

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

CHRISTIAN DIAS CABACINHA

**CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E FÍSICA DE FRAGMENTOS DE
MATA DE GALERIA NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA**

Goiânia

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CHRISTIAN DIAS CABACINHA

**CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E FÍSICA DE FRAGMENTOS DE
MATA DE GALERIA NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental.

Orientadora: Dra. Selma Simões de Castro

Goiânia

2008

CHRISTIAN DIAS CABACINHA

**CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E FÍSICA DE FRAGMENTOS DE
MATA DE GALERIA NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA**

Tese defendida no Curso de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do grau de Doutor, aprovada em 25 de março de 2008, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Profa. Dra. Selma Simões de Castro – UFG
Presidente da Banca

Prof. Dr. Divino Brandão – UFG

Prof. Dr. Lázaro José Chaves – UFG

Prof. Dr. Sebastião Venâncio Martins – UFV

Dr. Mário Barroso Ramos Neto – CI

Ao meu pai, a minha mãe, a minha sobrinha querida Tatiana, entes queridos que já partiram para o reino de Deus, mas que em vida foram incentivadores e amigos. A minha esposa, Raissa, pelo amor e dedicação e aos meus filhos queridos Caio e Maria Flor por fazerem parte da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À professora e orientadora desta tese, Selma Simões de Castro, pela confiança, dedicação e amizade.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos, sem a qual seria impossível a realização deste trabalho.

Ao Programa de Doutorado em Ciências Ambientais, em especial ao ex funcionário Noé e a atual secretária Lorena, pela educação e atenção com que sempre atendeu a todos, e ao professores, em especial os professores Laerte, Bini e Fausto ligados ao programa, pelos excelentes momentos de convívio e pelas oportunidades de amadurecimento científico durante o curso.

Aos amigos Mario e Cynthia, pela hospedagem, conselhos e orientações na concepção desta pesquisa e pelo incentivo para a concretização deste sonho.

À OREADES Núcleo de Geoprocessamento, pelo apoio logístico na realização das etapas de campo, em especial aos funcionários e colaboradores, Lili, Tinone, Roberta, Fejão, Paraíba, Naza, Demervas, Hugo, Paula, Fred, Neto, Lidiane, Ariana, Geovane, Andréa (ex-funcionária) e todos os estagiários pelos excelentes momentos de convivência.

Aos alunos da FIMES, Fernanda (Beirão), Fernanda (Beicinho), Frank, Kleber Wilson, Wesly, Flávia (Flaviona), Indira (Neguinha), Andreice (Tripa) pelo apoio nos trabalhos de campo que foi fundamental para conclusão deste trabalho e pela amizade.

Aos amigos da FIMES, Ariana, Denise, Ana Luiza, Luiz Eduardo (*in memoriam*) e Elaíse, Gildomar, Irondina, Rejane, Juliana e Rayner.

Aos componentes da banca de qualificação Professores Lázaro e Divino, que contribuíram enormemente com este trabalho com suas sugestões e críticas e aos Professores, Ary (UFLA), Manoel Cláudio (UnB) e Sobral (UFMG) pela identificação botânica das espécies coletadas na área de estudo.

Aos colegas de doutorado, Cidney, Bárbara, Francisco, Fábio, Cláudia, Ana Cláudia, Maria Gizelda e aos amigos do peito Sandrão e Carlão, companheiros de todas as horas.

A todos que me esqueci neste momento, mas que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa meu muito obrigado.

“ Qualquer que sejam as nossas falhas, sem dúvida iluminamos a melhor idade de Gaia, deixando que ela se visse do espaço como um planeta inteiro, enquanto ainda estava bonita. Infelizmente, somos uma espécie com tendências esquizóides, e como uma senhora idosa obrigada a compartilhar sua casa com um grupo crescente de adolescentes destrutivos, Gaia está ficando zangada, e se eles não tomarem jeito, ela os expulsará”

James Lovelock

RESUMO

A região da alta bacia do rio Araguaia vem sendo objeto de profundas transformações relacionadas ao processo de ocupação rápida e intensa das terras a partir do final da década de 70. Atualmente a paisagem nesta região, encontra-se completamente fragmentada. As ilhas de vegetação remanescentes, em sua maioria estão isoladas, cercadas por agricultura (soja e algodão) e por pastos, expostas diariamente a vários agentes de degradação e nada se sabe sobre a integridade destes remanescentes, em especial sobre as matas de galeria. A presente tese intitulada “*Caracterização estrutural e física de fragmentos de mata de galeria na alta bacia do rio Araguaia*” visa preencher uma pequena lacuna sobre o conhecimento sobre a flora e assim subsidiar políticas que busquem a conservação e a recuperação dos atuais fragmentos de mata de galeria desta região. Foi estruturada em quatro artigos, de acordo com a opção de formatação de teses do Programa de Doutorado em Ciências Ambientais (CIAMB) da Universidade Federal de Goiás. O primeiro artigo foi preparado para submissão à revista *Ceres*, o segundo para revista *Floresta e Ambiente*, o terceiro para revista *Árvore* e o quarto para a revista *Forest Ecology and Management*. No primeiro, a hipótese básica é que, a despeito do processo de ocupação das terras na região, a estrutura da paisagem ficou comprometida de tal forma que a conservação dos remanescentes de vegetação, sobretudo as Matas de Galeria em relação a sua integridade encontram-se sob forte ameaça. No segundo, a hipótese é que, uma vez que a estrutura da paisagem está comprometida, as comunidades florestais apresentariam estrutura diamétrica desequilibrada e péssimo estado de conservação por estarem expostas a vários agentes de degradação. No terceiro a hipótese é que, a despeito do tamanho reduzido e da falta de conectividade com outras áreas, a diversidade de espécies na área de estudo era pequena. No quarto a hipótese é que, os índices de vegetação, obtidos de imagens orbitais, por serem sensíveis às mudanças da estrutura da vegetação são correlacionados com a diversidade de espécies e, portanto podem ser utilizados como indicadores de áreas prioritárias para ações de recuperação e conservação. As quatro hipóteses foram parcialmente confirmadas, demonstrando que a integridade dos fragmentos de mata de galeria na alta bacia do rio Araguaia está comprometida, principalmente, pela falta de conectividade entre os fragmentos e pela exposição diária dos remanescentes a agentes de degradação como corte seletivo de lenha e a presença de gado. Entretanto ainda existiu uma grande diversidade de espécies, embora a comunidade vegetal seja composta por indivíduos de pequenos diâmetros e pertencentes a estágios sucessionais iniciais. Este estudo ainda revelou que os índices de vegetação obtidos de imagens de satélite, são poderosos parâmetros para a modelagem da diversidade de fragmentos de mata de galeria e, portanto podem ser usados como uma ferramenta no planejamento ambiental em áreas sob forte pressão antrópica. Estas informações são relevantes devido à realidade atual de muitas bacias em outras regiões do Cerrado onde a vegetação natural foi reduzida a pequenos fragmentos e confinadas a regiões onde as condições edáficas não são favoráveis à agricultura. Espera-se, com o presente estudo, estar colaborando para o enriquecimento do nosso conhecimento sobre a valiosa diversidade florestal brasileira e sobre os fatores que comprometem a integridade desta diversidade, em particular na região da alta bacia do rio Araguaia, no sudoeste do estado de Goiás.

