



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
(UFPI)  
Núcleo de Referência em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste  
(TROPEN)  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais  
(PGCA)  
Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
(PRODEMA)  
Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente  
(MDMA)**

**ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NA  
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – APA ESTADUAL CACHOEIRA DO  
URUBU (PI) E AVALIAÇÃO DE INDICADORES PARA MONITORAÇÃO  
AMBIENTAL**

**CLÁUDIA GERMANA BARBOSA DA SILVA**

**TERESINA – PIAUÍ  
2008**

**CLÁUDIA GERMANA BARBOSA DA SILVA**

**ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NA  
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – APA ESTADUAL CACHOEIRA DO  
URUBU (PI) E AVALIAÇÃO DE INDICADORES PARA MONITORAÇÃO  
AMBIENTAL**

**Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Utilização Sustentável dos Recursos Naturais.**

**Orientador: Dr. Ricardo Bomfim Machado  
Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Alberto Jorge Farias  
Castro**

**TERESINA – PIAUÍ  
2008**

**CLÁUDIA GERMANA BARBOSA DA SILVA**

**ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS NA  
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – APA ESTADUAL CACHOEIRA DO  
URUBU (PI) E AVALIAÇÃO DE INDICADORES PARA MONITORAÇÃO  
AMBIENTAL**

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008

---

**Dr. Ricardo Bomfim Machado**

Conservation International do Brasil (PRODEMA/UFPI/TROPEN)  
**Orientador**

---

**Profº. Dr. Antonio Alberto Jorge Farias Castro**

Universidade Federal do Piauí (CCN/UFPI)  
**Co-orientador**

---

**Dr. Sandro Menezes Silva**

Conservation International do Brasil  
Membro

---

**Prof. Dr. José Machado Moita Neto**

Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN)  
Membro

*A Deus;  
Aos meus pais, Josué e Nerly;  
E ao meu marido Riccardo.*

---

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

---

O início de uma caminhada é sempre muito importante para todos nós e a cada passo realizamos algo de novo que nos revela a beleza da ciência e o contentamento de poder contar com amigos, colaboradores e orientadores que nos encorajam a seguir em frente, diante dos obstáculos. Trilhar o caminho do conhecimento é algo que nunca poderemos fazê-lo sozinhos. Por isso que o reconhecimento e o agradecimento àqueles que nos ajudaram e muitas vezes nos levaram pelas mãos no rumo certo é muito importante.

Assim, quero agradecer primeiramente a Deus, que em sua imensa sabedoria, me proporcionou a grandeza do amor de uma família maravilhosa, de amigos companheiros e colaboradores dedicados. Além disso, me segurou pelas mãos tantas vezes para que eu obtivesse sucesso em todas as vezes que me sentia desviar do caminho.

Aos meus queridos pais, Josué e Nerly, pelo apoio incondicional nos momentos difíceis e pela confiança e encorajamento para que obtivesse o sucesso nesta empreitada e no trilha da minha vida. Meu irmão, Márcio e meu sobrinho Josué Neto, pelo amor e pela torcida de sempre.

Aos meus familiares, em especial aos meus tios, Daniel (*in memorian*) e Eliete pelo acolhimento e pela convivência harmoniosa durante tantos anos. Aos meus primos, Adriana, Herakisson e Rosiana pela força, torcida e ajuda em todos os momentos que precisei e pude contar com vocês.

Ao meu grande amor, Riccardo, pela dedicação, compreensão, paciência nas ausências constantes durante as viagens de campo e pela ajuda incomparável nos momentos de angústia e além de tudo por fazer parte da minha vida.

Também agradeço especialmente ao meu orientador, Ricardo Bomfim, por me conduzir neste caminho e estar disponível sempre que necessário e tornar real o sonho deste trabalho.

Ao professor e co-orientador Antonio Alberto Jorge Farias Castro pelo apoio logístico e intelectual durante a realização deste estudo e além disso pela confiança depositada em minha pessoa. A prof. Nívea e a todos do laboratório de biodiversidade.

