de chuva na floresta; e *I. deltoidea* cujo estipe oco é usado como cano para canalização de água.

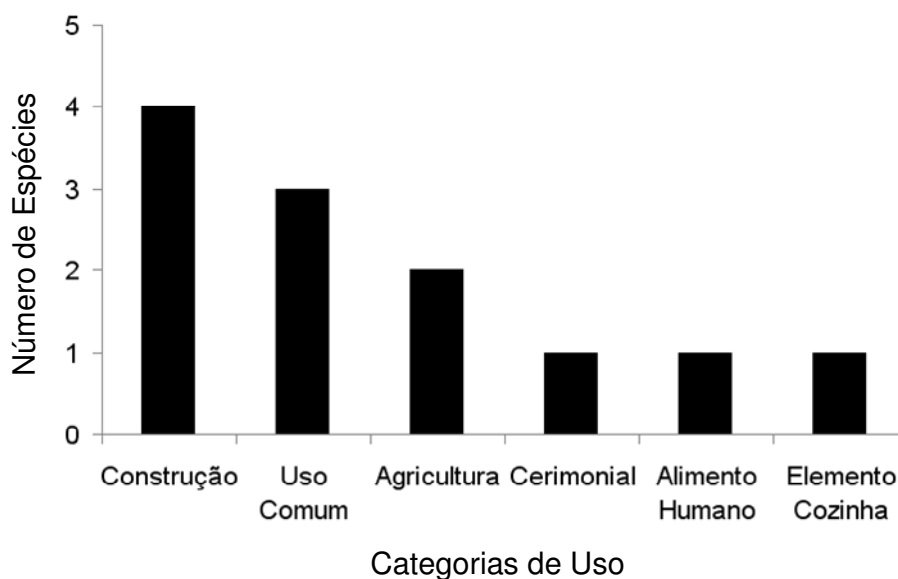


Figura 3. Número de espécies reportadas por categoria de uso nas entrevistas etnobotânicas em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.

Na categoria de agricultura foram mencionadas 2 espécies, *G. orbignyana* na qual o estipe é usado como tutor nas hortas e *I. deltoidea* a qual é mencionada como indicadora de solos férteis, sendo comum a derruba de áreas com alta densidade desta espécie para usar para agricultura e posteriormente para pecuária. As folhas, após a derrubada da floresta, são usadas como sombreamento para as semeaduras do cultivo a ser instalado (Figura 3).

As folhas de *W. anomala* reportaram uso cerimonial, já que usadas em algumas ocasiões na celebração do domingo de ramos da semana santa. O capitel dos indivíduos jovens de *I. deltoidea* é cozido, temperado e utilizado como palmito na alimentação humana. A raiz e a base do estipe de *G. triglochin* são usados como “molinillo”, artefato usado para misturar os ingredientes usados na preparação do “chocolate”, uma bebida quente de cacau usualmente misturada com leite. As 7 categorias de uso restantes não apresentaram nenhuma espécie sendo utilizada pela comunidade, indicando uma perda do conhecimento a respeito das formas em que as palmeiras podem ser usadas. As entrevistas mostraram que em média os entrevistados conhecem usos para somente 2,7 espécies presentes no entorno da

comunidade, sendo que em média as mulheres reportam 2,3 espécies e os homens 3,1. Foram mencionados usos das palmeiras em 46% (6) das categorias de uso.

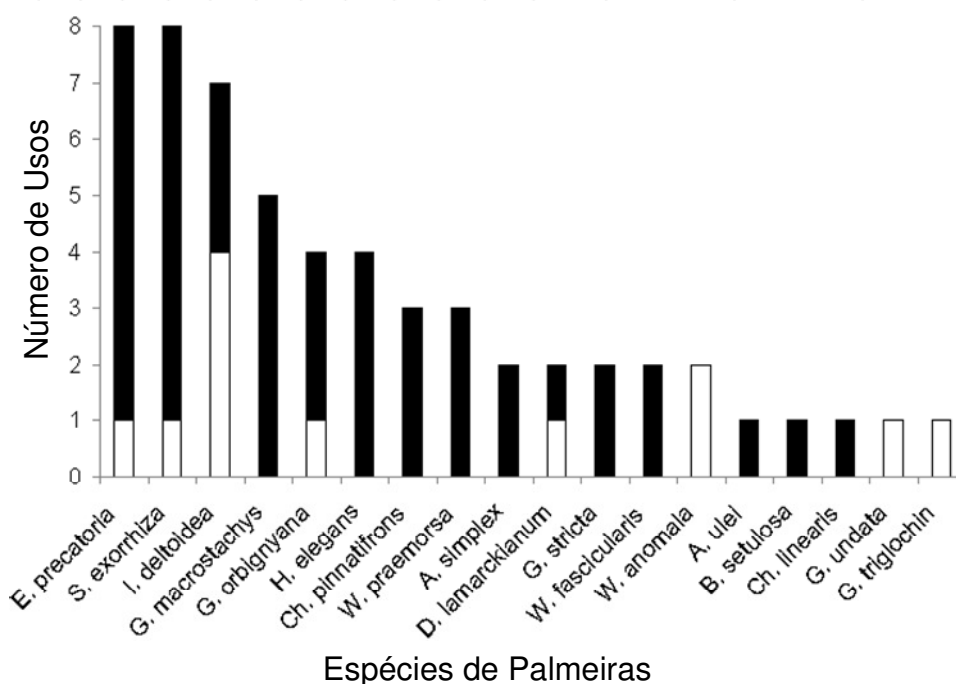


Figura 4. Número de usos para as espécies de palmeiras andinas reportadas nas entrevistas (branco), na revisão (total da coluna) e a diferença de usos entre os dois itens avaliados (preto), em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.

Para as 21 espécies de palmeiras encontradas no levantamento, foram reportados pelos camponeses usos para 38% (8) delas e na revisão de literatura foram mencionados usos para um total de 80% (16) dessas espécies (Figura 4). Isto adverte que as palmeiras são um recurso diverso e abundante no entorno da comunidade camponesa, e que esta não possui o conhecimento necessário das utilidades que elas tem, um outro indicativo que a transmissão de conhecimentos não está acontecendo e possivelmente está repercutindo no conhecimento atual deste grupo na comunidade habitante desta FTMN.

Também foram reportados pela comunidade um total de 12 usos (0,57usos/sp.), frente a 54 (2,57usos/sp.) encontrados na revisão para a comunidade de palmeiras estudada. Das 13 categorias utilizadas os camponeses reportaram usos em 46% (6) delas, na revisão de literatura foram encontrados usos para o 100% das espécies (Figura 5).

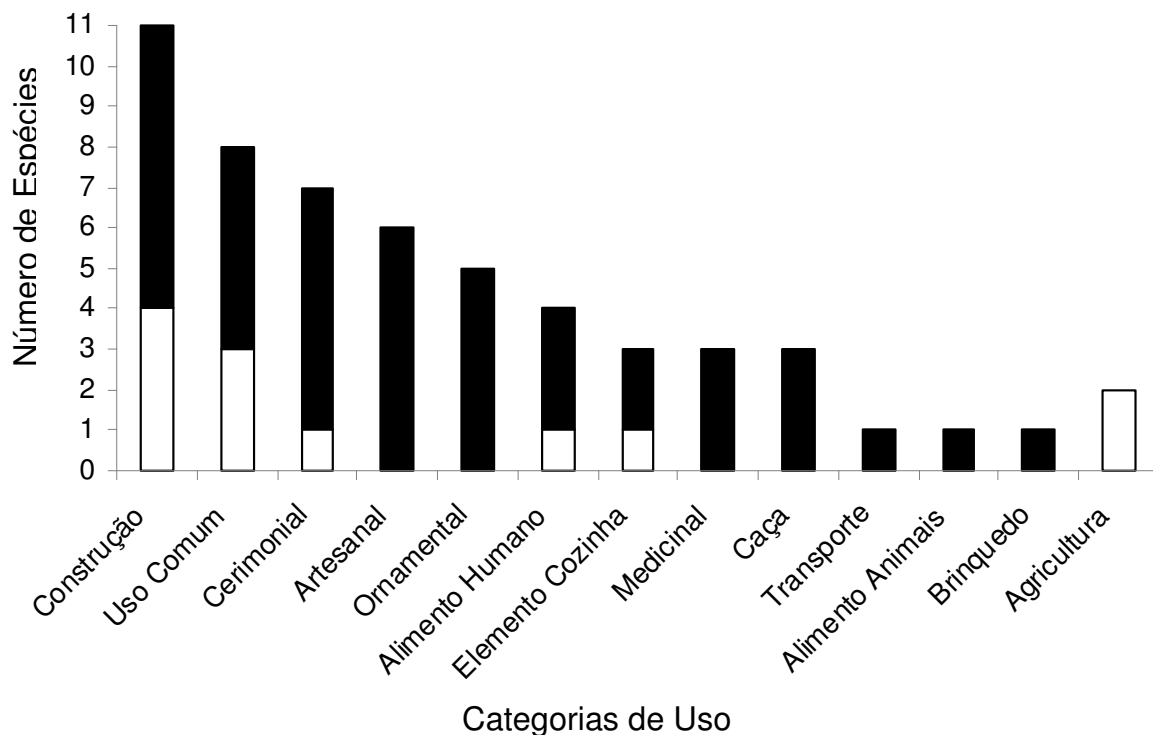


Figura 5. Espécies de palmeiras andinas por categoria de uso reportadas nas entrevistas (branco), na revisão (total da coluna) e a diferença de espécies entre os dois itens avaliados (preto), em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.

Os resultados da comparação indicam que a comunidade possui pouco conhecimento das espécies de palmeiras andinas presentes no seu entorno natural e sobre o seu potencial de utilização. Isto sugere que a transmissão do conhecimento dentro da comunidade não está acontecendo de forma adequada ou que este conhecimento está sendo perdido por alguma causa. A diferença na média de usos por espécie entre os camponeses (0,57) e a literatura revisada (2,57), revela um número de usos por espécie muito baixo na comunidade estudada, o qual somado ao desconhecimento das espécies de palmeiras ocorrendo nesta área, evidencia que o aproveitamento destes recursos é de somente a metade (8) das espécies com usos reportados (16). Por outro lado, o fenômeno do deslocamento das comunidades pela violência do conflito interno na Colômbia, obrigou a mudança entre locais, inutilizando muitos conhecimentos adquiridos previamente, devido à mudança de espécies e comunidades encontradas no novo lugar de habitação.

6. Conclusões

Foram identificadas nesta comunidade de palmeiras andinas, segundo a classificação da IUCN (2005) sete espécies na categoria de quase ameaçadas (*Near Threatened*) ressaltando a necessidade de implementar ações para a conservação da FTMN, visando a proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade pouco conhecida deste tipo de vegetação.

Das 21 espécies de palmeiras andinas somente 8 (38%) foram reportadas nas entrevistas etnobotânicas com algum tipo de uso. Entre as espécies de palmeiras somente 6 foram categorizadas com algum tipo de uso, mostrando que a comunidade “El Caraño” tem conhecimento limitado das palmeiras do seu entorno e dos recursos que elas oferecem. Em publicações sobre o tema na última década foram encontrados em total 54 tipos de uso para 16 das 21 espécies de palmeiras registradas. A elevada diversidade de palmeiras andinas e baixo uso destas pelos camponeses é um problema recorrente nas florestas andinas ocasionado pelo deslocamento das comunidades pela violência e o pouco conhecimento acerca dos recursos vegetais nas novas áreas.

O fato de muitas famílias morarem na FTMN há relativamente pouco tempo é um fenômeno que sem dúvida repercute no conhecimento que as pessoas têm do ecossistema, e do uso que eles dão aos recursos naturais que este fornece. O conhecimento que eles tinham sobre o aproveitamento da floresta e outros ecossistemas nas suas regiões de origem, tem pouca aplicação neste novo entorno. A FTMN pode ser diferente e mais diversificada que sua região de origem podendo resultar numa subutilização e subvalorização do entorno natural onde foram forçados a morar.

Devido a sua capacidade de se desenvolver nos dois microambientes (clareiras naturais e sub-bosque), e ao fato de poucas delas atingirem o dossel, as palmeiras podem ser incluídas em sistemas agroflorestais visando o aproveitamento racional da FTMN. A diversidade deste grupo na área estudada representa uma valiosa ferramenta para o aproveitamento dos seus produtos florestais não madeireiros. Quando aproveitadas *in situ* e incluídas em sistemas agroflorestais a valorização das palmeiras andinas e os seus usos auxiliariam na conservação deste importante grupo e, conseqüentemente, na manutenção do ecossistema de FTMN.

7. Referências Bibliográficas

- Alexaides, N.M. (1996) *Selected guidelines for ethnobotanical research: a field manual*. New York Botanical Garden.
- Anderson, A.B. & Posey, D.A. (1985) Manejo de cerrado pelos índios Kayapó. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi*, **2**, 77–98.
- Bernal, R. (1992) Colombian Palm Products. *Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products*. (eds M. Plotkin & L. Famolare), pp. 158–172. Conservation International - Island Press.
- Bernal, R. & Galeano, G. (2006) Endangerment of Colombian Palms (Arecaceae): change over 18 years. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **151**, 151–163.
- Borchsenius, F. & Moraes, M. (2006) Diversidad y usos de palmeras andinas (Arecaceae). *Botanica Economica de los Andes Centrales*, **1**, 412–433.
- Cortés, W.A., García, C.H., Ortiz, A.H., Bernal, J.G., Rodríguez, J.G. & Gutiérrez, L.L. (2010) Caracterización y usos tradicionales de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en el corredor de conservación Guantiva - La Rusia - Iguaque. *Revista Colombiana Forestal*, **13**, 117–140.
- Cotton, C.M. (1997) *Ethnobotany Principles and Applications*. School of Life Science, Roehampton Institute.
- Cruz, J.M. (2000) Violencia, democracia y cultura política. *Sociedad*, **167**, 132–146.
- Dransfield, J., Uhl, N.W., Asmussen, C.B., Baker, W.J., Harley, M., Lewis, C.E., Asmussen, B. & Baker, J. (2005) A new phylogenetic classification of the palm family, Arecaceae. *Kew Bulletin*, **60**, 559–569.
- Estupiñan-Gonzalez, A.C. & Jimenez-Escobar, D.N. (2010) Uso de las Plantas por Grupos Campesinos en la franja tropical del Parque Nacional Natural Paramillo (Córdoba, Colombia). *Caldasia*, **32**, 21–38.
- Feuillet, C., Macias, D. & Chito, E. (2011) Plantas Útiles Para la elaboración de artesanías en el Departamento del Cauca (Colombia). *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, **15**, 40–59.
- Frausin, G., Trujillo, E., Correa, M.A. & Gonzalez, V.H. (2010) Plantas Útiles en Una Comunidad Indígena MURUI-MUINANE desplazada a la ciudad de Florencia (Caqueta - Colombia). *Mundo Amazonico*, **1**, 267–278.
- Galeano, G. & Bernal, R. (2010) *Palmas de Colombia. Guía de Campo*. (H Baslev, Ed.). Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- García, N. & Galeno, G. (2005) *Libro Rojo de Plantas Fanerógamas de Colombia, Vol. 2: Palmas, Frailejones y Zamias*. Instituto de Investigaciones científicas Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.