ABSTRACT

The region of upper Araguaia river basin is being object of deep transformations related to the fast and intense occupation of lands from the 1970's. Nowadays the landscape of this region is completely fragmented. The remaining vegetation islands, in general are isolated surrounded by agricultural crops (cotton and soybean) and pastures, daily exposed to many degradations agent and nothing is known about the integrity of this, especially about gallery forest. The present thesis titled "*Structural and physical characterization of gallery forest fragments at the upper Araguaia river basin*" aim to fill the small lacuna about the floral knowledge and so subsidize policies that look for conservation and the recovering of the present fragments of gallery forest in this region. It was structured in four articles, according with the options and thesis format of the Doctorate Program in Environmental Sciences (CIAMB) at Federal University of Goiás. The first article was prepared to be submitted in *Ceres* magazine, the second to the magazine *Foresta e Ambiente*, the third to the magazine *Árvore* and the fourth to the *Forest Ecology and Management*. In the first article, the basic hypothesis is that regarding to the land occupation process in the region, the landscape structure was compromised in such a way that the conservation of the vegetation remaining in that region, mainly gallery forest in relation to its integrity are under strong threat. In the second one, the hypothesis is that, once the landscape structure is compromised, the forest communities would show diametric disequilibrium and bad conservation state because they are exposed to various degradation agents. In the third the hypothesis is that regarding to the reduced size and the lack of connectivity with other areas, the species diversity in the studied area was small. In the fourth the hypothesis is that the vegetation indices obtained from orbital images, because they are sensible to structural vegetation changes are correlated with the diversity, therefore, they can be used as indicators of primary prior areas for recovering and conservation actions. The fourth hypothesis were partially confirmed, demonstrating that fragment integrity of gallery forest at the upper Araguaia river basin is compromised mainly by the lack of connectivity of the fragments and by the daily exposition of the remaining to degradation agents such as selective cut of woodfire and the cattle presence. However, there is great specie diversity, although the vegetal community is composed by small diameter individuals which belong to initial succession stages. This study also revealed that the vegetations indices obtained form satellite images are powerful parameters for fragments diversity modeling of gallery forest; hence, they can be used as a tool in the planning of environmental areas under strong human pressures. These formations are relevant due to the present reality of many basins in other Cerrado regions where the natural vegetation was reduced to small fragments and confined to regions where the edaphic conditions are not favorable for agriculture. It is expected that the present study will collaborate for the enrichment of our knowledge about the valuable Brazilian forest diversity and about the factors that threat the integrity of this diversity, particularly in the region of upper Araguaia river basin, in the southeast of Goiás State.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	10
Artigo 1:	
Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do rio Araguaia no Cerrado brasileiro	13
Resumo	13
Abstract	14
Introdução	15
Material e Métodos	17
Localização da área de estudo	17
Descrição quantitativa da estrutura da paisagem na área estudada	19
Métricas da paisagem analisadas	21
Resultados e Discussão	21
Mapas de uso do solo	21
Métricas da paisagem	22
Conclusão	25
Referências Bibliográficas	26
Tabela 1	30
Tabela 2	31
Figura 1	32
Figura 2	33
Figura 3	34
Tabela 3	35
Tabela 4	36
Tabela 5	37
Artigo 2:	
Estrutura diamétrica e estado de conservação de fragmentos de mata de galeria ..	38
Resumo	38
Abstract	38
Introdução	39
Material e Métodos	40
Localização e caracterização da área estudada	40
Amostragem e coleta dos dados	42
Análise dos dados	43
Resultados e Discussão	44
Suficiência amostral	44
Caracterização geral dos fragmentos a partir dos dados de diâmetro	45
Distribuição diamétrica	46
Estado de conservação dos fragmentos	51
Conclusões	53
Agradecimentos	54
Referências bibliográficas	55
Artigo 3:	
Caracterização estrutural das florestas de galeria da alta bacia do rio Araguaia ...	60
Resumo	60
Abstract	60
Introdução	61
Material e Métodos	62

Localização e caracterização da área de estudo	62
Amostragem e coleta dos dados	63
Suficiência amostral	64
Resultados e Discussão	65
A amostragem	65
A diversidade florística	65
As famílias	66
As espécies	67
Similaridade	68
Síndromes de dispersão e classificação sucessional	68
Conclusões	69
Referências Bibliográficas	70
Figura 1	75
Figura 2	76
Tabela 1	77
Tabela 2	78
Figura 3	82
Tabela 3	83
Artigo 4:	
Relationships between vegetation indices and specie diversity in fragments of Gallery forest in Brazilian Cerrado	87
Abstract	87
Introduction	88
Methods	91
Studied Area	91
Image Processing	92
Diversity and forest structure	93
Patch Metrics	95
Statistical Analysis	95
Results and Discussion	97
Correlation between the studied variables	97
Adjusted regressions equations	100
Conclusion	103
Acknowledgements	104
References	104
Figure 1	113
Table 1	114
Table 2	115
Table 3	116
Table 4	117
Table 5	118
Table 6	119
Table 7	120
Table 8	121
Table 9	122
Figure 2	123
Figure 3	124

APRESENTAÇÃO

O Cerrado por ser considerado um dos “hotspots” para a conservação da biodiversidade mundial, nos últimos anos tem sido foco de muitas iniciativas de pesquisa que buscam expandir o conhecimento sobre sua fauna e flora remanescente. Tais iniciativas visam, sobretudo, subsidiar programas e políticas para a conservação e recuperação do Cerrado onde a degradação dos solos e dos ecossistemas nativos e a dispersão de espécies exóticas têm sido apontadas como as principais ameaças à biodiversidade.

As mudanças nas paisagens do Cerrado cuja dinâmica envolveu a substituição das coberturas vegetais existentes por áreas agricultáveis e pastagens, se deu no início da década de 70 quando foram criados programas especiais de estímulo à agricultura. Basicamente, o que impulsionou a inserção dos Cerrados nas áreas produtivas e, conseqüentemente, o desenvolvimento agrícola do centro-oeste brasileiro, foi a implementação de alguns programas específicos nessa região. Dentre os principais, podem se destacar o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), sem muito impacto em áreas de Cerrado.

O POLOCENTRO foi o que mais influenciou a região sudoeste do estado de Goiás, tendo recebido como aplicação inicial cerca de US\$ 248 milhões nos anos iniciais de sua criação em 1975. Ele objetivava o desenvolvimento e a modernização das atividades agropecuárias da região centro-oeste e do oeste do estado de Minas Gerais, mediante a ocupação racional de áreas com características dos Cerrados e seu aproveitamento em escala empresarial. O programa selecionou áreas específicas para atuação e, posteriormente, forneceu crédito altamente subsidiado a todos os produtores que desejassem investir em exploração agropecuária empresarial.

O alto desenvolvimento tecnológico que deu suporte aos produtores fez com que os produtos gerados naquelas terras, que antes eram consideradas ácidas e pouco férteis, fossem extremamente rentáveis. O uso de adubos e novas técnicas de fertilização, juntos com o desenvolvimento de variedades de alta resistência de soja, arroz e milho, abriram os Cerrados, materializaram uma nova fronteira agrícola no país, a da chamada Modernização da Agricultura. O baixo custo de terras, a abundância de chuvas na estação de crescimento das plantas e os solos profundos relacionados à topografia favorável para motomecanização, foram os fatores-chave no desenvolvimento das operações do agronegócio em larga escala.

Apesar de o POLOCENTRO ter sido um programa voltado para abertura de fronteira agrícola, as políticas favoreceram os grandes e médios produtores em detrimento dos pequenos. Na realidade, foi um programa para o estímulo da média e da grande agricultura empresarial, mediante o fornecimento de crédito subsidiado, de assistência técnica e da remoção de obstáculo ao seu funcionamento. A pequena agricultura das áreas atingidas quase não foi beneficiada.

O maior impacto do POLOCENTRO na região centro-oeste ocorreu no estado de Goiás, onde, 42,3% da área dos Cerrados foram incorporadas ao processo produtivo e a cultura de maior destaque foi a soja. E esta incorporação de novas áreas ao processo produtivo aconteceu sem respeitar a capacidade de uso das terras e, sobretudo sem respeitar a legislação em relação às áreas de preservação permanente e de reserva legal.

Uma região que vem sendo objeto de profundas transformações relacionadas ao processo de ocupação rápida e intensa das terras supracitado é a alta bacia do rio Araguaia. Esta região caracteriza-se como uma área de Chapada que apresenta um grande potencial agrícola e foi considerada como uma região prioritária para conservação do Cerrado pelo projeto *Ações prioritárias para conservação da biodiversidade do Cerrado e do Pantanal*, executado pela Conservação Internacional Brasil, além de concentrar as nascentes de um importante rio para os estados de Goiás e Mato Grosso.

Atualmente a paisagem nesta região, encontra-se completamente fragmenta. As ilhas de vegetação remanescentes, em sua maioria estão isoladas, cercadas por agricultura (soja e algodão) e por pastos, expostas diariamente a vários agentes de degradação e nada se sabe sobre a integridade destes remanescentes, em especial sobre as Matas de Galeria.

O presente estudo intitulado “*Caracterização estrutural e física de fragmentos de mata de galeria na alta bacia do rio Araguaia*” visa preencher uma pequena lacuna sobre o conhecimento sobre a flora e assim subsidiar políticas que busquem a conservação e a recuperação dos atuais fragmentos de Mata de Galeria desta região.