E aos amigos, claro.... Pois sem a ajuda deles tudo ficaria mais difícil. Assim, expresso meu imenso amor por vocês que sempre me incentivaram e se colocaram a disposição quando eu pedia socorro. Então, meu muito obrigado especial:

- A Sandra e dona Dora, pelo carinho e cuidados em todos os momentos;
- A Eliciana amiga de sempre e de todas as horas;
- Ao Rigoberto e Ruth Raquel pela ajuda preciosa no reconhecimento de campo e escolha dos locais para implantação das unidades amostrais;
- Aos “soldados da ciência” - Afonso e André - pela preciosa ajuda nos trabalhos de campo e pelos momentos inesquecíveis que passamos juntos;
- Aos amigos da CONSPLAN, especialmente sr. Rocha, pelo apoio e torcida;
- Ao Fábio, Lucia e Profa. Dra. Roseli, pelo apoio nas rotinas do herbário e proporcionar momentos de grande descontração;
- A Danielle, Niwalber, Natanael, Cícero e Carlos Henrique pela disponibilidade de ajudar sempre que possível;
- Aos companheiros do mestrado – turma “Sete e Oito” - por tantos momentos prazerosos de dedicação aos estudos e empenho nas diversas atividades desenvolvidas.

A todos os professores do mestrado que se dedicam ao engrandecimento da ciência e consequentemente ao desenvolvimento do Estado e proteção da nossa biodiversidade. Aos especialistas que ajudaram nas identificações botânicas, Dra. Maria Sueli, Dra. Aline Pontes, Dr. Jomar Jardim, Dr. Rubens Pirani, Dr. Ronaldo Marquete, Dra. Carolyn Proença, Dr. Leonardo von Linsingen e MsC. Rubens Teixeira.

Aos colaboradores do TROPEN, Sra. Maridete pelo seu inigualável apoio na Secretaria do Mestrado e carinho, Sr. Batista e Sr. Ribamar, pelo apoio nas rotinas da instituição.

Os proprietários das fazendas da APA Cachoeira do Urubu, pela permissão para implantação das unidades amostrais. Ao mateiro e guia Jaireno Resende na ajuda do trabalho de campo e a todos os moradores da região. A dona Carmelita pelo apoio durante as estadias na pousada do Parque Ecológico Cachoeira do Urubu.

Agradeço, também, as instituições sem as quais este trabalho seria impossível, especialmente, ao Núcleo de Referências em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste (TROPEN), onde está instalado o Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente PRODEMA/TROPEN/UFPI. Ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Ao CNPq pela bolsa de estudo concedida, sem a qual, muito desse trabalho não seria possível.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a construção deste trabalho.

*“Precisamos também reconhecer o direito das gerações futuras de herdar, assim como nós, um planeta florescente de vida, e que mantenha sua capacidade de oferecer oportunidades para que possamos colher os benefícios econômicos, culturais e espirituais da natureza”.*