- Henderson, A. (2002) *Evolution and ecology of palms*. The New York Botanical Garden Press, Bronx, Nueva York.
- Henderson, A., Galeano, G. & Bernal, R. (1995) *Field Guide to the Palms of The Americas*. Princeton University Press, Chichester, West Sussex. 421 pp.
- Martin, G.J. (2001) *Etnobotánica, Manual de Métodos*. UNESCO - Royal Botanical Gardens.
- Mesa C., L.I. (2011) Etnobotánica de Palmas en la Amazonia Colombiana: Comunidades Indígenas Piapocos del río Guaviare, como estudio de caso. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Colombia.122 pp.
- Nascimento, R.T. (2010) Riqueza E Etnobotânica De Palmeiras No Território Indígena Krahô, Tocantins, Brasil. *Floresta*, **40**, 209–220.
- Patiño, V.M. (1997) Datos etnobotánicos sobre algunas palmeras de la america intertropical. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, **21**, 7–23.
- Pino, N. & Valois, H. (2004) Ethnobotany of Four Black Communities of the Municipality of. *Lyonia*, **7**, 62–69.
- Pintaud, J.-C., Galeno, G., Baslev, H., Bernal, R., Borchsenius, F., Ferreira, E., Granville, J.-J. de, Mejia, K., Betty, M., Moraes, M., Larry, N., Stauffer, F.W. & Kahn, F. (2008) Las palmeras de América del Sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. *Revista Peruana de Biología*, **15**, 7–29.
- Ramirez, G. & Galeno, G. (2010) Estudio de las comunidades de Palmas en dos regiones fitogeográficas del Chocó-Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Colombia.90 pp.
- Silva, R.R., Marangon, L.C. & Alves, A.G. (2011) Entre a etnoecologia e a silvicultura: o papel de informantes locais e cientistas na pesquisa florestal. *Interciencia*, **36**, 485–492.
- Tokatlian, J. & Alfonsín, R. (2000) *Globalización, narcotráfico y violencia: Siete ensayos sobre Colombia*. Editorial Norma, Bogotá D.C. Colombia. 314 pp.

CAPÍTULO 3

**UM NOVO MÉTODO PARA ESTIMATIVA DE ÁREA DE CLAREIRAS
NATURAIS E SUA INSERÇÃO EM UMA FERRAMENTA DE BASE S.I.G.**

**Uberlândia, MG
Dezembro – 2012**

1. Resumo

O dossel florestal é um subsistema estruturalmente complexo e ecologicamente crítico, definido como a combinação entre fatores bióticos e abióticos como folhagem, ramos, flora e fauna associadas e as correntes de ar dentro do espaço entre o solo e a parte superior do dossel. Diferentes autores têm desenvolvido métodos para estimar a área de clareiras. Estes métodos variam em acurácia e aplicabilidade dependendo das condições ambientais da área de estudo, também se necessita de ferramentas que permitam estudar de forma mais detalhada as clareiras tendo em vista as suas variações microambientais. Os objetivos deste estudo foram: i) apresentar um novo método para estimativa da área de clareiras adaptado às condições ambientais dos Andes Colombianos, ii) associar este método com uma ferramenta de base SIG para gerar os modelos em três dimensões das clareiras, e iii) testar na ferramenta de base SIG a acurácia do método e comparar com os métodos mais comuns. Para isto foram coletados os dados da clareira como especificado na metodologia aqui proposta, visando a utilização dos dados num assistente de desenho por computador. O método “niebla” para estimativa de área mostrou praticidade na sua aplicabilidade e acurácia nas estimativas quando comparado com outros métodos. A inserção deste método em uma ferramenta SIG permitiu gerar imagens das clareiras em duas e três dimensões que facilitaram observar algumas características estruturais das clareiras. As imagens geradas possibilitaram identificar nas clareiras áreas onde não foram registradas plântulas de palmeiras, possivelmente devido aos restos de galhos e troncos depositados no solo após a criação da clareira. Estes podem eliminar algumas plântulas e criar uma barreira física para a germinação e o seu crescimento. Estes padrões de distribuição das plântulas na clareira podem estar sendo definidos por outro tipo de fatores necessitando de maiores estudos destes microambientes para uma melhor compreensão dos fenômenos a ele associados. **Palavras chave:** regeneração, palmeiras, ecologia do dossel.

2. Abstract

The canopy forest is a structurally complex and ecologically critical subsystem, defined as the combination of biotic and abiotic factors such as foliage, branches, associated flora and fauna and airstream within the space between the ground and the canopy top. Different authors have developed methods to estimate canopy gap area at ground level and in the upper canopy, due to influences of this data in the understanding of many biological processes in this microenvironment. These methods vary in accuracy and applicability depending on the study area conditions and new tools to study the canopy gaps and their microenvironmental variation are needed. The objectives of this study were to present a new method to estimate canopy gap area adapted to the Colombian Andes environmental conditions, to link this method with a GIS based tool to generate canopy gap models and finally test the tool observing the niebla method accuracy and analyzing canopy gaps patterns. Thus data was collected from the canopy gap as specified in this proposed methodology, aiming to use the data in a computer assistant design. The niebla method show practicality, applicability and accuracy estimates when compared with other methods. The insertion of this method in the GIS tool allowed generating canopy gap images in two and three dimensions that helped observation of its characteristics. The generated images allow identifying areas with no palm seedling registered, likely due to debris deposited on the ground after the creation of the clearing, which eliminate some seedlings and forms a physical barrier to germination and growth. These patterns of seedling distribution in the clearing may be caused by other factors such as light, litter layer, slope, whereby is crucial to diversify the studies for a better understanding of the phenomena taking place in these microenvironments.

Keywords: microenviromental heterogeneity, regeneration, Arecaceae

3. Introdução

O dossel florestal contém a maior diversidade de organismos na terra, e constitui o maior volume da folhagem fotossinteticamente ativa e biomassa do ecossistema florestal (Lowman & Wittman 1996). A ciência que estuda esses organismos e qualquer interação entre eles, viva (organismos) ou morta (espaços de ar, húmus de dossel) e denominada Biologia do Dossel (Moffett 2006). Pesquisas sobre organismos sésseis, móveis e as interações e processos no dossel vem emergindo como disciplinas de Biologia ou Ecologia do dossel, cada uma requerendo uma metodologia diferente para coleta de dados, e que vem mudando de uma autoecologia descritiva dos indivíduos para uma aproximação mais complexa do ecossistema, ainda que alguns campos de estudo estejam limitados pelo acesso ao dossel (Lowman & Wittman 1996; Moffett 2006).

Historicamente os investigadores tem visto o dossel em distintas formas: i) como um lugar, definido pelo tamanho, a proximidade a condições não florestais ou dificuldade no acesso, ii) como um conjunto de condições médias com limites estruturais ou ambientais, ou iii) como uma interface entre dois ambientes, a atmosfera e a biosfera (Nadkarni *et al.*, 2011). Nos primeiros textos sobre estudos no topo das árvores da floresta, o dossel foi definido simplesmente como o nível mais alto da vegetação (Richards 1954). Mais recentemente tem sido considerado um subsistema estruturalmente complexo e ecologicamente crítico da floresta, definido como a combinação de toda a folhagem, ramos, flora e fauna associadas, e seu entorno, incluindo as correntes de ar (Nadkarni *et al.*, 2004), ou como o conjunto de órgãos da planta sobre o solo e dentro de uma comunidade (Moffett 2006).

O dossel modifica seu próprio microclima, o calor e vapor de água liberado pelas superfícies das folhas modifica o regime de radiação, assim como a temperatura e a umidade do ar em contato com essas superfícies e os fluxos de calor e vapor entre a vegetação e a área sobre o dossel, de forma que quanto

mais desenvolvido o dossel maior seu efeito na atmosfera (Campbell & Norman, 1989; Sanford *et al.*, 2009). Dosséis de *habitats* diferentes apresentam aparência e estrutura diferentes, abrangendo uma grande variedade de amplitude, desde as gigantes florestas de sequoias, até as florestas pigmeias da costa norte da Califórnia (Nadkarni *et al.*, 2004). Também diferem com relação à fenologia, polinização, síndromes de dispersão e padrões de ciclagem de nutrientes (Nadkarni *et al.*, 2004; Schupp *et al.*, 1989), sendo importante na determinação do ambiente físico e no sucesso reprodutivo dos organismos associados às plantas (Campbell & Norman 1989).

A estrutura do dossel interage com o ambiente e afeta as interações dos processos ecológicos como mudanças na turbulência do ar sobre e dentro do dossel regulam o microclima no qual as plantas se desenvolvem, provendo elas com CO₂ para fotossíntese, e removendo o vapor de água produzido na transpiração (Campbell & Norman, 1989; Raupach & Thom, 1981). Também afeta indiretamente processos como a fotossíntese, transpiração, crescimento celular, infecção por patógenos, crescimento e multiplicação de insetos, assim como a fotomorfogênese, competição interespecífica na comunidade de plantas, o crescimento das raízes, perda de água por evaporação, decomposição de resíduos e outros processos microbiológicos do solo ao afetar indiretamente a temperatura e umidade do solo (Campbell & Norman 1989).

Estudos têm demonstrado que a turbulência medida no dossel florestal é diferente da encontrada na área acima do dossel (Finnigan 2000). Outras experiências mostram que o movimento do ar no dossel é muito errático e intermitente, a origem deste comportamento é a Planetary Boundary Layer (PBL), a camada de turbulência da atmosfera que se estende sobre o dossel até uma altura de entre 1 e 3 km (Raupach, 1989). A interação do vento (PBL) com regiões de topografia complexa resulta em dois regimes de distúrbios regulares, caracterizados em larga escala por eventos infrequentes, e em pequena escala pela formação de clareiras resultantes da queda de uma ou várias árvores (Ott &

Juday 2002). Árvores e grandes ramos derrubados ou quebrados pela ação do ar, criam um mosaico de aberturas no dossel que permitem uma maior entrada de luz (Aubréville 1938).

As áreas de floresta tropical úmida caracteristicamente possuem múltiplas espécies, usualmente 100, 200 ou mais (Cameron 1954). A heterogeneidade espacial e temporal da estrutura das florestas depende da taxa de formação, área, cobertura do solo e localização das clareiras. Dependendo da forma em que a árvore ou ramo cai, a formação da clareira introduz recursos para o estabelecimento diferencial de espécies dentro da comunidade (Arriaga 1988). Dentro destas aberturas tem lugar muitas atividades biológicas, que dificilmente ocorrem em outras condições dentro da floresta, devido a grande quantidade de luz que atinge a superfície do solo, o que é conhecido como a teoria de mosaico na regeneração natural (Aubréville 1938).

A turbulência criada pelas correntes de ar através do dossel e as correntes convexas nas clareiras aquecidas aumentam a probabilidade de deposição de sementes nas clareiras, ao alterar a velocidade do ar e o comportamento aerodinâmico das sementes, e depositando sementes em turbilhões (Burrows 1975; Kimmins 2006; McNaughton 1989). Este é um fator muito importante já que o ar pode dispersar as sementes dentro das clareiras de forma mais eficiente do que os animais, além disso o ar que é empurrado do interior do sub-bosque adjacente para a clareira pode trazer sementes para o interior dela, incrementando a área de captura de sementes (Schupp *et al.*, 1989)

O regime de queda de árvores na FTMN reflete duas causas, as fortes correntes de vento e a debilitação da estrutura das árvores pela abundância de epífitas (bromélias, orquídeas, pteridófitas) sustentadas pelos ramos e caules, as quais acumulam água durante a chuva, a qual somada a interceptada pelas folhas e ramos das arvores produzem o efeito de carga de chuva (Arriaga, 1988; Niklas, 1992; Sterck *et al.* 2001). As clareiras apresentam um papel importante na

definição do mosaico ambiental na FTMN. O *turnover* define o período de tempo que uma floresta precisa para ser totalmente afetada pelas clareiras, sem considerar sobreposição, efeitos dos vizinhos ou a variação associada com as observações anuais (Arriaga 1988).

Através das diferentes pesquisas desenvolvidas em florestas do mundo inteiro o termo clareira, *canopy gap* em inglês, tem evoluído com a compreensão deste fenômeno. Inicialmente Watt (1947) definiu as clareiras como pequenas aberturas na floresta criadas pela morte de um ramo, ou de uma ou mais árvores. Nove anos depois, Bray (1956) referiu-se as clareiras como um mosaico de áreas contendo variadas proporções e densidades de plântulas e plantas jovens, indicando que o dossel da floresta teria sido substituído pela fase de clareira, como definido por Watt (1947).

Passariam três décadas até novos avanços na definição de clareira, em 1978 (Halle *et al.*, 1978) utilizou o termo *chablis* para designar tanto a queda de uma árvore, como a perturbação que lhe é associada e posteriormente utilizado por Riéra (1995). O termo foi adotado do francês medieval, no qual se usava a palavra para se referir a queda de uma árvore, a árvore propriamente dita, sua abertura no dossel, assim como o acúmulo de restos na área da floresta afetada. No mesmo ano Whitmore (1978) escreveu que as clareiras são formadas por um rompimento na estrutura do dossel da floresta, o qual pode ser causado pela queda de uma ou várias árvores, que caem pela ação de fatores, como ventos fortes, temporais e raios.

Pouco depois Bazzaz & Pickett (1980) definem clareira como brechas no dossel da floresta, cujas condições ambientais diferem daquelas do dossel fechado e cujos recursos, particularmente luz, deixam de ser controlados pelos indivíduos do dossel dominante. Um ano depois, Runkle (1981) define de uma forma mais clara o conceito de clareira ao determinar que ela é uma área do solo, sob a abertura do dossel, delimitada pelas bases das árvores de dossel e

incluindo nesta definição um limite claro ao nível do solo. No ano seguinte Brokaw (1982) lançou uma nova definição; a clareira é um “buraco” no dossel que se estende verticalmente até o solo, através de todos os níveis da vegetação, devendo ser definida pela vegetação com uma altura de até dois metros e ao nível do solo pela projeção vertical da abertura no dossel. Diferindo de Runkle (1981) a delimitação da área afetada no nível inferior pela altura das plantas, e no estabelecimento de um limite baseado na projeção do dossel.

Partindo dos trabalhos de Runkle (1981) e Brokaw (1982) foram feitas múltiplas variações para definir o conceito de clareira, dependendo estas, em geral, das condições individuais de cada pesquisa e do tipo de vegetação a ser estudada. Almeida (1989), trabalhando na Amazônia Central, define clareira como toda área de floresta com dossel descontínuo, aberto pela queda de galhos de uma ou mais árvores e limitada pela copa das árvores marginais. Green (1996) usou em sua pesquisa numa ilha do Oceano Índico a definição de clareira proposta por Brokaw (1982), modificando a altura da vegetação que delimita a clareira de dois para três metros.

Lima (2005) em sua pesquisa desenvolvida na Mata Atlântica define clareira como uma abertura no dossel resultado da queda de uma árvore ou um ramo, a qual cria um ambiente diferente da floresta adjacente, influenciando a regeneração das plantas e o comportamento dos animais, delimitando sua área ao nível do solo de acordo com Brokaw (1982). No mesmo ano King e Antrobus (2005) usaram a definição de Brokaw (1982), modificando-a para delimitar as aberturas mínimas no dossel em 5m^2 e incluir a vegetação dentro da clareira entre 5 a 10 metros de altura, estudo desenvolvido numa floresta de planície inundável no Arkansas, Estados Unidos. Para o presente estudo foi adotada a definição de Lima (2005) modificando a delimitação no nível do solo e adotando a definição de Runkle (1981), usando as bases das árvores na borda da clareira.