A presente tese foi estruturada em quatro artigos, de acordo com a opção de formatação de teses do Programa de Doutorado em Ciências Ambientais (CIAMB) da Universidade Federal de Goiás. O primeiro artigo foi preparado para submissão à revista *Ceres*, o segundo para revista *Floresta e Ambiente*, o terceiro para revista *Árvore* e o quarto para a revista *Forest Ecology and Management*. No primeiro, a hipótese básica é que, a despeito do processo de ocupação das terras na região, a estrutura da paisagem ficou comprometida de tal forma que a conservação dos remanescentes de vegetação, sobretudo as Matas de Galeria em relação a sua integridade encontram-se sobre forte ameaça. No segundo,

a hipótese é que, uma vez que a estrutura da paisagem está comprometida, as comunidades florestais apresentariam estrutura diamétrica desequilibrada e péssimo estado de conservação por estarem expostas a vários agentes de degradação. No terceiro a hipótese é que, a despeito do tamanho reduzido e da falta de conectividade com outras áreas, a diversidade de espécies na área de estudo era pequena. No quarto a hipótese é que, os índices de vegetação, obtidos de imagens orbitais, por serem sensíveis às mudanças da estrutura da vegetação são correlacionados com a diversidade de espécies e, portanto podem ser utilizados como indicadores de áreas prioritárias para ações de recuperação e conservação.

As quatro hipóteses foram parcialmente confirmadas, demonstrando que a integridade dos fragmentos de Mata de Galeria na alta bacia do rio Araguaia esta comprometida, principalmente, pela falta de conectividade entre os fragmentos e pela exposição diária dos remanescentes a agentes de degradação como corte seletivo de lenha e a presença de gado. Entretanto ainda existi uma grande diversidade de espécies, embora a comunidade vegetal seja composta por indivíduos de pequenos diâmetros e pertencentes a estágios sucessionais iniciais. Este estudo ainda revelou que os índices de vegetação obtidos de imagens de satélite, são poderosos parâmetros para a modelagem da diversidade de fragmentos de Mata de Galeria e, portanto podem ser usados como uma ferramenta no planejamento ambiental em áreas sob forte pressão antrópica.

Estas informações são relevantes devido à realidade atual de muitas bacias em outras regiões do Cerrado onde a vegetação natural foi reduzida a pequenos fragmentos e confinadas a regiões onde as condições edáficas não são favoráveis à agricultura. Esperamos, com o presente estudo, estar colaborando para o enriquecimento do nosso conhecimento sobre a valiosa diversidade florestal brasileira e sobre os fatores que comprometem a integridade desta diversidade, em particular na região da alta bacia do rio Araguaia, no sudoeste do estado de Goiás.

Goiânia, 25 de março de 2008.

Christian Dias Cabacinha

ARTIGO 1

ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA NO CERRADO BRASILEIRO

(Preparado de acordo com as normas da revista *Ceres*)

Christian Dias Cabacinha¹

Selma Simões de Castro²

Demerval Aparecido Gonçalves³

RESUMO: O Centro-Oeste brasileiro era extensivamente coberto por fitofisionomias do Cerrado até o final da década de 1970, quando se iniciaram amplas transformações, devido expansão da fronteira agrícola e modernização da agricultura, que promoveram desmatamento intensivo e rápido. A vegetação que resta hoje se encontra na forma de fragmentos, os quais podem sofrer vários efeitos que podem levar à diminuição ou desaparecimento de espécies. As mudanças ocorridas em uma paisagem podem ser estudadas pelos métodos da ecologia da paisagem, através da avaliação de índices ou métricas para caracterização quantitativa permitindo também comparar paisagens, identificar diferenças e determinar relações entre os processos funcionais e os padrões dessas paisagens. O presente trabalho teve por objetivo analisar a estrutura da paisagem na alta bacia do Rio Araguaia, representativa do referido processo, em cinco datas (1977, 1989, 1997, 2002 e 2006) para avaliar o seu padrão de fragmentação ao longo do tempo após o referido desmatamento intenso. Os resultados

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS), Estrada do Bem Querer, Km 04, Caixa Postal 95, CEP: 45.083-900 – Vitória da Conquista/BA – cabacinha@uesb.br

² Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (CIAMB) da Universidade Federal de Goiás (UFG), Campus Samambaia, Bloco ICB4, Caixa Postal 131, CEP: 74.001-970 – Goiânia/GO – selma@iesa.ufg.br.

³ Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Divisão de Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica (IEI), Laboratório de Geomática (LabGeo), Sala 2125, Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, CEP: 12.228-900 – São José dos Campos/SP – demerval@ita.br.

mostram que a metodologia utilizada foi satisfatória, a fragmentação revela notável taxa de conversão das fitofisionomias originais em favor de pastagem e agricultura e as métricas de área, área central, forma e isolamento das classes naturais das paisagens, mostram que os fragmentos em relação à sua integridade, encontram-se sob forte ameaça.

Palavras-chave: métricas da paisagem, fragmentação, integridade dos fragmentos.

LANDSCAPE STRUCTURE ANALYSIS OF THE UPPER ARAGUAIA RIVER BASIN IN THE BRAZILIAN CERRADO

ABSTRACT: The Central-West region of Brazil was extensively covered by Cerrado physiognomies at the end of 1970`s, when large transformations, due to expansion of agriculture frontier and agriculture modernization, promoted an intensive and fast deforestation. The vegetation that remains today is in the fragments form, which can suffer several effects that can lead to the decrease or disappearance of species. The changes that occurred in a landscape can be studied through the methods of landscape ecology, by evaluating the indices or metrics for quantitative characterization, allowing to compare landscapes, identify differences and determine relationships between the functional processes and the patterns of those landscapes. The objective of this paper was to analyze the structure of the landscape in the upper Araguaia river basin, representative of this process, in five dates (1977, 1989, 1997, 2002 and 2006), to evaluate its pattern of fragmentation during the time after the intensive deforestation. The results showed that, the methodology used was satisfactory, the fragmentation reveals notable rate of conversion of the original physiognomies in pasture and agricultural lands and the metrics of the area, core area, shape and isolation of the natural classes showed that the fragments in relation to its integrity, are under strong threat.

Key-word: landscape metrics, fragmentation, fragments integrity.

INTRODUÇÃO

O Centro-Oeste brasileiro se apresentava extensamente coberto por fitofisionomias do Cerrado até a década de 1970. Amplas transformações nas suas paisagens estão relacionadas à expansão da fronteira agrícola e modernização da agricultura, que se destacaram pela produção de grãos, em especial da soja, e teve e tem ainda hoje grande importância econômica para o Brasil. Porém, essas mudanças promoveram, também, impactos sobre a biodiversidade, solos e águas. Em particular, a vegetação original sofreu desmatamento notável e rápido, restando hoje cerca da metade daquela década e na forma de fragmentos remanescentes, na maioria dos casos desconectados entre si e com outros ecossistemas vizinhos (Castro et al., 2004).

A preservação de uma dada cobertura vegetal se justifica porque, além de proteger o solo, o relevo, a biodiversidade e o próprio clima, contribui também para a proteção dos mananciais. Sua retirada implica em desequilíbrios ambientais de toda ordem sobre o meio físico e biótico, que podem ser bastante graves para a sobrevivência de numerosas espécies dos ecossistemas e comprometedoras para a manutenção do equilíbrio dinâmico de uma paisagem. Assim, a vegetação é um indicador das condições ambientais de uma região (Cemin et al. 2005).

A alta bacia do rio Araguaia que nasce na Serra do Caiapó, próximo ao Parque Nacional das Emas, sudoeste de Goiás e sudeste do Mato Grosso, no Brasil Central, é representativa do processo acima exposto. Cabe ressaltar que a bacia do rio Araguaia é inteiramente nacional, banhando cinco estados, integra a bacia do Tocantins-Araguaia cujas águas são do tipo multiuso. Esta bacia é objeto, atualmente, de estudo diagnóstico por parte do governo federal, no contexto do Plano Nacional dos Recursos Hídricos, coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA), com vistas à sua revitalização, dadas as ações desordenadas que ao longo das últimas décadas se intensificaram, degradando vários de seus

setores e recursos, seja pela mineração, pesca, turismo, predatórios como pela urbanização, logística de estradas terrestres e aquáticas, produção de energia, irrigação etc. Convém ainda lembrar que uma das importâncias fundamentais da Serra de Caiapó é que seus aquíferos, dentre eles o aquífero Guarani, alimentam várias bacias hidrográficas brasileiras, além do Araguaia, como a do Paraná-Paraguai.

Em estudos relativamente recentes sobre o uso da terra da região das nascentes do Rio Araguaia, inclusive contemplados na forma de um Atlas geoambiental (Castro et al., 2004), chama a atenção o fato de que grande parte da área era coberta por vegetação savânica penetrada por matas de galeria preservadas em grande parte dos canais principais e conectadas aos ecossistemas do entorno, na maioria dos canais menores, na década de 1970, situação essa hoje fragmentária na maioria da área (Castro et al., 2004; Castro, 2005).