*(Convenção sobre Diversidade Biológica, 2006)*

## RESUMO

---

O presente trabalho objetivou propor um método para zoneamento ambiental associado ao processo de ocupação humana e verificar se esta divisão espacial possui reflexo nas comunidades de plantas. Tal abordagem é necessária para avaliar o estado de conservação dos fragmentos florestais da APA Estadual Cachoeira do Urubu e apontar indicadores para utilização em programas de monitoração ambiental de unidades de conservação. Foi instituída pelo Decreto Estadual nº. 9.736 de 16/06/1997 numa porção de 3.063 ha entre os municípios piauienses de Esperantina e Batalha (3°56'50" Lat S e 42°04'30" de Long W), numa zona de transição climática com contato de floresta, cerrado e caatinga sendo desenvolvidas a agricultura de subsistência, pecuária extensiva e o turismo doméstico no Parque Ecológico Cachoeira do Urubu. Propuseram-se três diferentes zonas extraídas pelas características topográficas com o uso de um modelo digital do terreno. A composição da estrutura da vegetação foi amostrada em 30 parcelas de 200m<sup>2</sup>, sendo 10 em cada zona. Os padrões da organização comunitária mensurados foram: densidade total; área basal total; alturas e diâmetros médios e máximos; frequência e dominância; índice de valor de importância e índice de valor de cobertura; índice de diversidade de Shannon & Wiener de todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com diâmetro ao nível do solo  $\geq 3$ cm e alturas a partir de 1,5 m. Realizou-se análise discriminante para testar a consistência do zoneamento e eventuais diferenças na estrutura da vegetação. Adicionalmente, uma análise de correlação canônica avaliou o nível de associação entre a estrutura da vegetação e os parâmetros básicos das taxocenoses (riqueza, abundância e dois índices de importância relativa das espécies). Para a comparação da riqueza de espécies entre as zonas realizou-se uma análise de variância (*one-way* ANOVA) e um teste qui-quadrado comparando a frequência de ocorrência das espécies em cada zona. Catalogou-se 46 espécies na zona 1; 40 na zona 2 e 46 na zona 3. As estimativas das densidades variaram em 4850 - zona 1, 2740 - zona 2 e 3710 - zona 3. Destacaram-se as famílias Myrtaceae (29,73%); Caesalpineaceae (15,22%) e Apocynaceae (10,62%). A análise discriminante indicou que cada zona possui uma estrutura de vegetação própria, sendo corretamente classificadas em 100% dos casos na zona 1, 90% na zona 2 e 100% na zona 3. A avaliação temática considerando a matriz dos dados da estrutura da vegetação demonstrou que as diferenças estão entre os parâmetros fitossociológicos individuais de cada zona. As médias das riquezas variaram significativamente entre as zonas 1 e 2 ( $p < 0,05$ ), entre a 1 e 3 ( $p < 0,05$ ), mas não entre a 2 e 3 ( $p > 0,05$ ). Em termos de estado de conservação dos ambientes, consideraram-se as zonas: 1 - mais preservada; 2 - em nível intermediário; e 3 - mais perturbada. A análise de frequência revelou a existência de espécies exclusivas de cada local, sendo algumas delas apontadas como indicadoras para fins de manejo foram: *Cathedra grandiflora*, *Copaifera martii*, *Faramea nitida* na zona 1, *Aspidosperma multiflorum*, *Casearia grandiflora*, *Myrcia* sp<sup>3</sup>, na zona 2; e *Eugenia* sp, *Byrsonima sericea*, *Bauhinia* sp na zona 3.



## ABSTRACT

---

The present work is aimed to propose a method for environmental zoning in protected areas. We assumed that flat and well drained areas will be occupied preferentially than sloppy areas. Therefore, natural ecosystems located on sloppy areas tend to be more conserved when compared with others. Plant communities were sampled in three different zones, all derived from digital elevation models, and comparisons were made under several parameters, including species richness, abundance, and two indexes of relative importance on the communities. The study was conducted on the Cachoeira do Urubu State Environmental Protection Area of Urubu, an area located on Northern Cerrado, on the state of Piauí, Brazil (3°56'50" Lat S, 42°04'30" of Long W). Besides the analysis of community structure and conservation state, the selection of species that could be act as environmental indicator was also another goal of the present study. The area was legally declared in 1997 with 3.063 hectares, where is common the development of subsistence agriculture, extensive livestock and ecotourism. We established 10 plots of 200 m<sup>2</sup> in three pre-defined zones. These zones were defined according to its slope pattern, being one zone mostly flat, a second zone with intermediary declivity and a third one more irregular. All individual with at least 3 cm on the basal diameter were sampled. We collect the following parameters: total density, total basal area, heights and medium and maximum diameters and frequency parameters and domain; index of value of importance and index of covering value and index of diversity of Shannon for each species. We performed a canonical discriminant analysis with vegetation structure data in order to corroborate the preliminary division of the zones. We also correlated biodiversity data with vegetation structure data in order to verify how different communities are spatially divided. The results shows a total of 46 plant species identified in the zone 1; 40 in the zone 2 and 46 in the zone 3. The estimates of the densities were: 4850 - zone 1, 2740 - zone 2 and 3710 - zone 3. The most frequent plant families were Myrtaceae (29.73%), Caesalpineaceae (15.22%) and Apocynaceae (10.62%). The discriminant analysis classified correctly all zones, being 100% of all cases for zone 1, 90% in the zone 2 and 100% in the zone 3. In terms of species richness, all zones are also different. In average, the number of plant species is different between zones, being zone 1 more diverse than zone 2 ( $p < 0.05$ ) and than zone 3, but we did not find differences between 2 and 3 ( $p > 0.05$ ). Zone 1 has the more preserved, whereas zone 2 is in an intermediate level and zone 3 is more disturbed. Some species were registered exclusively in some zones, such as *Cathedra grandiflora*, *Copaifera martii*, *Faramea nitida* for zone 1, *Aspidosperma multiflorum*, *Casearia grandiflora*, *Myrcia* sp<sup>3</sup> for zone 2, and *Eugenia* sp, *Byrsonima sericea*, *Bauhinia* sp for zone 3.