Evans e Combe (1959) introduziram a fotografia hemisférica para estudos do dossel, apresentando a metodologia básica para o correto registro na imagem das condições em campo. Posteriormente, as bases teóricas para a estimativa de diferentes componentes da radiação solar usando fotografias hemisféricas foram desenvolvidas por Anderson (1964, 1966). Outro método para estimar área da clareira usando fotografia hemisférica foi proposto por Steege (1993) o qual desenvolveu o *software Hemiphot* para os cálculos partindo das imagens. No início do milênio Yamamoto (2000) e Yamamoto (2000) usaram duas fotografias hemisféricas tomadas a diferentes alturas para calcular a área da abertura de dossel, sendo esta a mesma área projetada no nível ao solo a área da clareira. Embora esse método possa estimar facilmente a área da clareira, é necessário o conhecimento da altura do dossel o que pode aumentar os erros (Yamamoto 2000).

O uso do densiômetro, aparelho constituído de um espelho curvo dividido em campos de igual tamanho, para estimativas de cobertura de dossel foi proposta por Lemon (1956) e, posteriormente, avaliada por Strickler (1959) que deu um conceito positivo para as estimativas obtidas com esse aparelho. Posteriormente estudos feitos para avaliar os diferentes métodos para abertura do dossel mostraram que a acurácia obtida com o densiômetro é ótima para estimativas de cobertura de dossel (Fiala *et al.*, 2006; Jonckheere *et al.*, 2004; Korhonen *et al.*, 2006; Paletto & Tosi, 2009; Suganuma *et al.*, 2008). No entanto estes métodos somente estimam a área da abertura do dossel no nível das copas das árvores, para estimar a área da clareira no nível mais baixo os métodos diferem em aplicabilidade e acurácia. Runkle (1981) inicialmente estimou a área da clareira medindo a maior distância de uma borda a outra da clareira, e a maior distância perpendicular ao eixo da primeira medida, obtendo assim o maior comprimento e a maior largura da clareira. Com estes dados é calculada a área de uma elipse, associando esta forma a clareira. No seguinte ano Brokaw (1982) determinou a área horizontal da clareira partindo de um mapa com escala,

desenhado com coordenadas de distância e direção desde o centro até a borda da clareira em oito pontos, cada um a 45 graus, obtendo assim oito triângulos, e o somatório das suas áreas resultam na área total da clareira.

Posteriormente, Green (1996) usou a metodologia de Brokaw (1982) modificando o número de coordenadas, tomando distâncias em dezesseis direções diferentes, cada uma a 22,5 graus, obtendo assim a área total da clareira pelo somatório dos dezesseis triângulos. Lima (2005) estimou a área da clareira dividindo a área em triângulos, formados por pontos na borda, e mediu o lado de cada um deles, e o somatório das áreas desses triângulos foi tomada como a área total da clareira. Finalmente, King e Antrobus (2005) modificaram o sistema proposto por Brokaw (1982), usando um mínimo de seis pontos e ângulos de referência ou azimutes equidistantes, cada um deles localizado em 60 graus de diferença entre eles. Todos os métodos anteriormente expostos para a estimativa da área da clareira tanto na parte superior quanto inferior do dossel levam em conta o momento da coleta de dados, e uma fotografia de um instante no processo de criação e fechamento da clareira. Devido a esta dinâmica das clareiras, que é um processo dependente do tempo, estudos para um melhor entendimento deste fenômeno necessitam de longos períodos de observação para obter resultados satisfatórios (Arriaga, 1988).

No campo dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) a história é pouco mais que anedótica, sendo Canadá, Estados Unidos e Inglaterra os países que lideraram o processo. Usualmente a origem dos SIG tem sido ligada com os primeiros trabalhos de mapeamento computarizado (Cowen 1988). O primeiro pesquisador a abordar o tema foi Tomlinson (1967) no Canadá, com o sistema de geo-informação empregado para gerenciar os dados de inventário de terras. Mas, só na década de 1980 os sistemas de informação geográfica viraram elementos comuns em diferentes tipos de pesquisas (Coppock & Rhind 1991). Deste então o campo SIG tem se expandido rapidamente através de bases teóricas, tecnológicas

e organizacionais, mas, estes avanços não têm levado a uma definição clara desse sistema (Maguire 1991).

O SIG não é uma ciência nova, mas, implica o uso de tecnologia que requer uma base de conhecimento científico para a maior parte das suas funções e o manejo geral do sistema (Goodchild 1991). A flexibilidade do SIG têm permitido desenvolver a sua aplicabilidade no campo da agricultura, botânica, zoologia, matemática, fotogrametria, geografia e outras ciências (Maguire 1991). SIG são uma janela para o mundo, desenhados para que o usuário possa compreender a realidade geográfica, que é fundamental para a organização espacial como parte da ciência da informação geográfica (Goodchild 1991). As capacidades de um SIG para integrar dados digitais heterogêneos em bases de dados e prover análises básicas e avançadas, e visualizações técnicas, têm levado a expansão do uso do SIG na administração pública, indústria e pesquisa (Neteler *et al.* 2012). Devido a amplitude das aplicações do S.I.G. o estabelecimento de uma classificação conclusiva é difícil. Neste sentido diferentes propostas para classificar sua funcionalidade, genealogia, custos, tamanho, plataforma, área de aplicação e modelo de dados, dentre outras (Maguire 1991). Uma definição formal de SIG seria de pouca ajuda e relevância para todos os campos a que ele tem aplicabilidade (Coppock & Rhind, 1991).

Para o presente estudo foi adotada a definição Sistema de Informação Geográfica proposta por Chrisman (1999), na qual é definido como uma atividade organizada onde são mensurados e representados fenômenos e processos geográficos, usualmente na forma de base de dados, procurando enfatizar questões espaciais, entidades e relações, operando sobre estas representações para produzir mais medidas e descobrir novas relações (Figura 1). Desta forma integra recursos discrepantes, transforma essas representações para configurar outra estrutura de entidades e relações, enquanto interage também com as estruturas sociais.



Figura 1. Diagrama de decisões e operações através do Sistema de Informação Geográfica.

Na Figura 1 os quatro anéis mais internos representam as operações do SIG, e os dois mais externos estão relacionados com a socialização do SIG e seus resultados. No anel mais interno o processo das mensurações geográficas é organizado em sistemas de mensuração, posteriormente é feita a representação, operação e transformação dos dados originalmente obtidos, de forma que cada anel é construído sobre a base das decisões tomadas nos níveis anteriores níveis do processo (Chrisman 1999).

A evolução de SIG tem sido descrita como um processo em três estágios. Sistemas no estágio de desenvolvimento inicial são orientados para a coleta de dados e inventários de operações. Depois de 3 a 5 anos o ênfase muda para operações mais analíticas. Os sistemas mais desenvolvidos, depois de 5 anos, evoluem para verdadeiros sistemas de suporte de decisões (Maguire 1991). Os SIG são ferramentas úteis para o análise espacial, mas, sua capacidade para análises complexas e dinâmicas pode ser limitada. Por outro lado, os modelos simulados são ferramentas poderosas para situações dinâmicas e complexas. A integração do SIG e modelos simulados dentro de uma fase gráfica interativa, produzem sistemas de análise de informação com maior poder e de fácil uso e compreensão (Sweeney 1999).

Atualmente os SIG têm aplicações em muitos campos das disciplinas das ciências devido a sua capacidade para visualizar resultados em mapas ou pelas potencialidades na exploração da informação topográfica (Palomino et al. 2013). Hoje os órgãos governamentais são os maiores usuários de produtos e serviços relacionados ao SIG e as perspectivas para os Sistemas de Informação Geográfica são promissoras, tendo em vista a grande demanda atual e a possibilidade de expansão da indústria em novas aplicações e novos clientes (Rosa 2009). As maiores limitações são: poucos dados digitais disponíveis, falta de padrões para a qualidade dos dados digitais e de estatísticas espaciais, e modelos desenhados para os distintos fenômenos ecológicos (Shaw & Atkinson 1990). Kahn (1986) indicou que algumas espécies de palmeiras que atingem o estrato superior do dossel dependem das clareiras para seu crescimento nos estágios iniciais de vida, depois Kahn & de Granville (1992) provaram isto para algumas espécies dos gêneros *Attalea*, *Oenocarpus* e para *Socratea exorrhiza*. Posteriormente Svenning (2001) propôs que a ocorrência de plântulas das palmeiras está relacionada com o estrato do dossel no qual elas se desenvolvem. Sendo que pelas adaptações evolutivas as espécies do nível inferior do dossel não conseguem tolerar as mudanças nas condições de disponibilidade de luz criada pela clareira. Por isto a ocorrência de plântulas na clareira é maior para as espécies do estrato médio e superior do dossel, as quais requerem maior luminosidade para seu desenvolvimento nos estágios iniciais de vida, como já foi tratado no capítulo 1. Isto pode indicar que as plântulas das espécies do dossel inferior usam as áreas da borda das clareiras para se desenvolver nestas condições, aproveitando a menor variação nas condições ambientais que esta área oferece.

A FTMN colombiana é um ecossistema pouco estudado e que apresenta condições muito variáveis de topografia e clima, gerando também dificuldade no acesso as áreas florestais. Isto implica que o desenvolvimento de pesquisas biológicas nessa área requer metodologias adequadas às condições que

apresenta cada área de estudo. O estudo dos processos que ocorrem nas clareiras, como já foi expresso, é importante para a compreensão da distribuição e manutenção da diversidade de plantas nas florestas tropicais. Da mesma forma o estudo das clareiras e seu entorno requer de uma ferramenta que permita incluir dentro das análises variáveis geográficas como a declividade do terreno e o azimute da abertura, as quais podem fornecer outra visão dos processos ocorrendo dentro e ao redor das clareiras. Neste sentido os objetivos do presente trabalho foram: i) Desenvolver uma metodologia adequada às condições da FTMN para estimar a área das clareiras ao nível do solo, ii) Integrar essa metodologia numa ferramenta de base SIG que permita desenvolver outro tipo de estudos nas clareiras mediante o cruzamento de mais camadas de informação, e iii) testar o método para estimar a área da clareira usando a ferramenta de base SIG e comparar com 4 métodos existentes na literatura para esta finalidade.

4. Materiais e Métodos

Localização das Áreas de Estudo

O estudo foi desenvolvido na vertente leste da Cordilheira Oriental (leste) dos Andes Colombianos, na área florestal da comunidade “El Caraño” do Município de Florencia, Departamento de Caquetá, Colômbia (ver descrição no Capítulo 1).

Método “niebla” para estimar a área das clareiras no nível do solo

Para desenvolver o método para estimativa da área das clareiras foi necessário observar tanto as condições do terreno quanto das árvores que delimitam a borda da clareira. Tendo em vista que os terrenos dos Andes são declivosos os métodos usados anteriormente não são práticos. Por isto foram observadas as vantagens e dificuldades que eles apresentavam e usadas como base. O planejamento do método “niebla” foi desenvolvido no laboratório, posteriormente foi testado em campo em uma parcela experimental (clareira), onde foram observadas as limitações que ele apresentava e melhorados os procedimentos para coleta os dados com a maior acurácia possível.

Ferramenta de Base S.I.G. para estudo de clareiras.

O desenvolvimento das diferentes etapas no desenho e construção de uma ferramenta de base SIG implica no uso de tecnologia ligada ao geoprocessamento, sendo esta contemplada em três itens: recursos humanos, *hardware* e *software* (Rosa 2009). Para o desenvolvimento das diferentes atividades de localização de pontos de estudo e coleta de dados foram empregados no presente estudo:

Recursos Humanos

Para o trabalho em campo foi necessário a ajuda de duas pessoas, cada uma com funções e objetivos diferentes dentro do trabalho de campo. a) mateiro:

encarregado de auxiliar, guiar e fornecer suporte logístico nas viagens e trabalhos de campo, seu conhecimento aprofundado acerca da região os torna detentores de um saber prático essencial ao desenvolvimento da pesquisa científica (Nakazono, 2010; Silva *et al.*, 2011). Neste caso contou-se com ajuda de um camponês que mora na área e conhece bem as florestas da região, b) auxiliar de campo: pessoa que tem a função de ajudar na coleta de dados, principalmente no preenchimento das planilhas de campo, delimitação de áreas e, em algumas ocasiões, na coleta de dados. Para o desenvolvimento desta pesquisa contou-se com a ajuda de um operador para o processo de obtenção das fotografias hemisféricas do dossel. Posteriormente, participaram diferentes estudantes e colaboradores do Herbario Universidad de la Amazonia localizado na cidade de Florencia, Caquetá, Colômbia, os quais atuaram como auxiliares de campo.

Hardware e instrumentos para coleta de dados

Para a coleta de dados da presente pesquisa foram empregados diferentes elementos, tipificados como *hardware*, que ajudaram na acurácia dos dados e na otimização do tempo investido nas coletas.

Tabela 1. *Hardware* e instrumentos empregados na coleta de dados em FTMN, Florencia, Caquetá, Colômbia.

Item	Uso
GPS Garmin 72H.	Coordenadas Globais e Elevação.
Bussola Cammenga .	Azimute do eixo nas clareiras.
Clinômetro Suunto Pm5.	Declividade do terreno nas clareiras.
Telêmetro DL50 Bosch.	Distancia do eixo e altura dos indivíduos.
Câmera Nikon D5100 e Tripé.	Fotografias do dossel.
Lente Fish Eye Sigma 8mm.	Fotografias hemisféricas de clareiras e dossel.
Gravadora de Voz Sony ICRRecorder	Gravar entrevistas.
Planilhas de Campo.	Inventario de palmeiras andinas e entrevistas.

Software

Foram usadas planilhas de cálculo para a digitação dos dados usando um programa para esta finalidade (Excel). Os dados das planilhas foram digitados, e posteriormente armazenados em formato digital para usar nas diferentes análises. A base gráfica do S.I.G. e seu entorno em três dimensões foram desenvolvidos no Assistente de Desenho por Computador Autocad 2012, na versão gratuita disponível na internet no site da Autodesk (<http://www.autodesk.es>).

Localização da Clareira

Como a área de estudo está inserida em uma bacia hidrográfica, procurou-se por áreas de floresta que não apresentaram sinais de atividade antrópica, especialmente extração seletiva de madeira ou degradação na paisagem. Quando localizada a área, percorreu-se através de transectos lineares com distância determinada pelas condições topográficas do terreno. A topografia com declividade acentuada típica dos Andes gerou dificuldade para manter a homogeneidade nas distâncias entre as clareiras.

Cada ponto de início de um transecto foi marcado usando uma fita plástica colorida (amarela) amarrada em uma ou duas árvores visíveis e em bom estado fitossanitário. Uma vez iniciado o transecto procurou-se por sinais evidentes de clareiras; árvores ou ramos grandes no chão e maior luminosidade ocasionada pela maior abertura do dossel. Foi definido em cada clareira a sua criação: forma natural ou pela extração de madeira. O objetivo do presente foi analisar as clareiras criadas por fenômenos naturais. Para assegurar independência nas áreas amostradas foi considerada uma distância mínima de 50 metros entre as clareiras.

Causas da Formação

A causa da formação da clareira foi determinada por observação do entorno procurando por sinais que indicaram a origem da sua criação. Foram usadas

quatro categorias de classificação, i) queda de uma árvore desde a raiz, ii) quebra de caule ou queda da copa, iii) quebra de um ramo e iv) árvore morta ainda em pé, utilizando os parâmetros desenvolvidos por van der Meer & Bongers (1996), e posteriormente aplicados por Nascimento *et al.*, (2012).

Estimativa da Idade

Para estimar a idade da clareira foram observadas condições da clareira e do entorno que são utilizados como indicadores. As clareiras foram classificadas em maiores e menores de um ano, de acordo com o estado de decomposição dos resíduos, o estado do ponto de quebra do ramo ou caule que originou da clareira, tamanho de rebrotas de ramos quebrados durante o evento de criação, estado do solo na área exposta da raiz da árvore criadora e condições gerais da clareira (van der Meer & Bongers 1996).