Apesar da existência de estudos sobre remanescentes do Cerrado e do estado de Goiás, e, em particular, da alta bacia do rio Araguaia (Faria & Castro, 2007), o fato é que não se têm uma avaliação técnica mais aprofundada dos remanescentes do Cerrado e Matas de Galeria na alta bacia do rio Araguaia, em especial em sua área de nascentes, especificamente quanto à sua integridade para avaliar sua real capacidade de sobrevivência e recuperação.

Em fragmentos de mata, segundo Forman (1995), os remanescentes podem sofrer os efeitos de borda e endocruzamento, que podem levar à diminuição ou desaparecimento de espécies. De acordo com Valente e Vettorazzi (2002), o entendimento das relações espaciais entre fragmentos, das interações e das mudanças estruturais de uma paisagem, são objetos de estudo da Ecologia da Paisagem. Em diferentes escalas temporais e espaciais, através das métricas da paisagem, pode-se fazer o resgate da evolução histórica da fragmentação, indispensável para as ações voltadas à conservação de remanescentes e ou recomposição da vegetação em áreas perturbadas.

A conservação dessas áreas requer, no entanto, o entendimento da estrutura da paisagem, a partir da reconstituição das fitofisionomias e composição florística originais e de seus remanescentes atuais, de importância relevante para a elaboração de um planejamento voltado à recuperação das áreas degradadas, por permitirem a identificação e avaliação dos ecossistemas naturais pré-existentes e um bom diagnóstico quanto à integridade de seus fragmentos remanescentes e sua real capacidade de recuperação, em função de várias métricas utilizadas em Ecologia da Paisagem.

A partir da avaliação de índices ou métricas para caracterização quantitativa pode-se comparar paisagens, identificar diferenças e determinar relações entre os processos funcionais e os padrões dessas paisagens, uma vez que, eles possibilitam a quantificação de sua composição e de sua configuração (Turner & Gardner, 1990). A composição da paisagem está relacionada à presença ou à ausência dos seus elementos. Já a configuração, chamada por alguns autores, como Metzger (2004), de disposição, está associada à distribuição física desses elementos na paisagem (McGarigal & Marks, 1995).

O presente trabalho tem por objetivo analisar a estrutura da paisagem na alta bacia do rio Araguaia em cinco datas (1977, 1989, 1997, 2002 e 2006) para avaliar o seu padrão de fragmentação e, mediante uma avaliação quali-quantitativa ao longo do tempo, fornecer subsídios para uma recuperação ambiental da área.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se no quadrante formado entre as coordenadas 17° 49' 12" S / 53° 15' 00" W e 18° 03' 36" S / 52° 57' 00" W, posicionado no extremo sudoeste do estado de Goiás e sudeste do Mato Grosso. De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima do tipo Aw, caracterizado por ser tropical chuvoso, com verões

quentes e invernos secos, com temperaturas médias anuais entre 18 e 32 °C (Oliveira et al., 2003) e precipitação anual entre 1500 e 1650 mm.

A área caracteriza-se por apresentar um extenso planalto (> 800m), conhecido localmente como Serra de Caiapó, que é recortado pelas cabeceiras de drenagem dos tributários do rio Araguaia e seu principal afluente na área, o rio Araguainha, formando uma zona dissecada na forma de escarpas de declives variáveis, porém elevados, que o separa de uma zona rebaixada que o contorna, e cujas altitudes médias estão ao redor de 600 - 700 metros, podendo ser menores nas margens dos canais fluviais em torno de 400-500 metros (Castro et al, 2004; Castro, 2005).

Latossolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelhos ocorrem nos topos do planalto ou de seus morros residuais, relacionados com as coberturas detrítico-lateríticas que recobrem rochas areníticas do Grupo Bauru e basálticas da Formação Serra Geral, ambas da Bacia Sedimentar do Paraná que dividem o predomínio em área com os Neossolos Quartzarênicos, que nos fundos de vale transicionam para os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos e Gleissolos, dominantes na zona rebaixada. Os Neossolos Quartzarênicos derivam de rochas areníticas de origem desértica (Formação Botucatu) também da Bacia Sedimentar do Paraná que aloja o sistema aquífero Guarani. Esses solos são frágeis, ácidos e pobres, podendo ser distróficos e mais comumente álicos, além de serem suscetíveis à erosão hídrica, devido sua constituição arenosa com baixa ou nula coesão de partículas (Castro, 2005). Na zona escarpada, além dos afloramentos de rochas areníticas e basálticas, dominam Neossolos Litólicos e os Cambissolos relacionados a essas mesmas rochas,

Adotando a proposta de Ribeiro e Walter (1998), em geral essas áreas estavam recobertas pelo Cerradão, mais próximo às cabeceiras de drenagem e topos do planalto e de seus morros residuais (Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos distróficos), pelo Cerrado

Senso Strictu na zona rebaixada, sobre os Neossolos Quartzarênicos, e, nos Gleissolos e solos aparentados dos fundos de vale estavam as Matas de Galeria.

As áreas ocupadas por cada uma dessas principais fitofisionomias em 1976 e em 2003 por Castro et al. (2004), respectivamente, eram aproximadamente de, 32 %; 9 %; 7 % e 16 %; 3 %; 5 %.

Descrição quantitativa da estrutura da paisagem na área estudada

A descrição quantitativa da estrutura da paisagem na alta bacia do Rio Araguaia foi realizada com o software Fragstats versão 3.3 (McGarigal & Marks, 1995) e teve por base mapas de uso do solo da região nos anos de 1977, 1989, 1997, 2002 e 2006. O Fragstats é um programa de domínio público que realiza cálculos para estatísticas espaciais, sendo bastante versátil e projetado para quantificar a composição, configuração e conectividade dos objetos espaciais dentro de uma imagem raster.

A classificação de cinco imagens de satélite correspondentes a cada período analisado baseou-se apenas nas bandas RGB 3, 4 e 5, respectivamente, de cada imagem. Todas as imagens são de datas situadas na estação seca. Detalhes das imagens podem ser vistos na tabela 1.

TABELA 1

O recorte da área trabalhada foi feito a partir de um polígono, cujas extremidades foram determinadas pelas coordenadas UTM zona 22 sul SAD69 em 263354,8/8030341,6 e 289409,8/7998601,6. A correção geométrica das imagens foi feita tendo como base uma imagem CBERS de 26/02/2005 (cena 162/120), cuja correção geométrica foi feita com coordenadas coletadas em campo com auxílio de GPS. Todas as imagens corrigidas tiveram RMS abaixo de 0,8. Foram utilizados 24 pontos no modelo polinomial de segunda ordem e método de amostragem nearest neighbourhood (Ramos Neto et al., 2004).

As imagens de 1989 e 1997 foram classificadas de forma não supervisionada em 100 classes, foram então filtradas pelo método nearest neighbourhood com uma janela de 3x3 (Ramos Neto et al., 2004) e, por fim, tiveram suas classes agrupadas em: 1 (Mata), 2 (Cerrado), 3 (Campo), 4 (Água) e 5 (Pastagem/Agricultura). Como a área de trabalho não era retangular, adotou-se uma classe 0 (*Background*) que ocupa as margens da classificação. Alguns pixels dessas imagens classificadas foram recodificados para outras classes a partir de interpretação visual.

Realizou-se a digitalização com base em interpretação visual das áreas onde houve transição de vegetação natural para agricultura ou pastagem entre os pares de cenas dos 1977/1989, 1989/1997, 1997/2002 e 2002/2006. A interpretação foi feita numa escala aproximada de 1:20.000 com a resolução de tela do computador em 1024x768. Os polígonos para cada período de transição gerado foram convertidos em raster.

O resultado final da classificação da série temporal foi obtido a partir de álgebra de mapas, de acordo com as regras a seguir:

- 1) A imagem temática da classificação de 1977 foi gerada a partir da imagem classificada de 1989. Os pixels com maior resolução espacial substituíram os pixels da cena de 1977, não importando os valores que eles tivessem, com exceção dos pixels na região onde houve transição indicada pela imagem gerada pela interpretação visual;
- 2) A imagem temática da classificação de 1989 não sofreu alteração;
- 3) As imagens temáticas da classificação de 1997, 2002 e 2006 foram geradas a partir da imagem do ano anterior mantendo os valores dos pixels nas regiões onde o mapeamento não indicava transição e alterando os valores para classe 5 (pastagem/agricultura) onde o mapeamento indicava transição.

Para que as imagens pudessem ser lidas no software Fragstats elas foram convertidas para Signed 8-bit com background igual a -9. O processamento das imagens foi realizado no programa ERDAS versão 8.7.