## LISTA DE FIGURAS

---

### **ARTIGO 1 - PADRÕES DA ORGANIZAÇÃO COMUNITÁRIA DA VEGETAÇÃO EM DIFERENTES ZONAS TOPOGRÁFICAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – APA CACHOEIRA DO URUBU, ESPERANTINA, PI, BRASIL**

1 – Divisão da APAECU por classe de declividade, segundo o Modelo Digital do Terreno com os números representando as classes de riqueza de declividade (R), onde: 3 – representa maior classe de riqueza; 2 – nível intermediário e 1 – menor classe de riqueza de declividade.....	54
2 – Proposta de para definição de zonas ambientais em uma área de proteção ambiental (UNESCO 2003) .....	55
3 – Mapa de uso da terra na APA Estadual Cachoeira do Urubu gerado a partir de uma classificação não supervisionada de imagens CBERS-CCD de 25/07/2006 .....	56
4 - Localização das zonas da Área de Proteção Ambiental – APA Estadual Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí, Brasil.....	57
5 – Discriminação das zonas propostas para a APA Estadual Cachoeira do Urubu em função das variáveis de estrutura da vegetação.....	58

### **ARTIGO 2 - COMPOSIÇÃO ESTRUTURAL E FITOCENOSE DAS ZONAS COM DIFERENTES USOS DA APA ESTADUAL CACHOEIRA DO URUBU – PI, ESPERANTINA, PIAUÍ, BRASIL E ESPÉCIES INDICADORAS PARA MONITORAÇÃO AMBIENTAL**

1 – Localização da Área de Proteção Ambiental – APA Estadual Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí, Brasil. Os números correspondem às classes de declividade e os pontos referem-se aos locais onde foram obtidos os dados de estrutura da vegetação e taxocenose.....	78
2 – Famílias botânicas catalogadas por zona na APA Estadual Cachoeira do Urubu, Piauí, Brasil.....	79
3 – Divisão por classes de diâmetro de 3 cm, por zona, dos indivíduos na APA Estadual Cachoeira do Urubu, Piauí, Brasil .....	80

4 – Dendrograma de similaridade florística pelo índice de Jaccard. 1 – esse estudo, 2 - Rodrigues, 1998; 3 – Castro et al, 1998; 4 – Ribeiro, 2000; 5 – Farias e Castro, 2004 6 – Mesquita e Castro, 2007; 7 – Oliveira e Martins, 2006; 8 – Barros e Castro, 2006; 9 – Costa e Castro, 2007 e 10 – Albino e Castro, 2007 .....	81
5 – Comparação entre os valores médios da riqueza observada nas três zonas definidas para a APA Estadual Cachoeira do Urubu .....	82
6 – Curva de amostragem, nas diferentes zonas da APA Estadual Cachoeira do Urubu, Piauí, Brasil.....	83

## LISTA DE TABELAS

---

1 - Alguns tipos de zoneamentos existentes no Brasil .....	25
--	----

### **ARTIGO 1 - PADRÕES DA ORGANIZAÇÃO COMUNITÁRIA DA VEGETAÇÃO EM DIFERENTES ZONAS TOPOGRÁFICAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – APA ESTADUAL CACHOEIRA DO URUBU, ESPERANTINA, PI, BRASIL**

1 – Comparação entre a classificação das unidades amostrais das Zonas 1, 2 e 3 da APA Estadual Cachoeira do Urubu.....	59
2 – Valores de correlação entre as variáveis originais e os componentes canônicos 1 e 2 gerados pela análise discriminante .....	60
3 – Distribuição das médias e desvios padrão dos dados fitossociológicos entre as zonas da APA Estadual Cachoeira do Urubu, onde: Dens.= densidade; AB = área basal; Diam. Médio = diâmetro médio; Diam. Max. = diâmetro máximo.....	61
4 – Correlações canônicas das zonas da APA Estadual Cachoeira do Urubu.....	62
6 – Matriz de correlação entre as variáveis representativas da estrutura da vegetação (linhas) e as variáveis representativas da taxocenose (colunas) resultante da análise de correspondência canônica realizada onde: Dens = densidade; AB = área basal; D_med = diâmetro médio; D_max = diâmetro máximo; A_med = altura média e A_max = altura máxima.....	63