Dados Geográficos

Usando como referência o ponto central da clareira foram tomadas as leituras das coordenadas geográficas e da elevação do terreno indicadas pelo GPS. Tomando como referencia o ponto 0, a árvore do eixo central que se encontrava na maior elevação, foi mensurado o azimute deste eixo com ajuda de uma bussola. A corda que delinea o eixo central reflete a declividade do terreno, e por isto foi usada para medir a declividade do terreno com ajuda de um Clinômetro Manual.

5. Resultados e Discussão

Método “niebla”

O método aqui denominado “niebla” para estimar a área da clareira descrito a seguir é diferente dos anteriormente usados em pesquisas florestais. É baseado em distâncias de pontos determinados como as bordas da clareira e utilizados como coordenadas num plano cartesiano para estimar a área total da clareira (Figura 2). O método assume a área da clareira como descrita por Brokaw (1982), a qual, afirmam van der Meer *et al.*, (1994), é a mais prática e acurada, além de incluir áreas que não ficam diretamente embaixo da abertura no dossel. A seguir são descritos de forma detalhada os procedimentos para a coleta de dados destinados a estimativa da área da clareira.

Delimitação da Borda da Clareira

Uma vez localizada cada clareira foram definidas quais árvores delimitavam a borda da clareira, observando a mudança drástica nas condições da vegetação do sub-bosque causada pelo evento. Incluíram-se nestas medições árvores com DAP maior de 10 cm, usando a definição de clareira expandida proposta por Runkle (1981). Posteriormente cada árvore foi marcada com uma lamina de isopor branco, em forma de círculo, que foi amarrada na árvore do lado da clareira, a uma altura de 2 metros. Estas marcas serviram para dois propósitos, o primeiro delimitar a área e o segundo servir como ponto de referência para coletar os dados de distância com o telêmetro, visto que o branco é uma superfície que reflete melhor o raio laser.

Delineamento do eixo X ou eixo central.

Como referência para as medidas da borda foi delineado, com uma corda, um eixo central dentro da clareira, este uniu as duas árvores identificadas como a borda da clareira e representam a maior distância entre elas. Esta linha foi denominada como eixo X da clareira e foi usado como referência na coleta dos

dados. Nesta linha também foi demarcado o ponto médio, e denominado ponto central para outras mensurações.

Registro de dados

Para estimar a área da clareira usou-se o eixo central como referência. A árvore do eixo central com a maior elevação foi denominada ponto 0. Partindo deste ponto, e no sentido horário, foram numeradas as árvores definidas como borda da clareira. Foi tomada a distância perpendicular desde a árvore até o ponto de interseção com o eixo X e registrada como coordenada Y. Posteriormente foi tomada a distância desde o ponto de interseção com o Eixo X até o ponto 0 e registrada como coordenada X (Figura 2). Os valores localizados do lado superior do eixo X foram tomados como positivos, e os da parte inferior como negativos, assemelhando ao plano cartesiano.

Estimativa da área da clareira em campo

A área total da clareira pode ser determinada de forma manual, sem precisar de sistemas assistidos por computador, somando as áreas das diferentes figuras geométricas formadas pelos pontos da borda em relação ao eixo X demarcado na clareira. Em primeiro lugar deve-se marcar as coordenadas planas (X,Y) de cada ponto na borda da clareira num plano cartesiano. Desta forma é obtida uma nuvem de pontos no plano, com a qual será desenhada a borda e as divisões internas da área da clareira. Os pontos no plano são unidos por uma linha consecutiva em sentido horário partindo do ponto 0 ate voltar nele. Essa linha delimita o perímetro e a área total da clareira. A partir de cada ponto deve-se projetar uma linha perpendicular ao eixo X. A clareira é dividida em subáreas que, de acordo com sua posição na borda, podem formar um triângulo ou um polígono irregular.

A área de cada forma geométrica é calculada de forma individual. Geralmente serão obtidas 4 subáreas nos extremos do eixo X, com a forma de triângulo, com a letra "T" acompanhada de um número (Figura 2). Para essas

subáreas aplica-se a fórmula para obter a área de um triângulo. Sendo os catetos destes correspondentes aos valores absolutos das distâncias em X, tomadas como base, e Y correspondente a altura. Como as distâncias em Y são perpendiculares ao eixo X, conformam-se triângulos retângulos, sendo usada a seguinte fórmula para obter a área desta figura: $T = (b * h) / 2$, onde b corresponde a base e h a altura do triângulo retângulo.

As subáreas restantes possuirão formas de um polígono irregular de quatro lados, para obter a sua área é aplicada a seguinte fórmula; $P = b * ((L1+L2)/2)$, onde L1 e L2 correspondem aos lados (valores absolutos em X) e b corresponde a base (distancia entre os dois lados no eixo X).

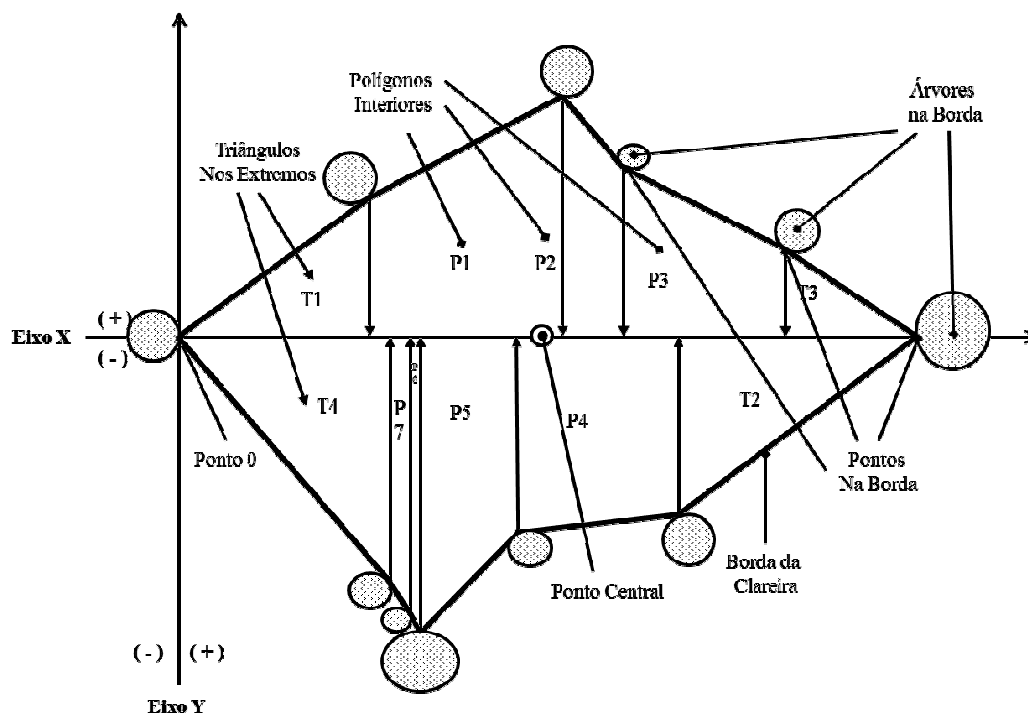


Figura 2. Diagrama da borda da clareira para estimar a área partindo dos dados obtidos em campo usando o método *niebla*.

A estimativa da área total da clareira é calculada como a somatória das áreas das figuras geométricas, triângulos e polígonos irregulares, obtidas na divisão da clareira. As áreas triangulares foram identificadas com a letra “T” e as

poligonais com a letra “P”, como indicado na figura. A fórmula aplicada para estimar a área da clareira é a seguinte: $\text{Área total} = T1 + T2 \dots + Tn + P1+P2+\dots+Pn$.

Estimativa da área da clareira no ADC.

A grande vantagem de coletar os dados da borda da clareira de acordo com o sistema de coordenadas é a possibilidade de usar estes dados para obter o perímetro e a área da clareira mediante um Assistente de Desenho por Computador ADC, neste caso AutoCAD 2012, o que converte estes dados na primeira entrada de informação para a ferramenta de base SIG.

Os dados das coordenadas X e Y, armazenados na planilha de cálculo, foram concatenados para obter as coordenadas planas (X,Y) em formato reconhecível para o *software*, com as quais será gerado o plano da clareira. Use-se a rotina de concatenação para criar uma nova coluna na planilha de cálculo: $=concatenar(Cx, ",", Cy)$, onde Cx e Cy correspondem às células que contém as coordenadas X e Y de cada ponto determinado como borda da clareira. Posteriormente é gerada uma nuvem de pontos no plano bidimensional do ADC e ativada a opção de inserir pontos e colados os dados concatenados no espaço de entrada dos comandos. Desta forma o ADC reconhece cada ponto como uma coordenada, demarcando assim os pontos na borda da clareira (Figura 3). Dentro do CAD, que agora funciona como ferramenta de base SIG, os dados são armazenados numa camada nomeada “pontos_borda”.

Após foi gerada uma nova camada denominada “area”. Usando os mesmos dados concatenados foi gerada uma polilinha ativando esse comando e inserindo os dados concatenados como coordenadas na área de comandos. A polilinha gerada não fecha devido a falta do último ponto, que corresponde ao primeiro, para calcular a área. assim é inserido e ativado o comando correspondente à letra “c” no espaço de entrada da coordenada ordenando ao sistema fechar o desenho (Figura 3).

Para obter a área da clareira usou-se a rotina “área”, na opção “graduar” da faixa de opções “Início”. Posteriormente foi demarcado o perímetro do polígono clicando em cada ponto da borda da clareira, uma vez fechada a delimitação clique-se no botão direito do mouse e o ADC gera uma tabela com os dados de perímetro e área total da clareira.

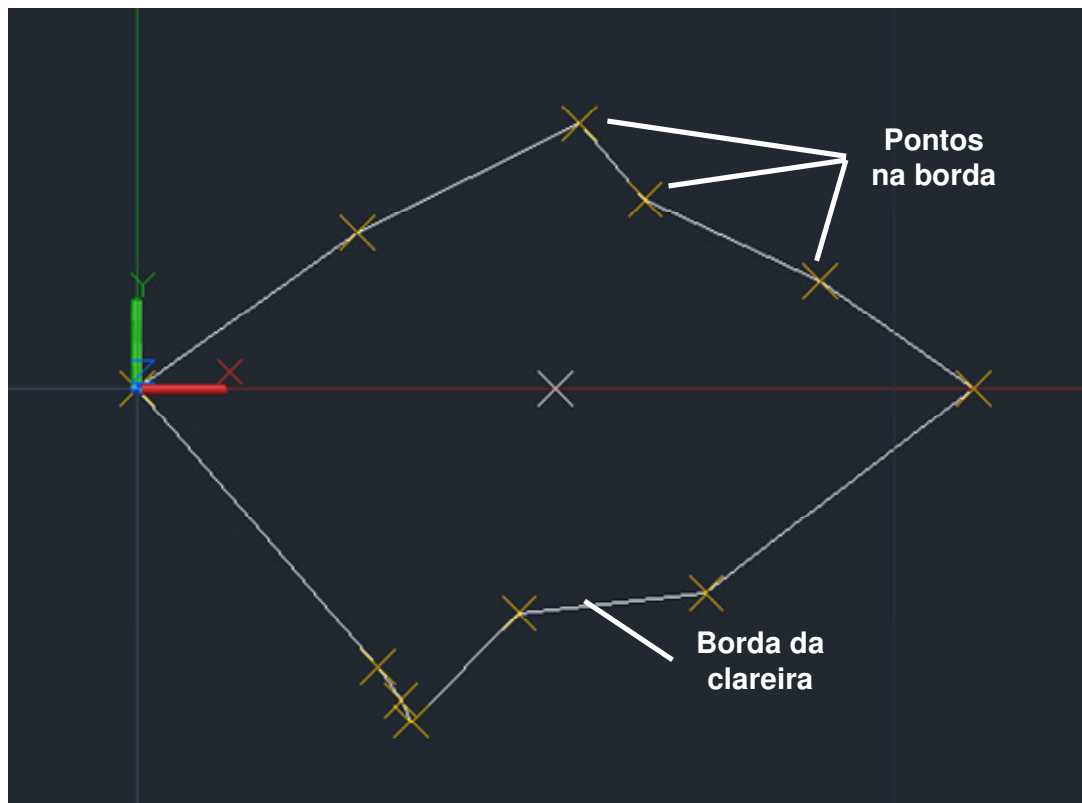


Figura 3. Desenho da Borda da Clareira de acordo com o método “niebla” usando o *software* para ADC Autocad 2012.

Ferramenta de base SIG

O método descrito tem a vantagem de estar inserido dentro de uma ferramenta de base SIG, para ter uma visão diferente da estrutura no microambiente criado pelas clareiras. Esta ferramenta permite a inclusão dos

indivíduos dentro e fora da clareira e sua localização em um ambiente de duas e três dimensões, levando em conta um fator muito importante, a declividade do terreno. Como explicado no ponto anterior é gerada uma imagem da borda da clareira em duas dimensões, mas para poder observar as condições da clareira incluindo a variável da declividade do terreno é preciso gerar a imagem da clareira em três dimensões. Este procedimento é explicado a seguir.

Modelagem das clareiras em 3D

A modelagem tridimensional da clareira e da área de dossel fechado é realizada no modo 3D do ADC. É necessário salvar cada grupo de dados em camadas diferenciadas por formas ou cores e nomeadas adequadamente dentro do arquivo correspondente a cada ponto de estudo.

Para delinear a borda de forma tridimensional são empregadas as coordenadas planas (X e Y) usadas para estimar a área. Para calcular a coordenada Z, é usado o teorema do cosseno com a declividade como ângulo e a distância em X como hipotenusa. As coordenadas X, Y e Z são inseridas como pontos individuais para gerar a nuvem de pontos que delimita a área da clareira. Para delinear o perímetro da borda é gerada uma polilinha com as coordenadas tridimensionais dos pontos (Figura 4). Desta forma também pode ser estimada a área da clareira observando os atributos da polilinha, como explicado para o desenho em duas dimensões. No ADC foram geradas formas cilíndricas para representar cada planta identificada no campo como limite da borda da clareira. Foram usadas as coordenadas tridimensionais dos pontos na borda, e corrigida a coordenada Y somando o raio de cada árvore. O DAP foi usado como diâmetro e a altura da árvore como comprimento do cilindro. Uma vez inseridos todos os indivíduos foi obtida a imagem em 3D da borda da clareira (Figura 4).

Inserção dos indivíduos da família Arecaceae registrados

Para cada indivíduo localizado dentro da clareira foram calculadas as coordenadas tridimensionais, da mesma forma que para os pontos da borda da clareira. No ADC foram geradas camadas individuais para cada espécie, dentro da clareira e sob o dossel fechado. Cada espécie foi diferenciada com uma forma ou uma cor característica nas camadas. Os dados biométricos de altura e diâmetro do estipe foram usados como parâmetros dendrométricos para as formas geradas no ADC. Para gerar as imagens devem ser ativadas as camadas de interesse e ativadas individualmente. Desta forma as imagens somente contem a informação das camadas ativas no processo (Figura 5).