Métricas da paisagem analisadas

Na tabela 2 encontram-se as métricas de classe obtidas no programa fragstats versão 3.3 que foram analisadas para cada período estudado. Maiores detalhes sobre o cálculo bem como a interpretação de cada métrica, podem ser vistos em McGarigal e Marks (1995).

TABELA 2

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapas de uso do solo

Na figura 1, 2 e 3, estão apresentados os mapas de uso do solo para área estudada nos anos de 1977, 1989, 1997, 2002 e 2006.

FIGURA 1

FIGURA 2

FIGURA 3

Observa-se que as grandes mudanças no uso do solo na alta bacia do Rio Araguaia ocorreram entre os anos de 1977 e 1989 (Figura 1), onde grande parte das áreas de Cerrado foi substituída por pastagens e agricultura. Resultado semelhante foi encontrado por Castro et al. (2004) e Castro (2005) que verificaram que no ano de 1976, grande parte da região das nascentes do Araguaia estava coberta por vegetação natural, destacando-se o Cerrado Arbóreo Denso que se apresentava pouco degradado na área. Já em 1999 os autores verificaram uma diminuição pela metade das áreas de Cerrado Arbóreo e de Matas de Galeria.

Métricas da paisagem

A tabela 3 mostra os resultados obtidos para as métricas CA, PLAND, NP e PD.

Pela métrica CA de 1977 até 1989 observa-se uma redução nas áreas de Cerrado de 19.846,33 ha para 10.572,10 ha, o que corresponde a uma redução de 46,73%. No mesmo período para a classe Campo, houve uma redução mais significativa de 84,76%. Para a classe Mata a redução foi de 21,23%. Já a classe Pastagem/Agricultura aumentou de 18.767,39 ha para 37.279,35, o que corresponde a um aumento de 98,64%.

No período de 1989 até 1997 as taxas de conversão das áreas naturais diminuíram notavelmente mantendo-se praticamente inalteradas até 2006. A única classe que ainda apresentava uma alta redução (37,02%) de área era a classe Cerrado. Em 1977 as classes naturais representavam 64,05% da paisagem, a partir deste período estas áreas foram sendo convertidas até que em 2006 representavam apenas 20,12% da paisagem.

TABELA 3

Estes resultados corroboram com os encontrados por Castro et al. (2004) para a mesma região. De acordo com Klink e Moreira (2002) entre os anos de 1970 e 1975 a taxa anual de desmatamento no Cerrado foi 1,8 vezes superior à taxa de desmatamento na Amazônia durante o período de 1978-1988. Segundo Klink e Machado (2005) estas diferenças se devem em parte ao modo que o código florestal trata os diferentes biomas brasileiros: enquanto é exigido que apenas 20% da área dos estabelecimentos agrícolas sejam preservadas como reserva legal no Cerrado, nas áreas de floresta tropical na Amazônia esse percentual sobe para 80%.

De acordo com as métricas de área (CA, PLAND) observa-se que as áreas de Cerrado e Campo em grande parte foram convertidas para pastagem e agricultura. As áreas de Mata a partir de 1989 praticamente não sofreram redução. Este resultado mostra que o processo de formação dos fragmentos de mata que hoje são observados na região do estudo está

relacionado a uma mudança de uma matriz natural, representada por formações savânicas e campestres, para uma matriz antrópica, representada por pastagens e agricultura.

Este mesmo fato foi também observado nas métricas NP e PD. O número e a densidade de fragmentos em 100 ha da paisagem para as classes Cerrado e Campo aumentam radicalmente de 1977 até 1989. A classe mata quase não se alterou para estas métricas em todos os períodos analisados. Observa-se uma diminuição de NP e PD para a classe Pastagem/Agricultura. Acredita-se que este resultado esteja associado ao fato de que a partir de 1977 as pequenas propriedades rurais na área foram cedendo lugar aos grandes latifúndios.

Esta mudança da matriz pode trazer aos remanescentes de mata uma série de problemas ambientais relacionados basicamente às mudanças das condições ambientais nestes fragmentos.

Na tabela 4 pode-se observar os resultados das métricas de borda (TE, ED) e área central (TCA, CPLAND) avaliadas. Observa-se que na paisagem predominavam bordas e área central das classes Cerrado, Campo e Mata em 1977. A partir de 1989 mais de 60% da área central das manchas na paisagem passam a pertencer à classe Pastagem/Agricultura.

A densidade de borda da classe Campo é radicalmente reduzida e as demais classes em relação às métricas de borda quase não se alteraram. A área central de um fragmento é, segundo McGarigal e Marks (1995), um melhor indicativo da qualidade dos fragmentos do que sua área total. Dessa maneira, um fragmento pode ser largo o suficiente para conter algumas espécies, mas não ter área central suficiente para suportar essas espécies e, sobretudo, manter a integridade de sua estrutura natural (Turner & Gardner, 1990).

TABELA 4

Em relação à forma das manchas, para cada classe quantificada pela métrica PARAMN (Tabela 5), observou-se no período de 1977 até 1989 um aumento da métrica nas classes naturais e uma diminuição na classe Pastagem/Agricultura.

TABELA 5

A métrica PARA-MN mede a relação perímetro/área das manchas, e quanto maior ela for pior é a forma do fragmento. Forman e Godron (1986) citam que os fragmentos de floresta com forma mais próxima à circular estão menos sujeitos às intervenções da matriz, enquanto que aqueles com formas mais alongadas são os mais sujeitos a essas intervenções.

Alguns ecossistemas naturais, como as matas ciliares, por formarem corredores podem apresentar alta relação perímetro/área o que não significa que sua forma seja prejudicial para as relações ecológicas. Portanto, a métrica PARA-MN deve ser interpretada com cautela e associada a outras métricas como a PROX-MN que mede o grau de proximidade das manchas ou a COHESION que mede a conectividade física das manchas para que conclusões equivocadas não sejam feitas.

Verificou-se que a métrica PROX-MN (Tabela 5) sofreu grande diminuição para a classe Cerrado de 1977 para 1989 e deste mesmo ano até 1997, a partir de 1997 manteve-se praticamente invariável. As classes Campo e Mata também sofreram uma diminuição desta métrica, de 1977 para 1989. Este resultado mostra que apesar da grande redução em área destas classes na paisagem os remanescentes ficaram próximos.

O isolamento dos fragmentos promove uma influência negativa na riqueza de espécies ao diminuir a taxa de imigração (Metzger, 1999; 2000; Hermann et al., 2005). Ao contrário da redução verificada no grau de proximidade das classes naturais, observou-se um grande aumento a partir de 1989 da métrica PROX-MN para a classe Pastagem/Agricultura.

Em relação à conectividade quantificada pela métrica COHESION (Tabela 5) não foram verificadas alterações nos anos analisados, mostrando que apesar da grande redução nas áreas de cerrado e campo, as manchas remanescentes, inclusive as de mata, ainda possuem uma conectividade física, o que é excelente para a conservação destes remanescentes.

Entretanto, estas manchas estão completamente cercas por pastagens e agricultura, expostas a vários agentes de degradação e atualmente estão confinadas no centro da bacia, como pode ser visto na figura 3. Segundo Borges (2000) o tipo de vizinhança pode afetar profundamente a diversidade biológica e a sustentabilidade dos fragmentos. As áreas vizinhas a um fragmento florestal podem funcionar como barreiras para o trânsito de animais, fonte de propágulos invasores, fontes de poluentes (agrotóxicos, gases tóxicos), fonte de perturbação (fogo, caça, extração de madeira, gado) que foram observados na área durante expedição de campo e/ou, modificadores climáticos (pastagens, indústrias). Para espécies cuja dispersão de propágulos é zoocórica, as limitações à dispersão são maiores que aquelas dispersadas pelo vento (anemocórica), pois os animais dispersores podem estar ausentes, em baixo número nas áreas, ou simplesmente não se deslocam pela matriz (Rambaldi & Oliveira, 2005).

CONCLUSÃO

As métricas de ecologia da paisagem permitiram analisar de maneira satisfatória a estrutura da paisagem na alta bacia do rio Araguaia, assim como conhecer seu padrão de fragmentação.

A fragmentação na área estudada foi intensa e está intrinsecamente relacionada ao processo de uso e ocupação do solo, revelando notável taxa de conversão das fitofisionomias originais em favor de Pastagem/Agricultura.

De acordo com as métricas de área verificou-se que o processo de fragmentação das matas de galeria na alta bacia do rio Araguaia está relacionado a conversão de uma matriz de Cerrado que representava em 1977, 38,01% da área estudada e que sofreu uma redução de 46,77% até o último período analisado, para uma matriz antrópica representada por Pastagem/Agricultura que representa atualmente 79,87% da paisagem.