### **ARTIGO 2 - COMPOSIÇÃO ESTRUTURAL E FITOCENOSE DAS ZONAS COM DIFERENTES USOS DA APA ESTADUAL CACHOEIRA DO URUBU – PI, ESPERANTINA, PIAUÍ, BRASIL E ESPÉCIES INDICADORAS PARA MONITORAÇÃO AMBIENTAL**

1 – Número de espécies amostradas, índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e índice de uniformidade Pielou ( $J'$ ) em três zonas topográficas da APA Estadual Cachoeira do Urubu .....	84
2 – Parâmetros fitossociológicos da Zona 1 no Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, Esperantina, PI, Brasil. N = número de indivíduos; U = unidades amostrais; DA =	

densidade absoluta; FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta; VC = índice valor de cobertura; VI = índice valor de importância .....	85
3 – Parâmetros fitossociológicos da Zona 2 no povoado Baixa Fria, Batalha, PI, Brasil. N = número de indivíduos; U = unidades amostrais; DA = densidade absoluta; FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta; VC = índice valor de cobertura; VI = índice valor de importância .....	86
4 – Parâmetros fitossociológicos da Zona 3 no povoado Buritis, Esperantina, PI, Brasil. N = número de indivíduos; U = unidades amostrais; DA = densidade absoluta; FA = frequência absoluta; DoA = dominância absoluta; VC = índice valor de cobertura; VI = índice valor de importância.....	87
5 – Distribuição das espécies por zona da APA Estadual Cachoeira do Urubu organizadas pelo maior valor no Teste do Chi <sup>2</sup> .....	88

## SUMÁRIO

---

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xi
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
2.1 PAISAGEM – DA REALIDADE EXPERIMENTADA À REPRESENTAÇÃO CIENTÍFICA .....	19
2.1.1 A Concepção Ecológica da Paisagem .....	20
2.1.2 Relação entre Biodiversidade e Estrutura da Paisagem .....	21
2.1.3 A Vegetação na Análise da Paisagem .....	22
2.2 METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO E MONITORAÇÃO AMBIENTAIS.....	24
2.3 O PAPEL DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NO ORDENAMENTO TERRITORIAL E AMBIENTAL .....	26
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>29</b>
<b>3 ARTIGO 1 - PADRÕES DA ORGANIZAÇÃO COMUNITÁRIA DA VEGETAÇÃO EM DIFERENTES ZONAS TOPOGRÁFICAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – APA ESTADUAL CACHOEIRA DO URUBU, ESPERANTINA, PI, BRASIL .....</b>	<b>36</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
Zoneamento da Área.....	41
Uso da Terra na APAECU .....	42
Levantamento da Estrutura da Vegetação .....	43
Análises Estatísticas dos Dados.....	43
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
Unidades de Mapeamento .....	45
Composição Estrutural das Diferentes Zonas da APAECU .....	47
Relação entre os Dados da Estrutura e Comunidade de Plantas das Diferentes Zonas da APAECU .....	48
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>

<b>4 ARTIGO 2 - COMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DAS ZONAS COM DIFERENTES USOS DA APA ESTADUAL CACHOEIRA DO URUBU, ESPERANTINA, PIAUÍ, BRASIL E ESPÉCIES INDICADORAS PARA MONITORAÇÃO AMBIENTAL .....</b>	<b>64</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>66</b>
Caracterização da Área.....	66
Definição das zonas da área de estudo .....	67
Levantamento Fitossociológico.....	68
Análises Estatísticas dos Dados.....	70
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>70</b>
Composição Estrutural dos Fragmentos Florestais da APAECU.....	70
Conservação dos fragmentos da APAECU .....	72
Distribuição das Espécies na APAECU para fins de Monitoração Ambiental .....	73
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>
<b>5 APÊNDICE .....</b>	<b>90</b>
A – FOTOS ILUSTRATIVAS DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	91
B – FOTOS ILUSTRATIVAS DAS ESPÉCIES VEGETAIS AMOSTRADAS .....	92
C – FOTOS ILUSTRATIVAS DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA APAECU.....	94
<b>6 ANEXOS .....</b>	<b>95</b>
A – INSTRUÇÕES AOS AUTORES DA REVISTA BRASILEIRA DE BOTÂNICA.....	96
B – INSTRUÇÕES AOS AUTORES DA REVISTA ACTA BOTANICA BRASILICA .....	100