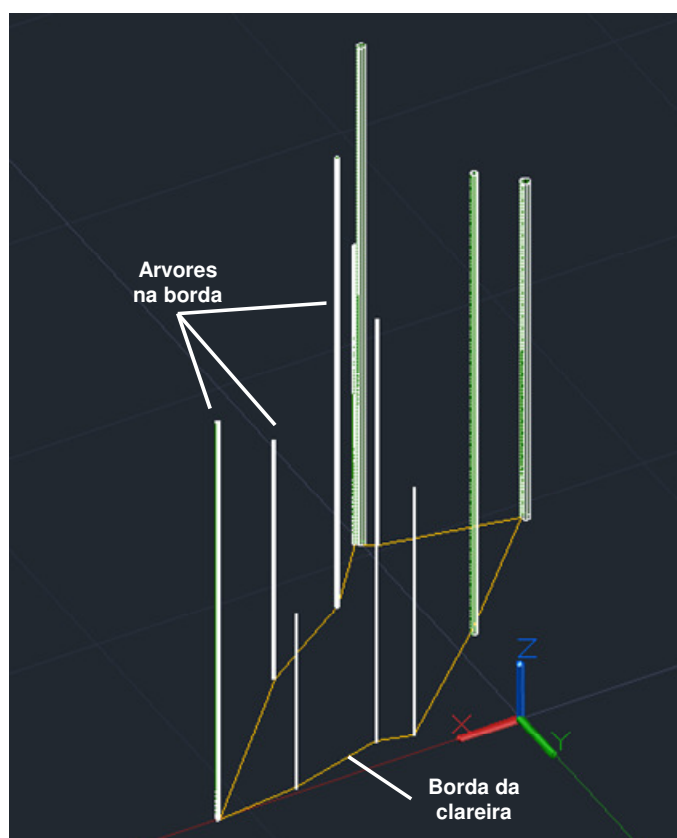


Figura 4. Modelo em três dimensões da borda da clareira e as árvores na borda, incluindo a inclinação do terreno, gerado no ADC.

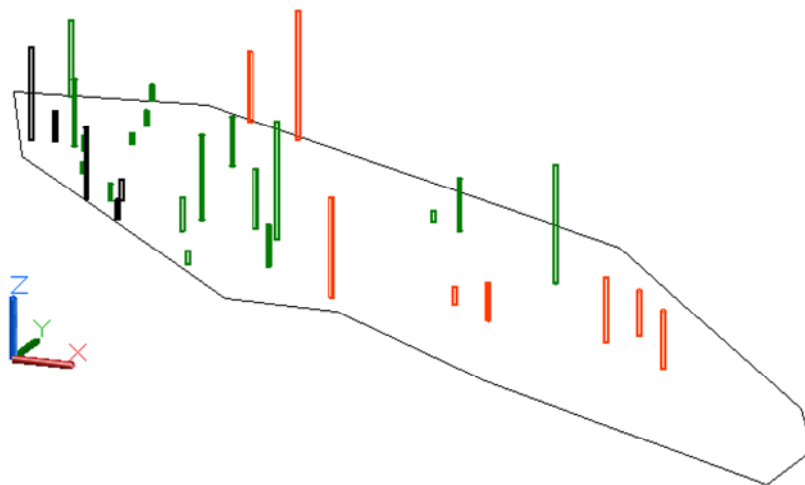


Figura 5. Modelo em três dimensões da clareira (borda) e as plântulas no seu interior, incluindo a declividade do terreno, gerado no ADC.

A ferramenta SIG facilitou a geração de gráficos para cada uma das clareiras, um com a borda da clareira e as plântulas em duas dimensões, um da vista lateral da clareira mostrando a inclinação e as plântulas com seu respectivo tamanho, e uma vista em três dimensões da clareira (Figura 6-14). Esses gráficos permitem uma visão geral da clareira, forma, declividade e a distribuição das plântulas das diferentes espécies nesse microambiente.

Comparação de métodos para estimativas da área da clareira.

A estimativa da área obtida pelo método anteriormente descrito foi comparada com os métodos propostos por Runkle (1981), Brokaw (1982), Green (1996) e Lima (2005), cada um deles apresentando procedimentos e pontos de referência diferentes. Para desenvolver estas comparações foi usado o ADC tendo como base o plano da clareira gerado com o método "niebla" e mensurando nele as distâncias que são usados em cada método.

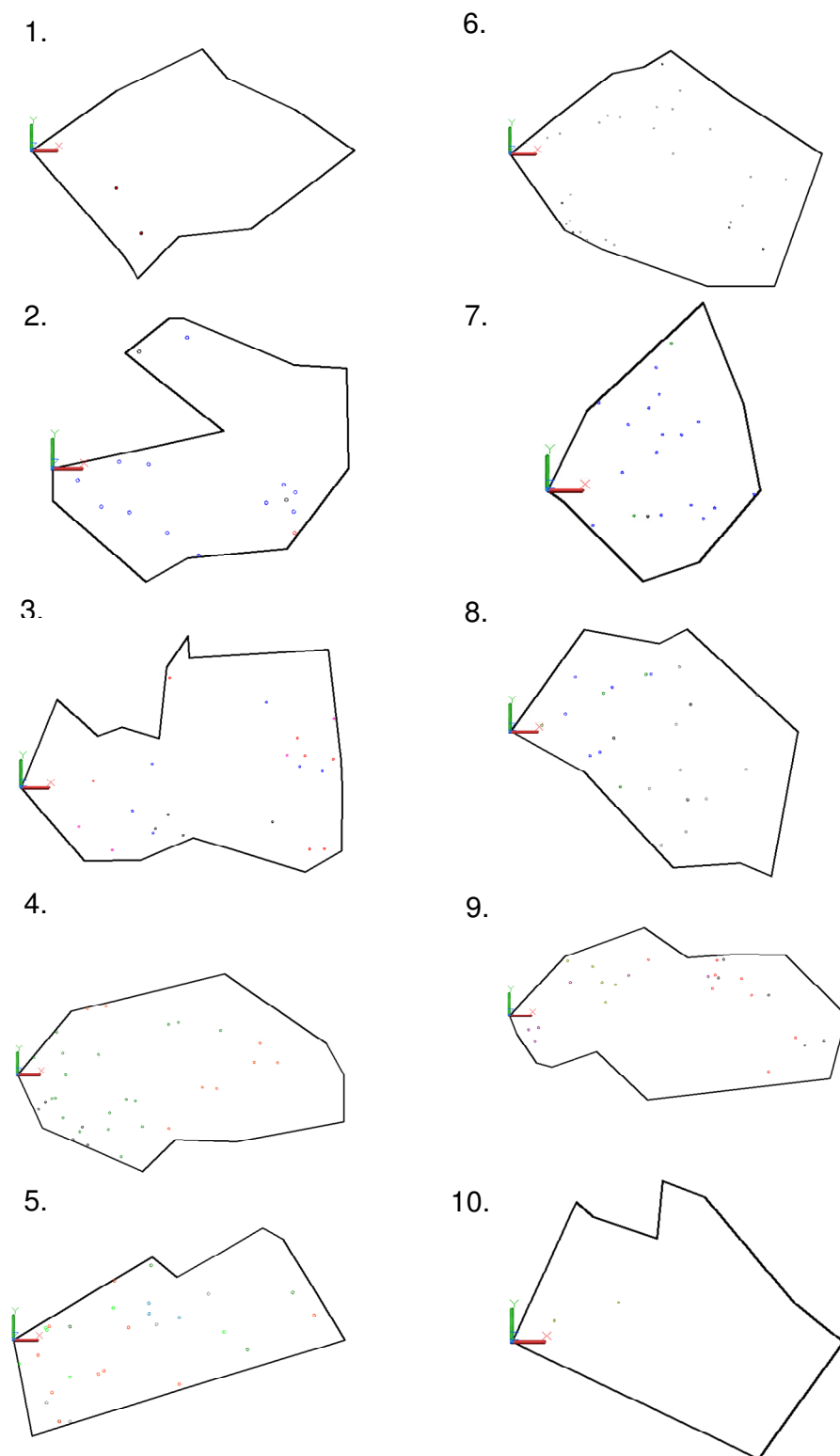


Figura 6. Modelo das bordas das clareiras e as plântulas mensuradas nelas, gerado no ADC (Clareiras 1-10).

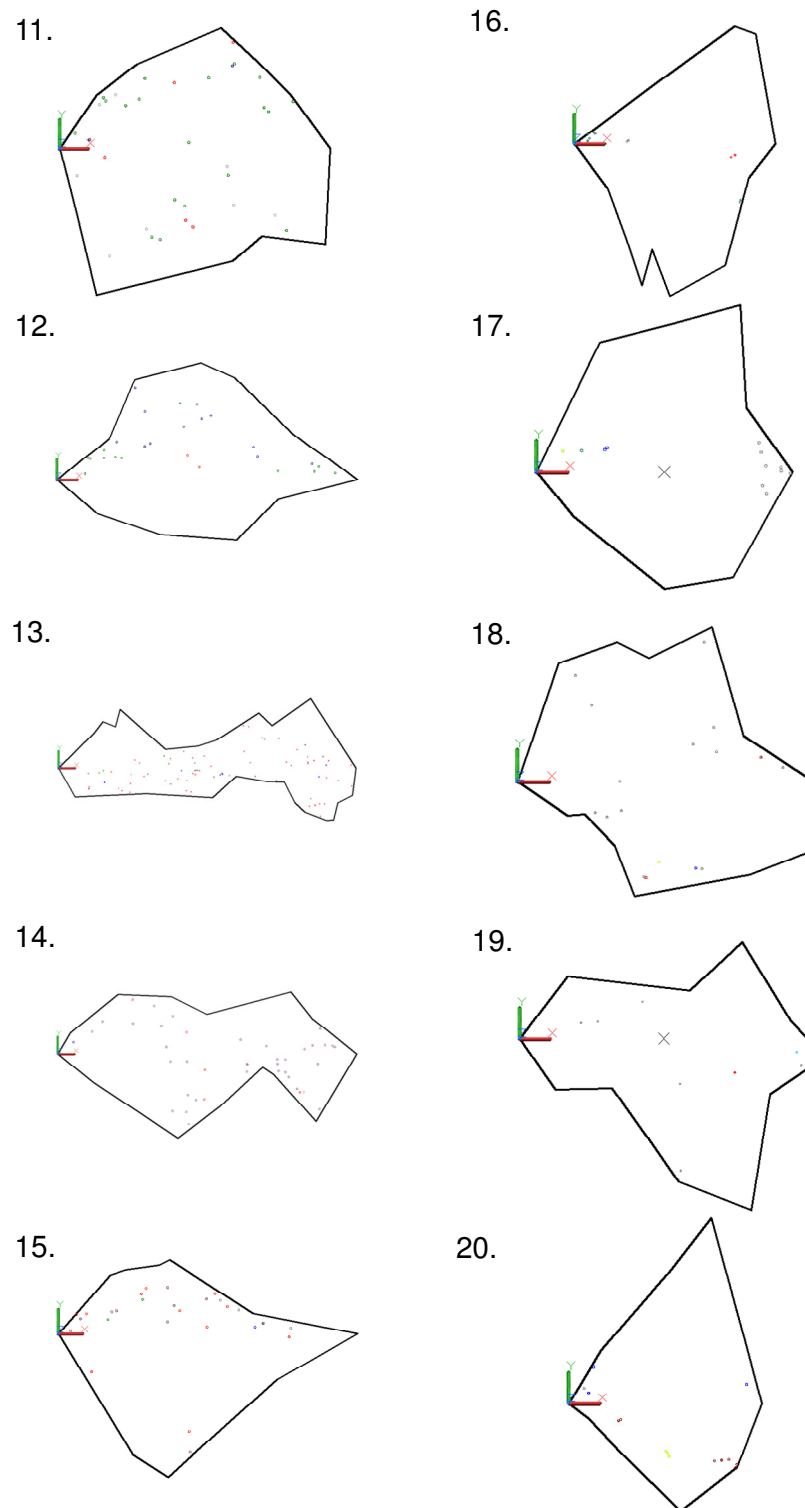


Figura 7. Modelo das bordas das clareiras e as plântulas mensuradas nelas, gerado no ADC (Clareiras 11-20).

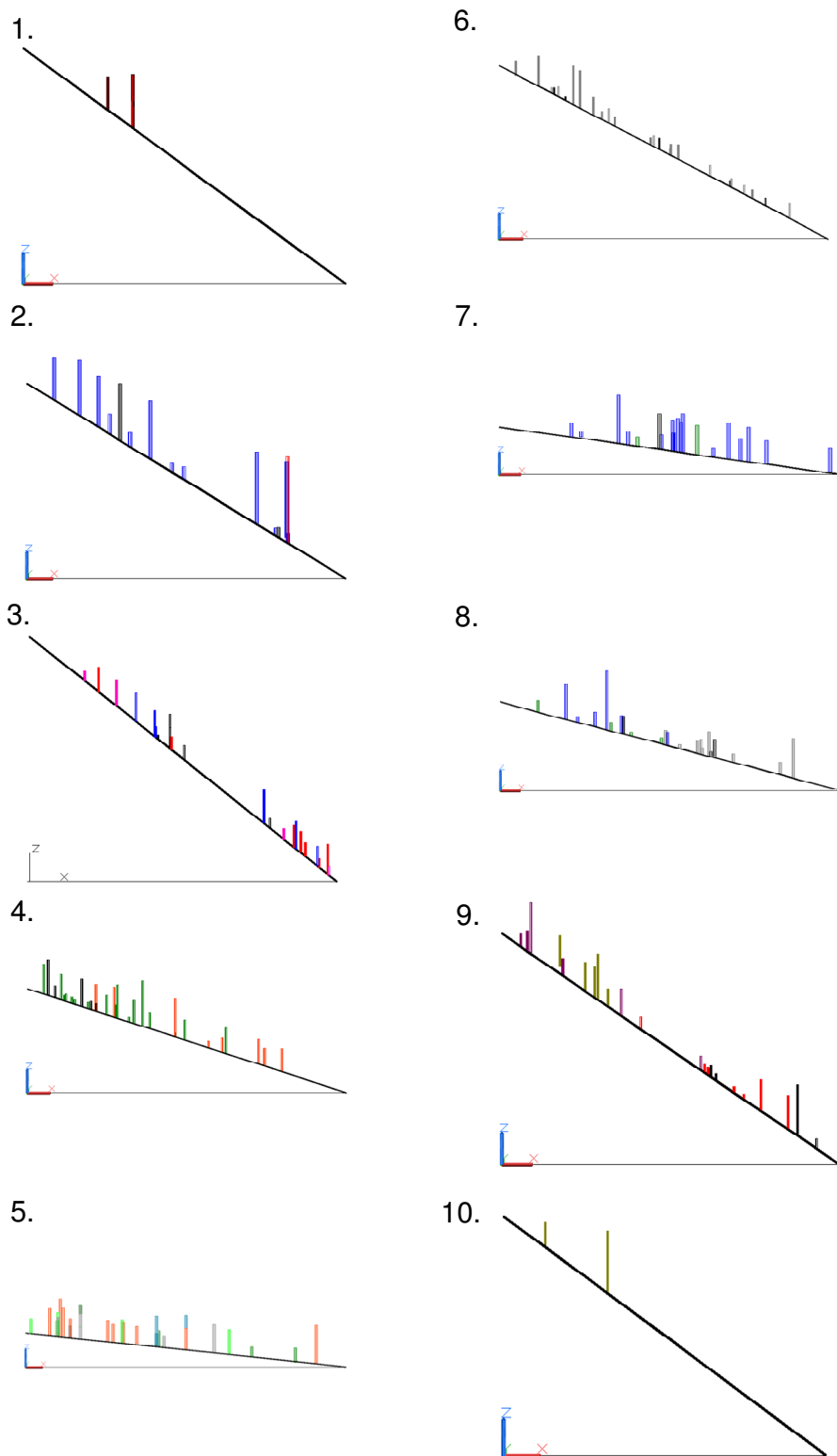


Figura 8. Vista lateral das clareiras e as plântulas mensuradas nelas, incluindo a inclinação do terreno, gerado no ADC (Clareiras 1-10).