As métricas de área, área central, forma e isolamento das classes naturais mostraram que, atualmente, os remanescentes em relação à sua integridade, encontram-se sob forte ameaça. As matas de galeria apesar de não terem sofrido uma grande redução em área nos períodos analisados, encontram-se confinadas no centro da bacia, cercadas por grandes latifúndios sem qualquer conectividade com outras áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borges LFR (2000) Diagnóstico e proposta de manejo de fragmentos florestais nativos, em Paraopeba, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Lavras: UFLA. 225p.

Castro SS de (2005) Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, 17:38-60.

Castro SS de, Xavier LS de & Barbalho MGS da (Org.) (2004) Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares. Goiânia: SEMARH. 74p. il.

Cemin G, Périco E & Rempel C (2005) Uso de sistemas de informações geográficas para análise de estrutura da paisagem no município de Arvorezinha, RS. In: 12º. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Goiânia. Anais. p. 2113-2120.

Faria KMS de & CASTRO SS (2007) Uso da terra e sua relação com os remanescentes de Cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS). *Geografia. Associação de Geografia Teorética*. Rio Claro. 32:23-35.

Forman RTT & Godron M (1986) *Landscape ecology*. New York: John Wiley. 619p.

Forman RTT (1995) *Land Mosaics: The ecology of landscape and regions*. Cambridge, Cambridge University Press. 632p.

Hermann BC, Rodrigues E, Lima A de (2005) A paisagem como condicionador de bordas de fragmentos florestais. *Floresta*. 35:13-22.

Klink CA & Machado RB (2005) A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1:149-155.

Klink CA & Moreira AG (2002) Past and current human occupation and land-use. In: Oliveira PS & Marquis RJ (Eds.) *The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York, Columbia University Press. p. 69-88.

McGarigal K & Marks BJ (1995) FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR. 122p.

Metzger JP (1999) Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*. 71:445-463.

Metzger JP (2000) Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. *Ecological Applications*. 10:1147-1161.

Metzger JP (2004) Estrutura da paisagem: uso adequado de métricas. In: Cullen Jr. L, Valladares Pádua C, Rudy R (Org.) *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Curitiba, Ed. Da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção a Natureza. p. 423-453.

Oliveira VA, Borges LC, Calil PM, Almeida LL do C, Azevedo WR, Nogueira S de AJ & Silva MTG (2003). *Diagnóstico agroambiental do entorno do Parque Nacional das Emas: 1ª fase – pedologia, aptidão agrícola e uso das terras*. Goiânia: AGÊNCIA RURAL. 227p. (Documentos, 02/AGÊNCIA RURAL).

Primack RB, Rodrigues E (2001). *Biologia da conservação*. Editora Vozes. Londrina. 328 p.

Rambaldi DM & Oliveira DAS de (Org.) (2005). *Fragmentação de ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília: 2ª. ed., MMA/SBF. 510p.

Ramos Neto MB, Machado RB, Moreira RA, Gonçalves DA, Santos NS, Aguiar AA & Machado SJM (2004). *Revisão das áreas prioritárias para a conservação do cerrado – Delimitação e banco de dados*. In: IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba. Anais. Fundação O Boticário de Proteção a Natureza. p. 581-590.

Ribeiro JF & Walter BMT (1998) Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP (Eds.) *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. p. 89-168.

Rodrigues E (1998) Edge effects on the regeneration of fragments in south Brazil. Cambridge: D. Phil. Dissertation – Harvard University. 172p.

Turner MG & Gardner RH (1990) Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. New York: Springer Verlag. 536p.

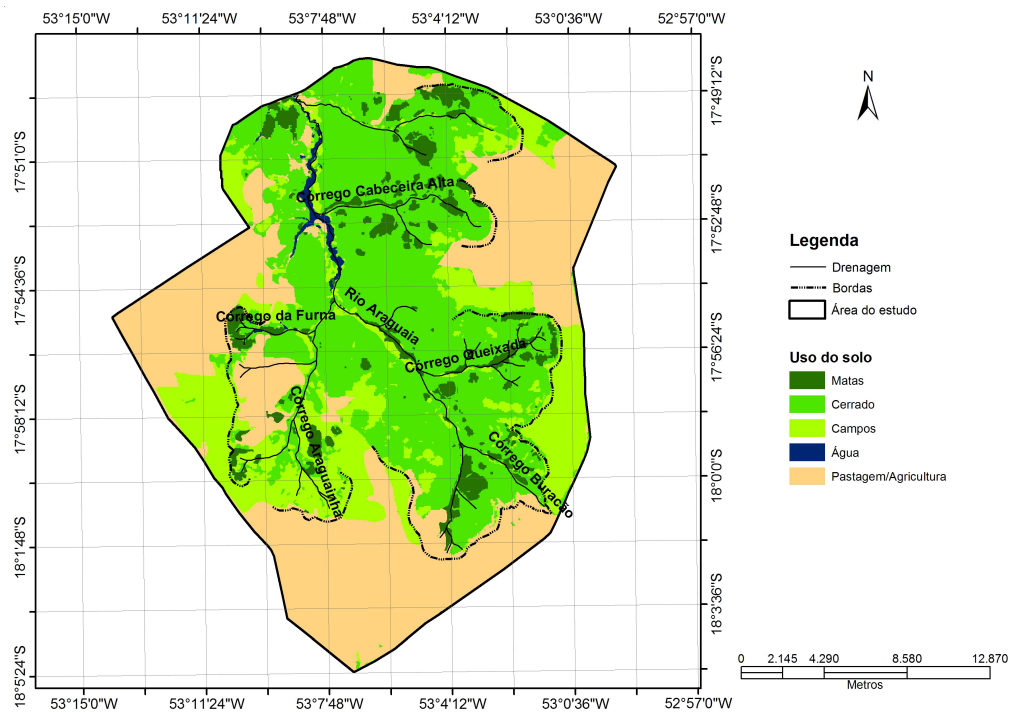
Valente R de OA, Vettorazzi CA (2002) Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP. Scientia Forestalis. 62:114-129.

TABELA 1: Descrição detalhada das imagens de satélite utilizadas neste estudo.

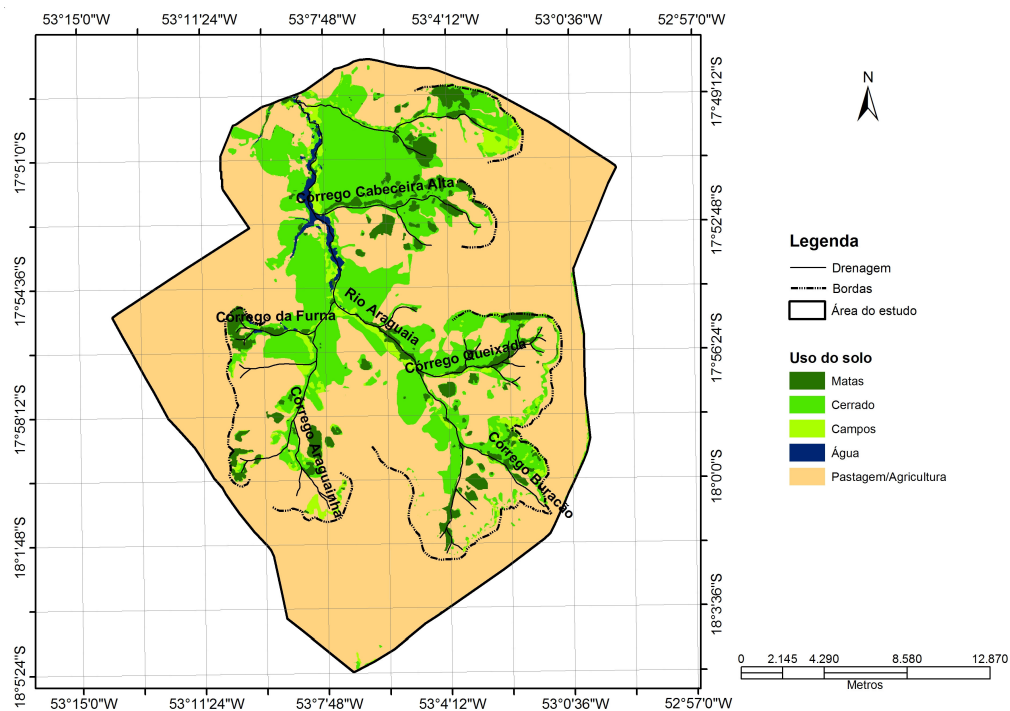
Satélite	Sensor	Órbita	Ponto	Resolução espacial (metros)	Data de aquisição
Landsat 2	MSS	240	72	80	10/08/1977
Landsat 5	TM	224	72	30	16/07/1989
Landsat 5	TM	224	72	30	07/08/1997
Landsat 7	ETM+	224	72	30	26/06/2002
Landsat 5	TM	224	72	30	13/07/2006

TABELA 2 – Descrição de cada métrica calculada para cada período analisado.