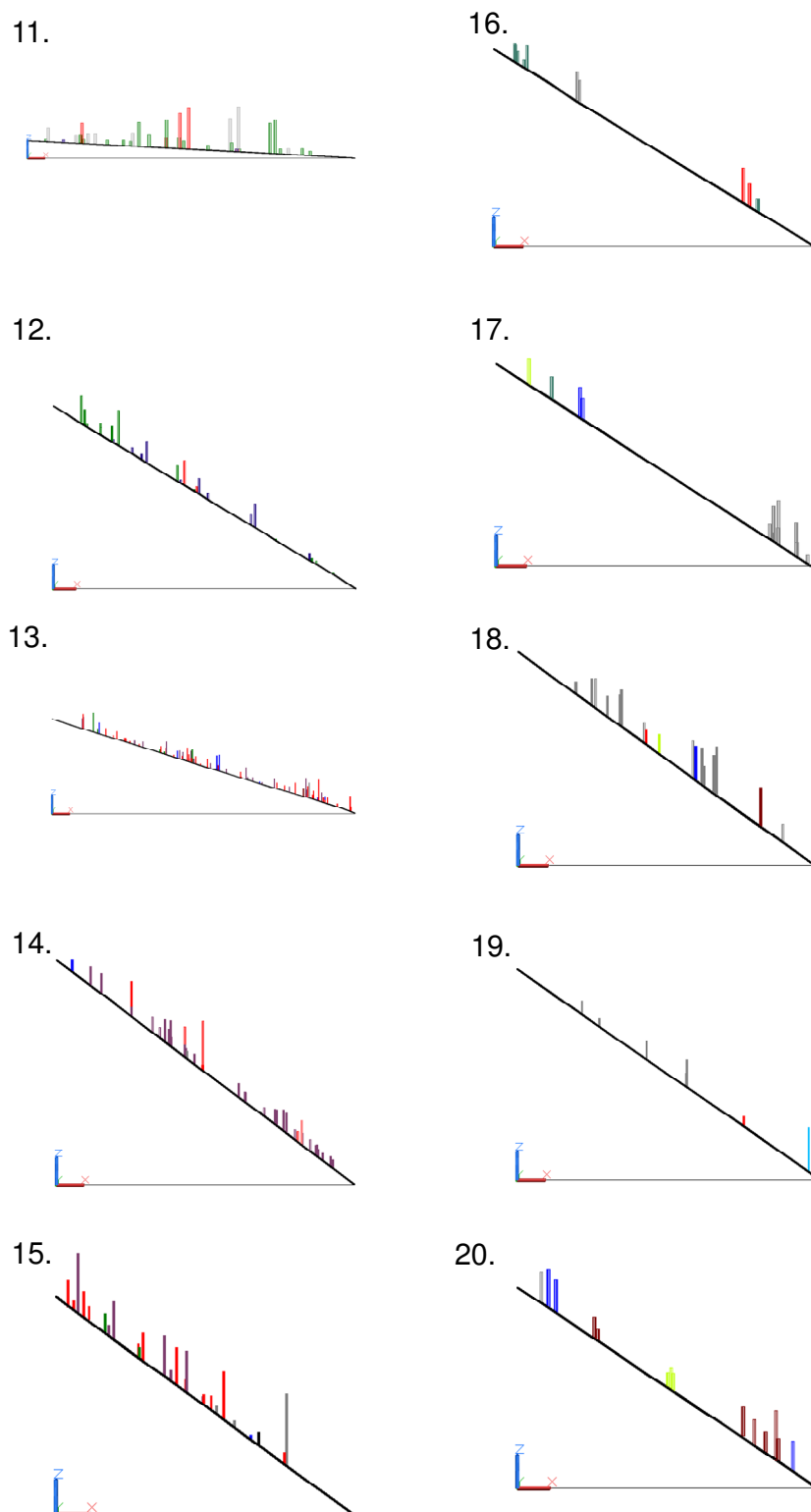


Figura 9. Vista lateral das clareiras e as plântulas mensuradas nelas, incluindo a inclinação do terreno, gerado no ADC (Clareiras 11-20).

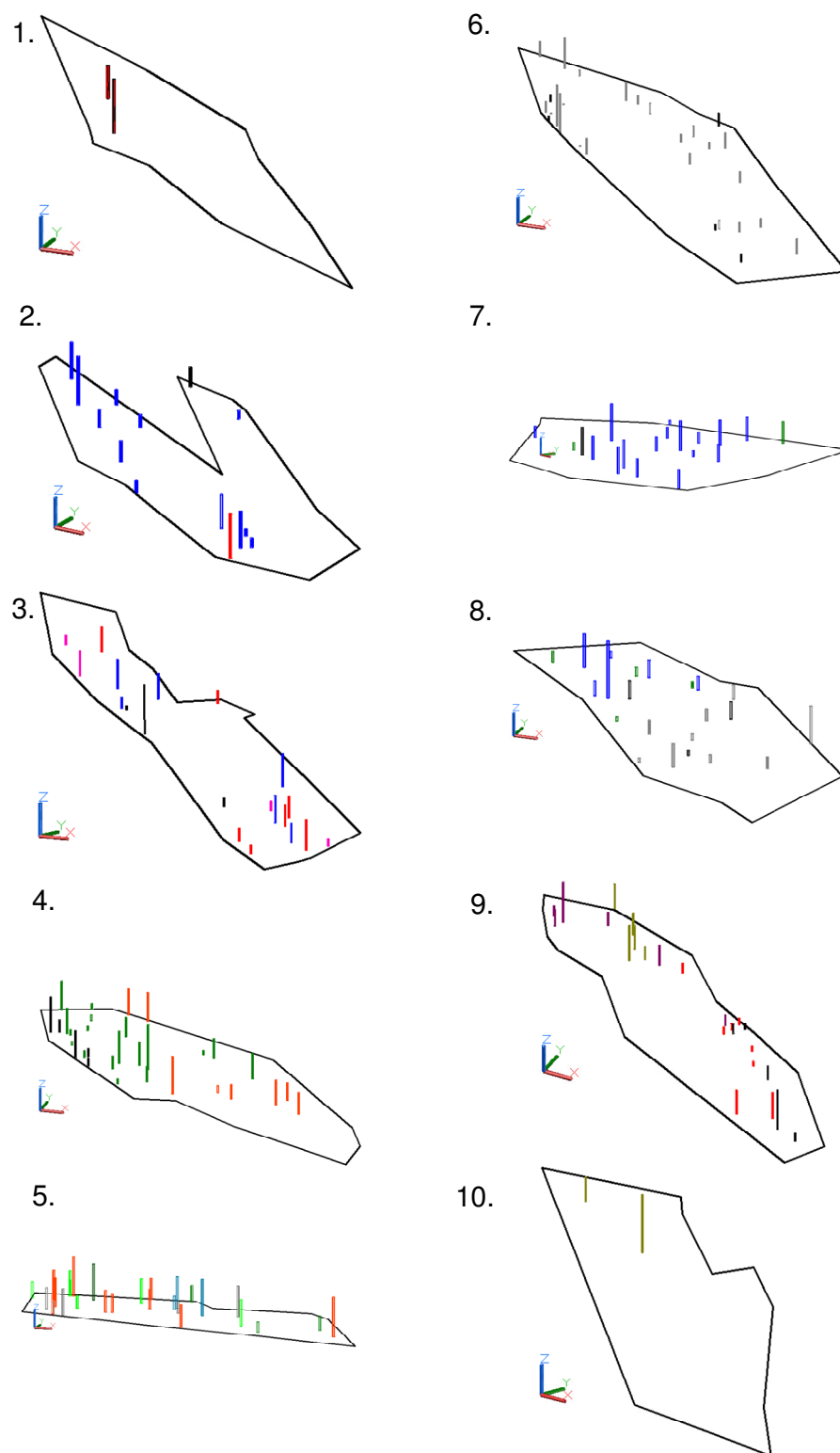


Figura 10. Vista em três dimensões, gerado no ADC, das clareiras e a distribuição espacial das plântulas mensuradas nela (Clareiras 1-10).

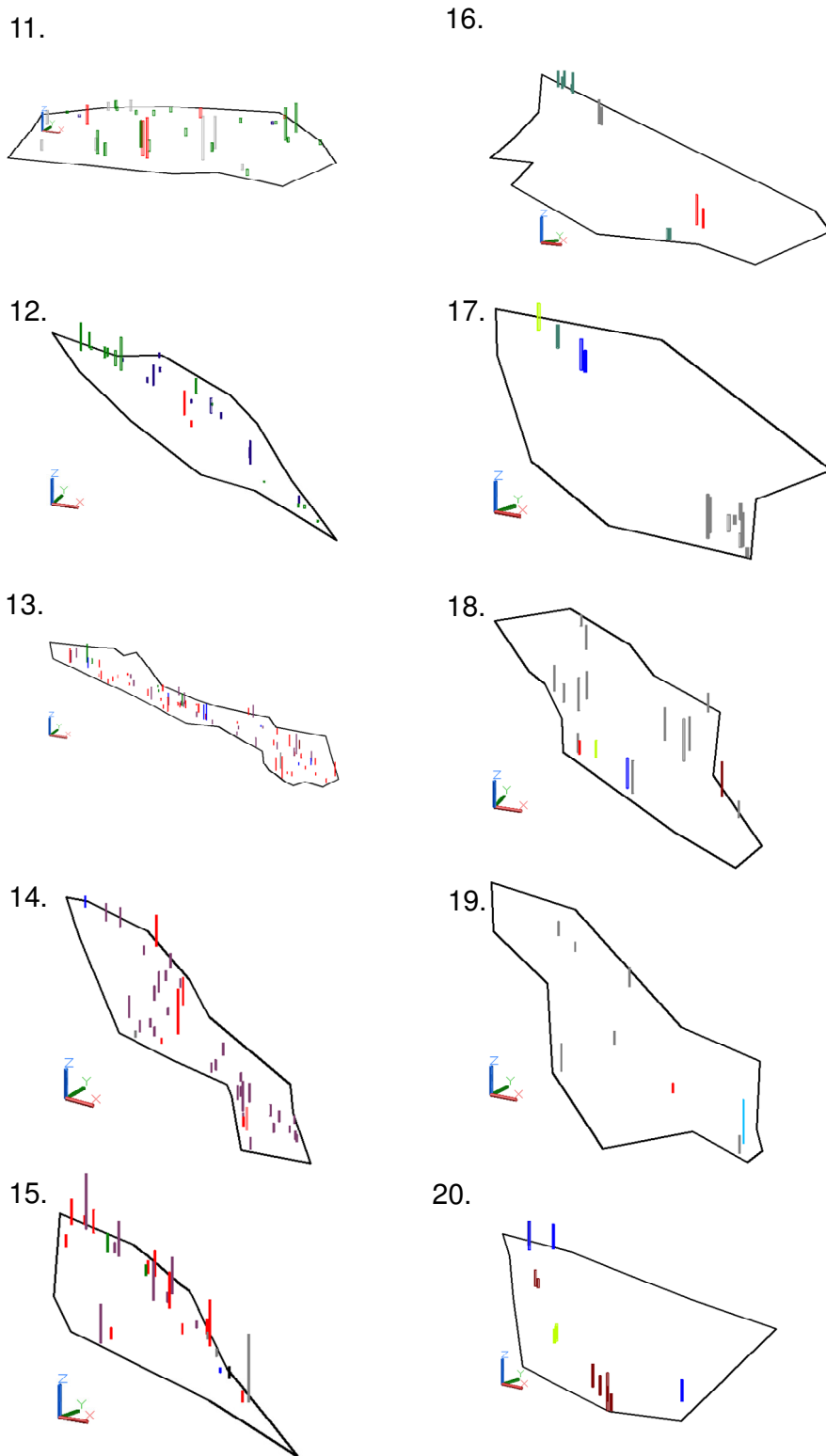


Figura 11. Vista em três dimensões, gerado no ADC, das clareiras e a distribuição espacial das plântulas nelas (Clareiras 11-20).

Para estimar a área de acordo com Runkle (1981) foram necessárias somente duas mensurações, o eixo maior, determinado pela maior distância entre dois pontos na borda, e um eixo secundário, correspondente a distância maior entre dois pontos na borda de forma perpendicular ao eixo maior. A elipse foi gerada no SIG inserindo os dados anteriores como parâmetros de largura e comprimento para a elipse. A área da elipse foi obtida de forma automática pelo SIG acessando aos parâmetros da elipse (Figura 12A). Os dados foram armazenados numa camada nomeada "runkle".

De acordo com método proposto por Brokaw (1982) foram necessárias as distâncias dos azimutes em 8 direções equidistantes desde o centro da clareira até a borda, correspondendo aos ângulos 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° e 315° . Fechando as linhas nos pontos externos a área fica dividida em 8 triângulos. A somatória destas áreas resulta na área total da clareira (Figura 12B). Os dados foram armazenados numa camada nomeada "brokaw".

O método usado por Green (1996) é similar ao anterior, a diferença é o uso de 16 azimutes em lugar dos 8 usados por Brokaw (1982). No SIG o procedimento foi igual ao anterior, diferindo no uso dos ângulos 0° , $22,5^\circ$, 45° , $67,5^\circ$, 90° , $112,5^\circ$, 135° , $157,5^\circ$, 180° , $202,5^\circ$, 225° , $247,5^\circ$, 270° , $292,5^\circ$, 315° e $337,5^\circ$ para obter os lados dos triângulos e calcular as áreas e somar para obter a área da clareira (Figura 12C). Os dados foram armazenados numa camada nomeada "green".

No método dos "Triângulos" proposto por Lima (2005) são denominados os pontos de referência na borda da clareira como esquinas. Para obter a área são medidas as distâncias entre as esquinas consecutivas, que constituem o polígono ou perímetro da clareira. Após são medidas as esquinas não consecutivas, delineando as diagonais do polígono dentro da clareira e conformados os triângulos. A somatória das áreas dos triângulos é considerada a área da clareira (Figura 12D). Os dados foram armazenados no ADC dentro de uma camada nomeada "lima".

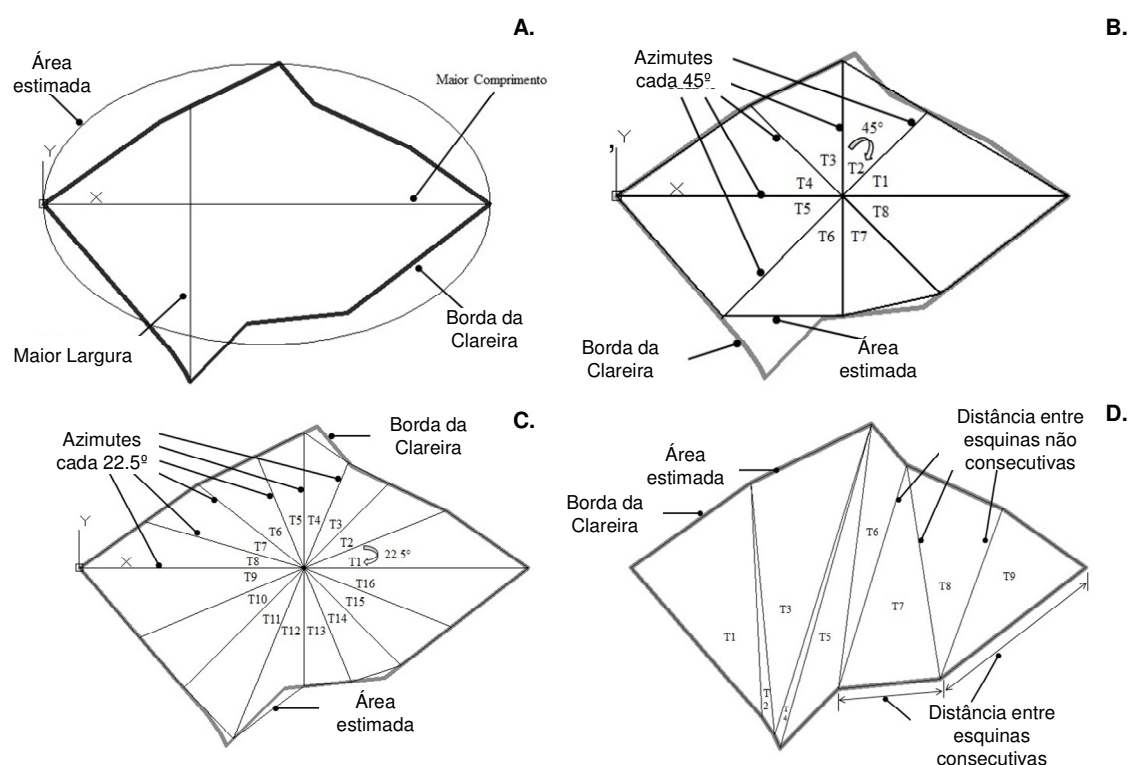


Figura 12. Diagrama dos 4 métodos para estimar a área das clareiras usados na comparação. A) Runkle (1981), B) Brokaw (1982), C) Green (1996) e D) Lima (2005), delineados sobre a base da área da clareira obtida pelo método "Niebla".

O resultado do ANOVA não apresentou diferenças significativas entre as estimativas obtidas por cada método ($F= 1,572$ $p= 0,188$). O teste *a posteriori* de Tukey também não revelou diferença ao comparar os 5 métodos entre si. Quando se classifica as clareiras pela frequência da área estimada por cada método (Figura 13), observa-se diferenças nas proporções de cada classe, sendo notável que o método Runkle apresenta um maior número de clareiras nas classes de maior tamanho. Os outros métodos apresentam o mesmo padrão, mas Brokaw e Green não apresentaram indivíduos na classe acima de 200m^2 . Os métodos de Lima e "niebla" apresentaram estimativas iguais das áreas e mesma distribuição de frequência por tamanho.

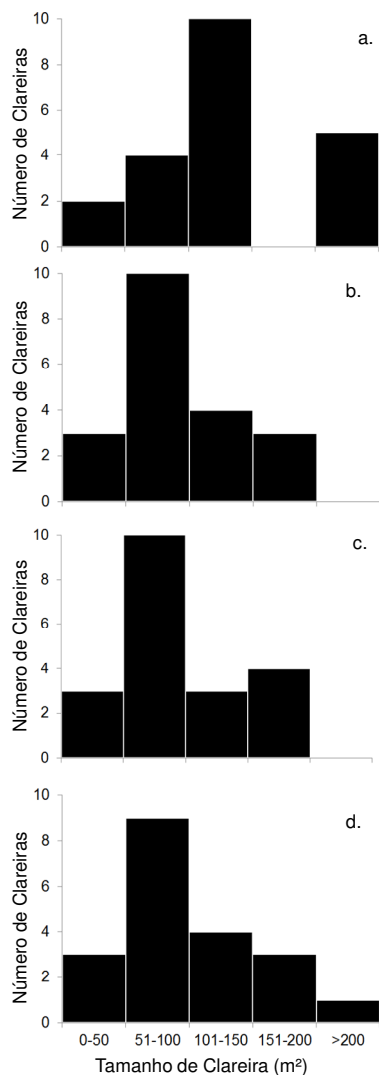


Figura 13. Distribuição por classes de tamanho das áreas das clareiras estimadas por cada método. a) Runkle, b) Brokaw, c) Green e d) Lima e “niebla”.

Usando como referência as estimativas do método “niebla” da área para cada clareira, obteve-se o erro padrão obtido por cada método para cada clareira. Os erros padrão foram testados mediante ANOVA, mostrando diferenças significativas entre os métodos ($F=17,289$ $p=0.001$). O teste a posteriori de *Tukey* mostrou que o método Runkle é diferente de todos e estima áreas maiores para as

clareiras. O método Brokaw é igual ao Green e apresentam diferenças em relação aos outros três métodos testados (Figura 14).

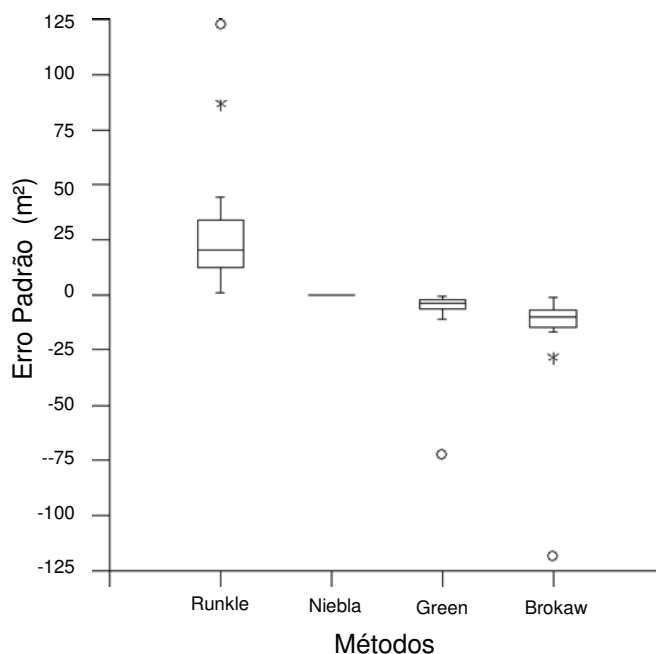


Figura 14. Erro padrão das estimativas das áreas pelos métodos de Brokaw, Green, Lima, Niebla e Runkle comparados com as do método “niebla”.

A importância de uma boa estimativa para a área da clareira é clara. Segundo Denslow *et al.* (1998) o tamanho da clareira tem fortes implicações nos processos ecológicos subsequentes. Este é um bom índice para caracterizar a entrada de luz e a disponibilidade de recursos (Denslow 1987). Também é importante na determinação de parâmetros dependentes da área como riqueza e densidade, frequência de tamanho dos distúrbios e o *turnover*, parâmetros correlacionado com os padrões de regeneração (Lima 2005).

As análises mostraram que o método “niebla” produz estimativas das áreas das clareiras com a mesma acurácia que o método de “triângulos”, proposto por Lima (2005) e que, de acordo com este autor, mostrou ser o mais subjetivo quando comparado com os métodos de Runkle, Brokaw e Green, já que não

depende do centro da clareira, e também é o mais acurado, ao levar em conta pontos na borda para a sua estimativa.

Tendo em vista a alta declividade do terreno, característica dos Andes, e as dificuldades que isso implica, o método “niebla” mostrou ser uma alternativa eficiente e simples para estimar a área de clareiras. Quando comparado com os outros quatro métodos, a praticidade do método “niebla” em campo evidencia a adaptação do método às condições de alta declividade da FTMN. Além disso, a dependência de um eixo para realizar todas as medidas espaciais permite um menor erro nas estimativas de distâncias e áreas, e facilita a mensuração de outros parâmetros como declividade e azimute.

Não foram encontradas diferenças significativas nas estimativas das áreas, contrário ao reportado por Lima (2005). Por outro lado neste estudo também foi observado que o método Runkle tende a superestimar a área, devido provavelmente à que este é o único método que assume uma forma geométrica para estimar a área, a qual nem sempre coincide com a encontrada em campo. Os métodos de Brokaw e Green tendem a subestimar a medida da área da clareira. Isto pode ser devido ao fato destes métodos cortarem a borda da clareira em pontos arbitrários para formar os triângulos, sem levar em conta a forma da clareira, onde algumas áreas são excluídas da estimativa.

Uma vez obtido o desenho da borda da clareira e a localização das plântulas dentro dela, usando o método “niebla”, foi determinada e demarcada a área onde não foram encontradas plântulas das palmeiras (Figura 15). Para isto foram ativadas as camadas da borda e dos indivíduos de todas as espécies presentes na clareira e posteriormente demarcado numa nova camada no ADC, ou seja, perímetro sem plântulas. Em cinco das clareiras não foi possível realizar esta operação já que elas apresentaram poucos indivíduos e para as restantes (15 clareiras) foi realizado o mesmo procedimento e geradas as correspondentes imagens (Figura 16).

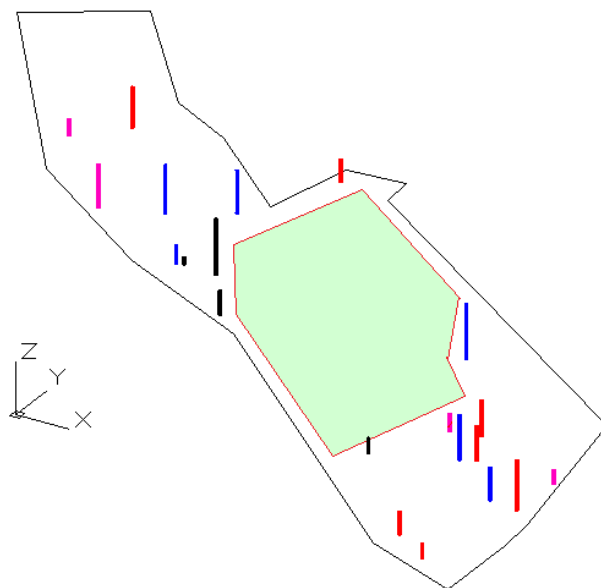


Figura 15. Demarcação da área da clareira não ocupada por plântulas (3D).
Demarcação verde na imagem.

Os espaços nas clareiras não ocupados pelas plântulas de palmeiras podem estar relacionados com vários fatores. O primeiro deles é o evento de criação. Em condições de FTMN predominantemente são causadas pela queda de ramos, onde o ramo e os resíduos eliminam boa parte das plântulas no solo, e estes restos podem criar uma barreira física para a germinação das sementes no solo (Brown, 1993; Richards & Williamson, 1975; Svenning et al., 1999). Outros fatores que podem estar influenciando a existência destas áreas são a disponibilidade de luz, as condições do solo, espessura da camada de serapilheira, presença de rochas, variações na declividade, tipo de solo e outras variáveis que representam potenciais influências no processo de regeneração em clareiras naturais (Brown, 1996; Chazdon, 1985; Svenning, 2001). Essas áreas não ocupadas podem representar áreas diferenciadas para a regeneração das palmeiras por fatores não estudados, e dependendo da proporção da área total da clareira que representam, podem influenciar as estimativas de densidade de plântulas e distribuição delas dentro da clareira, razão que ressalta ainda mais a importância dos estudos nestes microambientes.

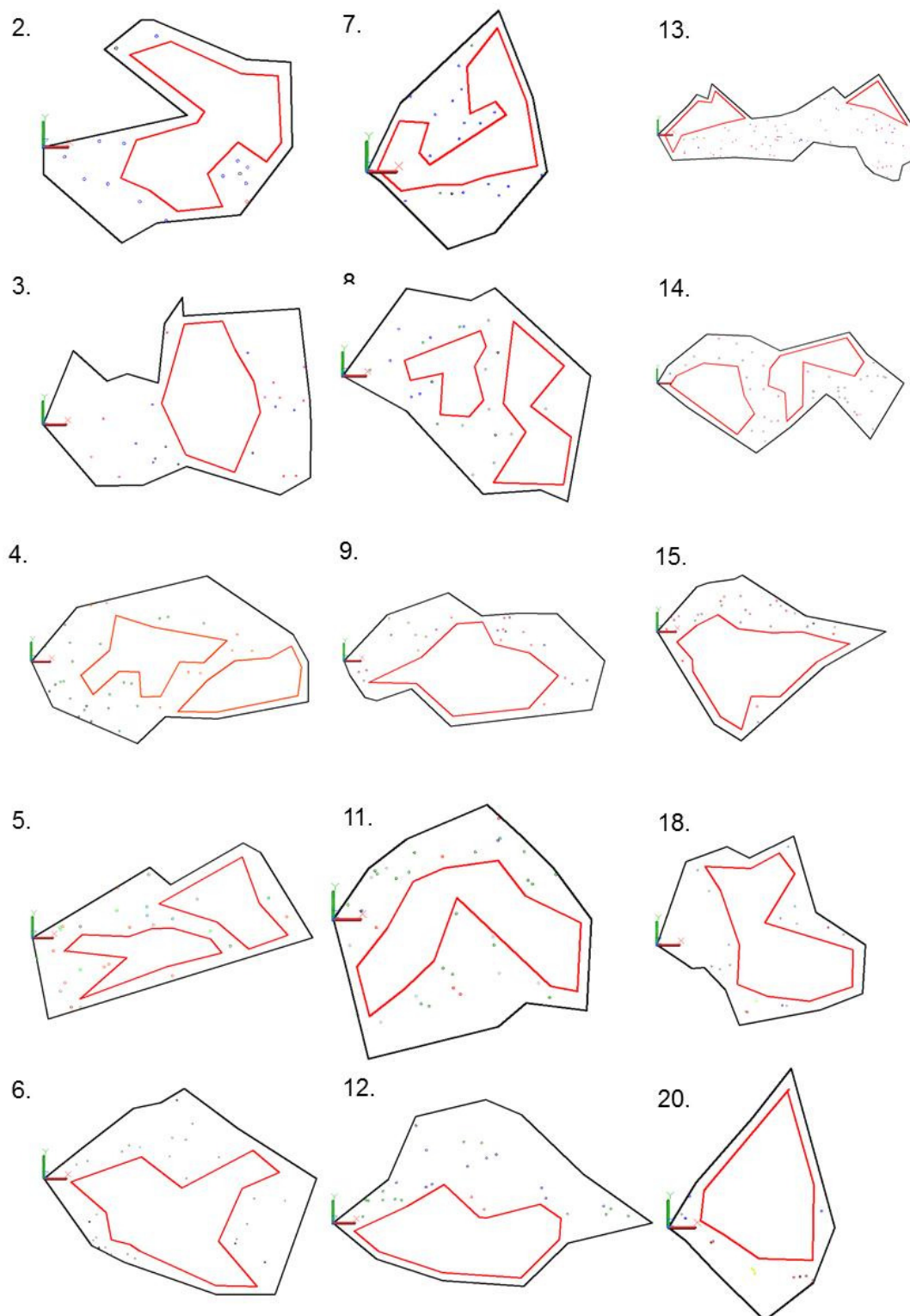


Figura 16. Demarcação (em vermelho) das áreas não ocupadas por plântulas de palmeiras nas clareiras, Floresta de Nuvens, Colômbia (os números correspondem ao número da clareira).

Estudar a microtopografia das clareiras e associá-la com fatores que possam afetar a regeneração dentro dela, sobrepondo camadas de informações dos diversos fatores no ADC e com essas informações gerar diagramas permite auxiliar na determinação de áreas que efetivamente apresentam condições favoráveis para a regeneração das palmeiras. As estimativas de densidade e possivelmente de distribuição das plântulas dentro da clareira podem estar fortemente influenciadas por diversos fatores e conhecer essa informação nesse nível de detalhe pode incrementar o entendimento acerca dos fatores bióticos e abióticos que afetam a regeneração das espécies e suas reais capacidades de se adaptar as condições microambientais criadas pelas clareiras, especialmente com relação à microtopografia.

6. Conclusões

O método “niebla” para estimar a área das clareiras ao nível do solo mostrou-se como uma alternativa aplicável na mensuração desta variável, que resulta em grande importância para estimativas de parâmetros ecológicos como o *turnover*. Além disso, o método representa uma ferramenta de grande utilidade para o desenvolvimento de estudos deste tipo em ambientes em condições de declividade similares as encontradas nos Andes. Não obstante a praticidade do método foram observados menores valores para as estimativas evidenciando uma boa acurácia do mesmo.