Métrica	Categoria	Descrição
CA	Área/densidade/borda	Área de classe é a área (ha) de todos os fragmentos da classe.
PLAND	Área/densidade/borda	Porcentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem.
NP	Área/densidade/borda	Número de fragmentos da classe.
PD	Área/densidade/borda	Densidade de fragmentos é o número de fragmentos da classe em 100 hectares da paisagem.
TE	Área/densidade/borda	Total de bordas é a soma de todas as bordas da classe.
ED	Área/densidade/borda	Densidade de bordas é igual a soma de todas as bordas da classe dividida pela área total em hectares.
PARA-MN	Forma	Razão perímetro-área média é a média aritmética da razão perímetro-área de todos os fragmentos da classe.
TCA	Área central	Área central total é a soma das áreas centrais de toda a classe em hectares. Usou-se uma distância de 30 metros para a borda (Rodrigues, 1998; Primack & Rodrigues, 2001; Hermann et al., 2005)
CPLAND	Área central	Percentual de área central na paisagem (excluída as bordas) em relação à área total da paisagem.
PROX-MN	Isolamento/proximidade	Índice de proximidade médio é a média aritmética do índice de proximidade dos fragmentos da classe que é obtido pela soma de cada área dos fragmentos de mesma classe divididos pela respectiva distância euclidiana borda-a-borda ao quadrado, considerando somente os fragmentos dentro do raio de busca. Considerou-se 90 metros de raio de busca neste estudo.
COHESION	Conectividade	Coesão é igual a 1 menos a soma do perímetro do fragmento (em termos de números de células da superfície) dividido pela soma do perímetro do fragmento vezes a raiz quadrada de sua área (em termos de número de células) para fragmentos correspondentes a mesma classe, dividido por 1 menos 1 sobre a raiz quadrada da área da paisagem (em termos de número de células), multiplicado por 100 para converter para porcentagem

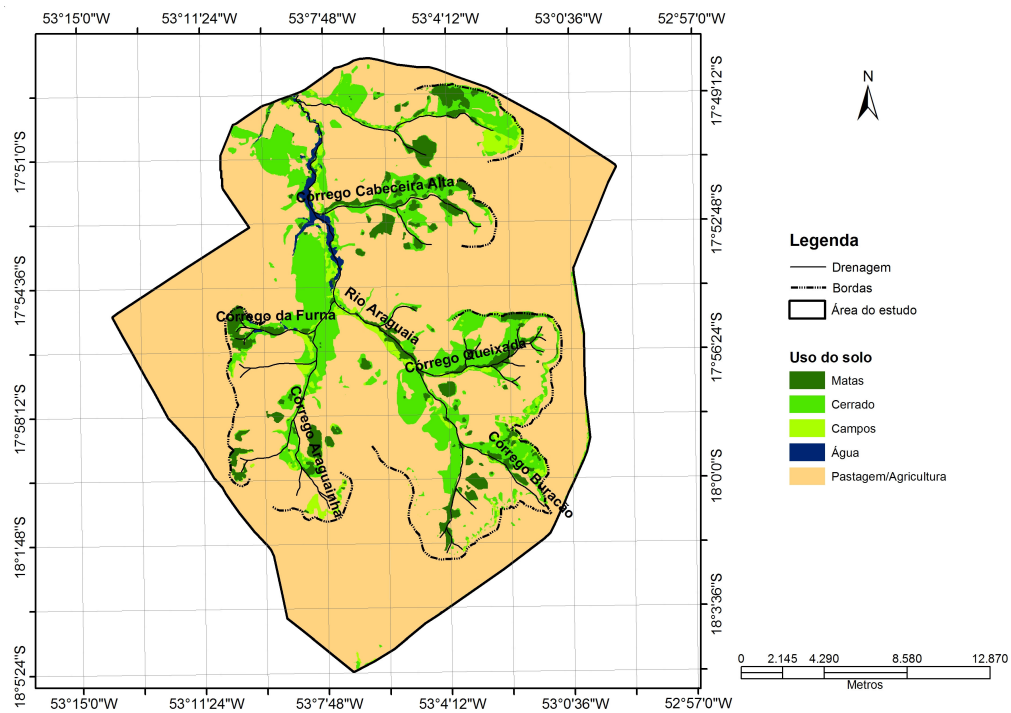


(1977)

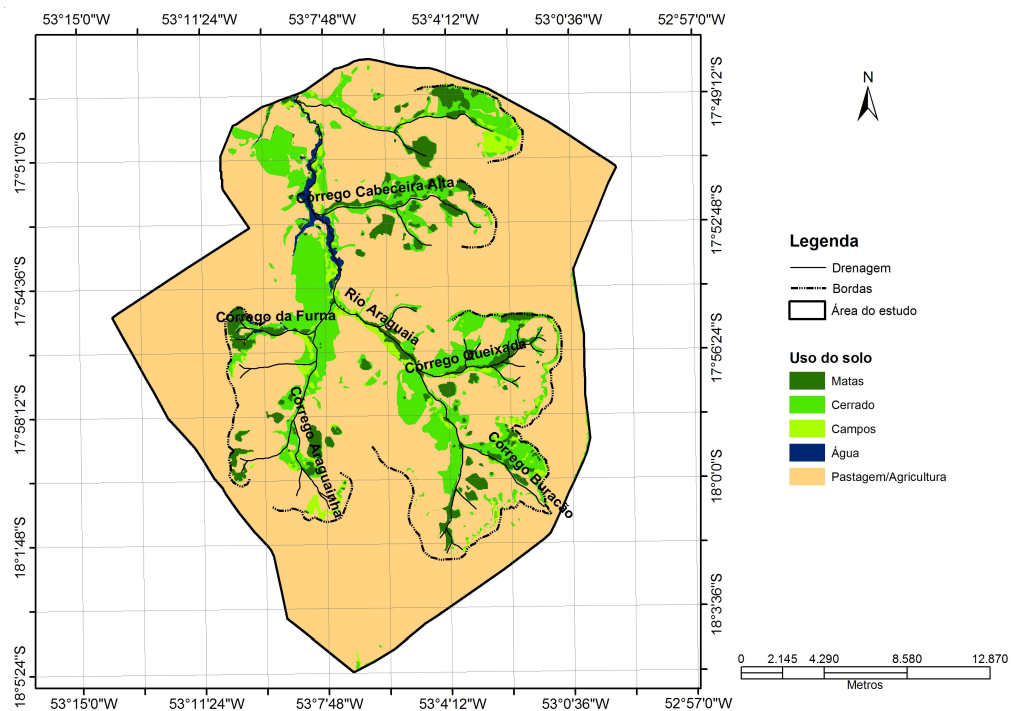


(1989)

FIGURA 1 – Mapas de uso do solo nos anos de 1977 e 1989. Alta bacia do rio Araguaia, Brasil.

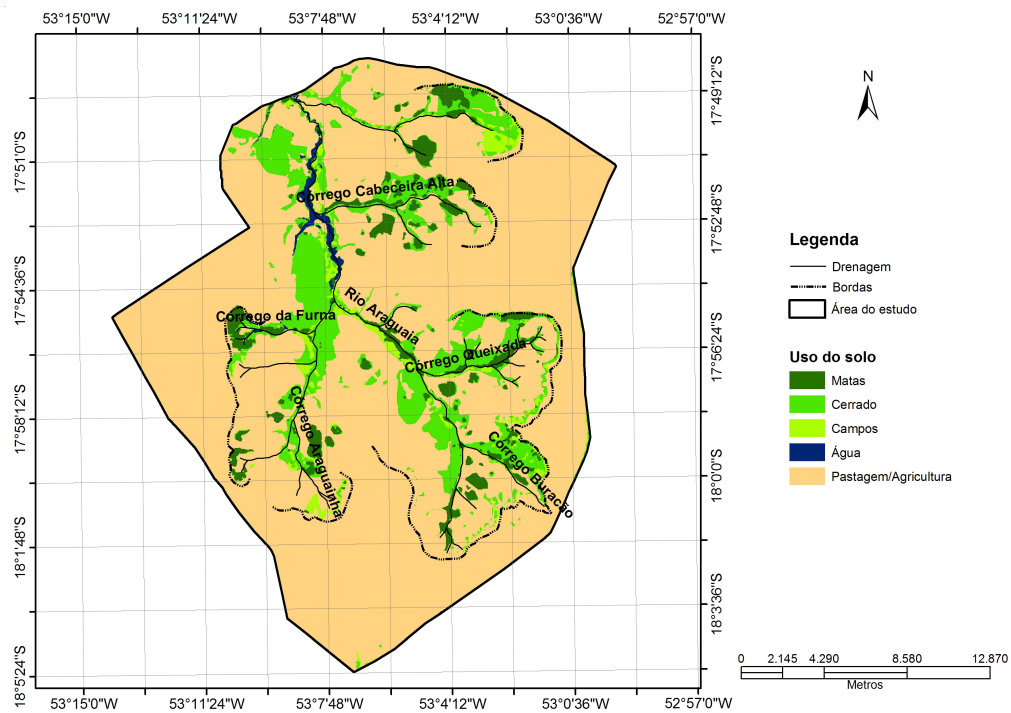


(1997)



(2002)

FIGURA 2 – Mapas de uso do solo nos anos de 1997 e 2002. Alta bacia do rio Araguaia, Brasil.