A integração do método “niebla” numa ferramenta de base SIG permite a modelagem do microambiente da clareira em três dimensões através de um ADC. O ADC facilita a visualização da clareira em um plano cartesiano, e inclui dentro dos parâmetros a declividade do terreno levando em conta a posição exata de cada plântula dentro da clareira, que representa outra forma de analisar os fenômenos e processos que ocorrem neste microambiente.

Usando a ferramenta SIG foi determinado que o método “niebla” é tão acurado quanto o método dos triângulos de Lima (2005), e que as outras metodologias tendem a subestimar ou superestimar a área da clareira. Os erros nas estimativas da área da clareira podem levar a erros na estimativa de outros parâmetros ecológicos que são baseados neste tipo de mensuração.

A identificação de áreas dentro das clareiras nas quais não foram registradas plântulas nas clareiras mostra a utilidade de observar as clareiras dentro das diferentes perspectivas que o método niebla permite. Mas estas áreas representam uma grande pergunta que pode ser abordada usando o método para sobrepor outras informações da clareira, como restos do evento de criação, intensidade da radiação ou condições do solo, para identificar os possíveis fatores afetando a regeneração de palmeiras. Isto também evidencia o efeito da heterogeneidade ambiental sobre os processos de regeneração natural dentro das clareiras.

A ferramenta SIG aqui apresentada pode ser usada no campo dos estudos ecológicos (clareiras, regeneração, padrões de dispersão, relevo, dinâmica) ao tempo que possibilita a inclusão de outros parâmetros ambientais (solo, luminosidade, serapilheira e outros) para gerar camadas que uma vez sobrepostas no ambiente DAC gerem mapas das clareiras com informações mais completas das condições individuais das clareiras.

Visando o auxílio no manejo florestal esta ferramenta permite identificar as espécies que estão se regenerando nas clareiras e assim conhecer as condições ideais para seu estabelecimento. Isto permite planejar processos de restauração florestal nas clareiras criadas em áreas de extração madeireira, e fornece informação importante para a inclusão destas espécies em sistemas agroflorestais. Esta informação também pode ajudar no planejamento da exploração de PFNM, já que estas espécies devem ter um manejo cuidadoso para realizar o aproveitamento sem interferir no processo natural da manutenção das populações.

7. Referências Bibliográficas

- Almeida, S.S. de. (1989) Clareiras naturais na amazonia central: abundância, distribuição, estrutura e aspectos da colonização vegetal. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia, 125p.
- Anderson, M.C. (1966) Stand Structure and Light Penetration. II. A Theoretical Analysis. *Journal of Applied Ecology*, **3**, 41–54.
- Anderson, M.C. (1964) Studies of the Woodland Light Climate: I. The Photographic Computation of Light Conditions. *Journal of Ecology*, **52**, 27–41.
- Arriaga, L. (1988) Gap Dynamics of a Tropical Cloud Forest in Northeastern Mexico. *Biotropica*, **20**, 178–184.
- Aubréville, A. (1938) La forêt coloniale: les forêts de l'Afrique occidentale française. *Annals Academia Science Coloniale*, **9**, 245.
- Bazzaz, F.A. & Pickett, S.T.A. (1980) Physiological Ecology of Tropical Succession: A Comparative Review. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **11**, 287–310.
- Bray, J. R. (1956) Gap Phase Replacement in a Maple-Basswood Forest. *Ecology*, **37**, 598–600.
- Brokaw, N.V.L. (1982) Treefalls: Frequency, Timing, and consequences. In, Leigh, E. G.. Jr., A. S. Rand, and D. M. Windsor (Eds.). *The Ecology of a Neotropical Forest: Seasonal Rhythms and Longer-term Changes*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., U.S.A. pp. 101–108.
- Burrows, F.M. (1975) Wind-borne Seed and Fruit Movement. *New Phytologist*, **75**, 405–418.
- Cameron, R.J. (1954) Mosaic or Cyclical Regeneration in North Island Podocarp Forests. *New Zealand Journal of Forestry*, **7**, 55–64.
- Campbell, G.S. & Norman, J.M. (1989) The description and measurement of plant canopy structure. *Plant Canopies: their growth, form and function*. (eds G. Russell, B. Marshal & P.G. Jarvis), pp. 1–20.
- Chrisman, N.R. (1999) Review Paper What Does GIS Mean? *Transictions in GIS*, **3**, 175–186.

- Coppock, J.T. & Rhind, D.W. (1991) The History of GIS. *Geographical Information Systems: principles and applications*. (eds D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind), Longman, London, pp. 21–43.
- Cowen, D.J. (1988) GIS versus CAD versus DBMS : What Are the Differences ? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **54**, 1551–1555.
- Evans, G.C. & Coombe, D.E. (1959) Hemispherical and Woodland Canopy Photography and the Light Climate. *Journal of Ecology*, **47**, 103–113.
- Fiala, A.C.S., Garman, S.L. & Gray, A.N. (2006) Comparison of five canopy cover estimation techniques in the western Oregon Cascades. *Forest Ecology and Management*, **232**, 188–197.
- Finnigan, J. (2000) Turbulence in Plant Canopies. *Annual Review of Fluid Mechanics*, **32**, 519–571.
- Goodchild, M.F. (1991) Geographic Information Systems. *Progress in Human Geography*, **15**, 194–200.
- Green, P.T. (1996) Canopy gaps in rain forest on Christmas Island , Indian Ocean : size distribution and methods of measurement. *Journal of Tropical Ecology*, **12**, 427–434.
- Halle, F., Oldeman, R.A.A. & Tomlinson, P.B. (1978) *Tropical Trees And Forests: An Architectural Analysis*.
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M. & Baret, F. (2004) Review of methods for in situ leaf area index determination Part I . Theories , sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology*, **121**, 19–35.
- Kahn, F. (1986) Life Forms of Amazonian Palms in Relation to Forest Structure and. *Biotropica*, **18**, 214–218.
- Kahn, F. & Granville, J.-J. de de. (1992) *Palms in Forest Ecosystems of Amazonia*. Springer-Verlag.
- Kimmins, J.P. (2006) Forest Ecology. *Encyclopedia of Life Support Systems*. EOLSS Publishers. p. 300.
- King, S.L. & Antrobus, T.J. (2005) Relationships between gap makers and gap fillers in an Arkansas floodplain forest. *Journal of Vegetation Science*, **16**, 471–478.

- Korhonen, L., Korhonen, K.T., Rautiainen, M. & Stenberg, P. (2006) Estimation of Forest Canopy Cover : a Comparison of Field Measurement Techniques. *Silva Fennica*, **40**, 577–588.
- Lemon, P.E. (1956) A spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forest Science*, **2**, 314–320.
- Lima, R.A.F.D. (2005) Gap size measurement: The proposal of a new field method. *Forest Ecology and Management*, **214**, 413–419.
- Lowman, M.D. & Wittman, P.K. (1996) Forest Canopies: Methods , Hypotheses and Future Directions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **27**, 55–81.
- Maguire, D.J. (1991) An Overview and Definition of GIS. *Geographical Information Systems: principles and applications*. (eds D.J. Maguire, M.F. Goodchild & D.W. Rhind), Longman, London. pp. 9–20.
- McNaughton, K.G. (1989) Regional interactions between canopies and the atmosphere. *Plant Canopies: their growth, form and function*. (eds G. Russell, B. Marshall & P.G. Jarvis), p. 180. Cambridge University Press.
- Meer, P.J. van der & Bongers, F. (1996) Patterns of Tree-Fall and Branch-Fall in a Tropical Rain Forest in French Guiana. *Journal of Ecology*, **84**, 19–29.
- Moffett, M.W. (2006) What's "Up"? A Critical Look at the Basic Terms of Canopy Biology. *Biotropica*, **32**, 569–596.
- Nadkarni, N.M., Parker, G.G. & Lowman, M.D. (2011) Forest canopy studies as an emerging field of science. *Annals of Forest Science*, **68**, 217–224.
- Nadkarni, N.M., Parker, G.G., Rinker, H.B. & Jarzen, D.M. (2004) The Nature of Forest Canopies. *Forest Canopies*. (eds M.D. Lowman & H.B. Rinker), pp. 24–48.
- Nakazono, E.M. (2010) O "Mateiro" e a pesquisa científica. *Conhecimentos tradicionais e territórios na Pan-Amazônia*. pp. 64–71.
- Neteler, M., Bowman, M.H., Landa, M. & Metz, M. (2012) GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. *Environmental Modelling & Software*, **31**, 124–130.
- Niklas, K.J. (1992) *Plant Biomechanics: an ingeneering approach to plant form and function*. The University of Chicago Press.

- Ott, R. & Juday, G.P. (2002) Canopy gap characteristics and their implications for management in the temperate rainforests of southeast Alaska. *Forest Ecology and Management*, **159**, 271–291.
- Paletto, A. & Tosi, V. (2009) Forest canopy cover and canopy closure : comparison of assessment techniques. *European Journal of Forest Research*, **128**, 265–272.
- Palomino Cuya, D.G., Brandimarte, L., Popescu, I., Alterach, J. & Peviani, M. (2013) A GIS-based assessment of maximum potential hydropower production in La Plata basin under global changes. *Renewable Energy*, **50**, 103–114.
- Raupach, M. (1989) Turbulent Transfer in Plant Canopies. *Plant Canopies: their growth, form and function*. (eds G. Russell, B. Marshal & P.G. Jarvis), pp. 41–61.
- Raupach, M.R. & Thom, A.S. (1981) Turbulencer in and above plant canopies. *Annual Review of Fluid Mechanics*, **13**, 97–129.
- Richards, P.W. (1954) *The Tropical Rainforests*. Cambridge University Press.
- Rosa, R. (2009) Sistemas de informação geográfica na América Latina: principais desafios. *International Review of Geographical Information Science and Technology*, **9**, 9–12.
- Runkle, J.R. (1981) GAP regeneration in some old growth forest of the eastern unites estated.pdf.pdf. *Ecology*, **62**, 1041–1051.
- Sanford, R.L., Braker, H.E. & Hartshorn, G.S. (2009) Canopy openings in a primary neotropical lowland forest. *Journal of Tropical Ecology*, **2**, 277–282.
- Schupp, E.W., Howe, H.F., Augspurger, C.K. & Levey, D.J.. (1989) Arrival and Survival in Tropical Treefall Gaps. *Ecology*, **70**, 562–564.
- Shaw, D.M. & Atkinson, S.F. (1990) An Introduction to the Use of Geographic Information Systems for Ornithological Research. *The Condor*, **92**, 564–570.
- Silva, R.R.V. da, Marangon, L.C. & Alves, A.G.C. (2011) Entre a etnoecologia e a silvicultura: o papel de informantes locais e cientistas na pesquisa florestal. *Interciencia*, **36**, 485–492.
- Steege, H. ter. (1993) *HEMIPHOT, a programme to analyze vegetation indices, light and light quality from hemispherical photographs*. The Tropenbos Foundation.

- Sterck, F., Meer, P.V.D. & Bongers, F. (2012) In Two Rain Forest Canopies in French Guyana¹ Herbivory. , **24**, 97–99.
- Strickler, G.S. (1959) Use of the Densiometer to Estimate Density of Forest Canopy on Permanent Sample Plots. *PNW Old Series Research Notes*, 1–5.
- Suganuma, M.S., Domingues, J.M., Cavaleiro, A.L., Laforga, A.L. & Benato, T. (2008) Comparando metodologias para avaliar cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. *Revista Árvore*, **32**, 377–385.
- Svenning, J.C. (2001) On the Role of Microenvironmental Heterogeneity in the Ecology and Diversification of Neotropical Rain-Forest Palms (Arecaceae). *The Botanical Review*, **67**, 1–53.
- Sweeney, M.W. (1999) Geographic Information Systems. *Water Environment Research*, **71**, 551–556.
- Tomlinson, R.F. (1967) *An introduction to the Geo-Information System of the Canada Land Inventory*. Department of Forestry and Rural Development.
- Watt, A.S. (1947) Pattern and Process in the Plant Community. *The Journal Of Ecology Ecology*, **35**, 1–22.
- Whitmore, T.C. (1978) Tropical Trees as a Living Systems. *Tropical Trees as a Living Systems*. (eds P.B. Tomlinson & M.H. Zimmerman), pp. 639–656.
- Yamamoto, K. (2000) Estimation of the canopy-gap size using two. *Ecological Research*, **15**, 203–208.

CONCLUSÕES GERAIS

A Floresta Tropical Montana Nublada na comunidade “El Caraño” abriga uma grande diversidade de espécies de palmeiras. Estas representam um recurso alimentar importante para a fauna que habita neste ecossistema, e fonte de recursos para suprir diversas necessidades nas atividades cotidianas das comunidades humanas que habitam essas áreas.

A comunidade camponesa de El Caraño mostrou possuir poucos conhecimentos sobre as espécies de palmeiras presentes no entorno e as utilidades que elas representam, sinalando uma possível perda destes conhecimentos tradicionais e a conseqüente subvalorização destes recursos, cenário que mesmo sendo um problema, representa também um potencial de para exploração racional de PFMN visando a conservação da FTMN e a valorização adequada dos recursos oferecidos por este ecossistema.

Na totalidade das clareiras naturais estudadas nesta FTMN foram registradas plântulas de palmeiras, indicativo da importância destes microambientes na regeneração destas espécies. A densidade de plântulas nas clareiras foi influenciada pelo estrato do dossel ocupado pelas palmeiras, de forma que as palmeiras de maior porte ocupando o dossel superior são também as que apresentam a maior quantidade de plântulas regenerando nestes microambientes. Os padrões de causas da criação da clareira mostram uma forte influência dos ventos, criada pelo encontro dos ventos alísios quentes provenientes da Amazônia com os ventos frios dos andes, e da carga de chuva que aumente pela abundância de plantas epífitas nos ramos das árvores.

O método *niebla* para estimativa da área das clareiras e o processo de modelagem em duas e três dimensões aqui apresentados mostraram praticidade na coleta de dados e acurácia nas estimativas posteriores. As imagens geradas no ADC permitem a análise de padrões espaciais da distribuição das plântulas dentro da clareira mediante a sobreposição de camadas de informações, e quanto

maiores informações sejam inseridas no sistema maiores as possibilidades de análise.

As estimativas e padrões acessados mediante a aplicação do método *niebla* tem o potencial de fornecer informações sobre as condições ótimas para a regeneração das espécies e assim poder planejar procedimentos de restauração florestal, levando em conta os requerimentos reais de cada espécie, para assegurar o maior sucesso no estabelecimento das plântulas ou mudas. Igualmente essas informações podem ser aplicadas para determinar os períodos ótimos de plantado das espécies dentro de sistemas agroecológicos dependendo da estrutura geral dossel. Também podem ser usadas estas informações no planejamento da exploração de PFNM de forma que os processos naturais de regeneração destas espécies não sejam afetados em grande medida pelas atividades antrópicas que esta pratica requer.

O aperfeiçoamento do método e da ferramenta SIG vai permitir posteriormente a inclusão de mais variáveis e a ampliação do seu campo de ação ao ser aplicado e testado em outras situações de pesquisa que requerem este tipo de análise da distribuição espacial das espécies em determinada área. Da mesma forma poderão ser identificados padrões de ocorrência de espécies e sua relação com os fatores bióticos e abióticos que possam ser mensurados. A compreensão de todos estes processos ocorrendo dentro das clareiras vai auxiliar no entendimento do efeito destes microambientes na distribuição espacial das espécies na FTMN.