(2006)

FIGURA 3 – Mapa de uso do solo no ano de 2006. Alta bacia do rio Araguaia, Brasil.

TABELA 3: Resultado das métricas CA, PLAND, NP e PD para os diferentes períodos analisados.

1977				
Classes	CA	PLAND	NP	PD
Cerrado	19.846,33	38,01	327	0,63
Pastagem/Agricultura	18.767,39	35,95	173	0,33
Campo	10.114,72	19,37	438	0,84
Mata	3.122,30	5,97	212	0,41
Água	363,96	0,70	57	0,11
1989				
Classes	CA	PLAND	NP	PD
Cerrado	10.572,10	20,25	616	1,18
Pastagem/Agricultura	37.279,35	71,40	55	0,11
Campo	1.541,21	2,95	616	1,18
Mata	2.459,39	4,71	245	0,47
Água	362,66	0,69	56	0,11
1997				
Classes	CA	PLAND	NP	PD
Cerrado	6.658,79	12,75	710	1,36
Pastagem/Agricultura	41.516,03	79,51	50	0,10
Campo	1.337,81	2,56	601	1,15
Mata	2.352,51	4,51	231	0,44
Água	349,56	0,67	52	0,10
2002				
Classes	CA	PLAND	NP	PD
Cerrado	6.479,12	12,41	715	1,37
Pastagem/Agricultura	41.689,31	79,84	44	0,08
Campo	1.325,32	2,54	598	1,15
Mata	2.371,39	4,54	229	0,44
Água	349,56	0,67	52	0,10
2006				
Classes	CA	PLAND	NP	PD
Cerrado	6.466,68	12,38	714	1,37
Pastagem/Agricultura	41.704,94	79,87	47	0,09
Campo	1.322,87	2,53	599	1,15
Mata	2.370,94	4,54	229	0,44
Água	349,27	0,67	52	0,10

TABELA 4: Resultado das métricas TE, ED, TCA e CPLAND para os diferentes períodos analisados.

1977				
Classes	TE	ED	TCA	CPLAND
Cerrado	946.605	18,13	17.597,77	33,71
Pastagem/Agricultura	322.605	6,18	17.964,29	34,41
Campo	665.430	12,75	8.598,24	16,47
Mata	371.040	7,11	2.300,51	4,41
Água	63.090	1,21	235,89	0,45
1989				
Classes	TE	ED	TCA	CPLAND
Cerrado	921.225	17,64	8.715,13	16,69
Pastagem/Agricultura	633.960	12,14	35.744,65	68,46
Campo	404.640	7,75	792,74	1,52
Mata	334.365	6,40	1.768,97	3,39
Água	63.000	1,21	235,01	0,45
1997				
Classes	TE	ED	TCA	CPLAND
Cerrado	867.765	16,62	4.975,45	9,53
Pastagem/Agricultura	673.830	12,91	39.896,96	76,41
Campo	371.760	7,12	660,47	1,26
Mata	316.185	6,06	1.700,19	3,26
Água	60.510	1,16	227,75	0,44
2002				
Classes	TE	ED	TCA	CPLAND
Cerrado	864.345	16,55	4.806,45	9,21
Pastagem/Agricultura	673.740	12,90	40.067,24	76,74
Campo	367.260	7,03	655,99	1,26
Mata	317.745	6,09	1.714,95	3,28
Água	60.510	1,16	227,75	0,44
2006				
Classes	TE	ED	TCA	CPLAND
Cerrado	865.755	16,58	4.790,34	9,17
Pastagem/Agricultura	675.090	12,93	40.080,83	76,76
Campo	366.930	7,03	654,66	1,25
Mata	317.655	6,08	1.714,77	3,28
Água	60.450	1,16	227,66	0,44

TABELA 5: Resultado das métricas PARA-MN, PROX-MN e COHESION para os diferentes períodos analisados.

1977			
Classes	PARA-MN	PROX-MN	COHESION
Cerrado	1.034,51	12.441,48	99,89
Pastagem/Agricultura	1.124,83	2.051,60	99,77
Campo	935,37	1.502,08	99,45
Mata	560,42	37,45	97,93
Água	914,56	39,76	98,56
1989			
Classes	PARA-MN	PROX-MN	COHESION
Cerrado	1.392,05	1.453,05	99,51
Pastagem/Agricultura	941,42	94.953,15	99,97
Campo	1.357,65	21,52	96,08
Mata	680,91	18,26	97,32
Água	886,67	40,30	98,56
1997			
Classes	PARA-MN	PROX-MN	COHESION
Cerrado	1.416,53	621,93	99,15
Pastagem/Agricultura	966,44	136.272,72	99,97
Campo	1.391,08	22,82	95,84
Mata	689,59	17,05	97,32
Água	895,24	42,02	98,56
2002			
Classes	PARA-MN	PROX-MN	COHESION
Cerrado	1.414,11	608,92	99,14
Pastagem/Agricultura	951,80	128.143,28	99,98
Campo	1.396,73	22,02	95,80
Mata	686,21	17,17	97,32
Água	895,24	42,02	98,56
2006			
Classes	PARA-MN	PROX-MN	COHESION
Cerrado	1.415,91	605,44	99,14
Pastagem/Agricultura	928,44	119.989,51	99,98
Campo	1.397,89	21,93	95,80
Mata	686,77	17,16	97,32
Água	909,95	41,96	98,56

ARTIGO 2

Estrutura diamétrica e estado de conservação de fragmentos de mata de galeria

(Preparado de acordo com as normas da revista *Floresta e Ambiente*)

Christian Dias Cabacinha¹, Selma Simões de Castro²

¹Professor Assistente do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 4, Caixa Postal 95, CEP: 45.083-900 – Vitória da Conquista/BA – cabacinha@uesb.br.

²Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, Bloco ICB4, Caixa Postal 131, CEP: 74001-970 – Goiânia/GO – selma@iesa.ufg.br.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a estrutura diamétrica de vinte e dois fragmentos de mata de galeria, localizados na alta bacia do rio Araguaia, e caracterizar o estado de conservação dos remanescentes a partir do quociente de De Liocurt e de descritores qualitativos. Os principais resultados mostraram que as comunidades estudadas são compostas por árvores pequenas. A estrutura diamétrica da maioria dos fragmentos encontra-se desbalanceada. Os descritores mostraram que os agentes de degradação mais preponderantes na área foram: a presença de gado, a presença humana e o corte seletivo de lenha.

Palavras-chave: Estrutura diamétrica, descritores de conservação, fragmentos florestais.

Diametric structure and conservation status of the remnant gallery forests

Abstract

The aim of this study was to analyze the diametric structure and to characterize the conservation status remnant forests of the upper Araguaia river basin using De Liocurt quotient and qualitative descriptors. The communities presented small diameters. The diametric structure of most remnant forest showed problems. The results showed that most remnant forests are terrible conservation status and the evident degradation agents were: cattle, human presence and selective cut of wood.

Key words: Diametric structure, conservation descriptors, remnant forest.

Introdução

Com apenas cerca de 40% de sua cobertura original, e apenas 2% de sua área protegida em unidades de conservação, o bioma Cerrado, que segundo Myers et al. (2000), possui uma biodiversidade riquíssima, ainda parcialmente conhecida, sofre com o desmatamento e a intensificação da ocupação agropecuária.

Na região da alta bacia do rio Araguaia, segundo Castro et al. (2004a), entre os anos de 1976 e 1999, o cerrado arbóreo, classificação utilizada pelos autores para as formações florestais do Cerrado, sofreu uma redução de 50% de sua área. Hoje a vegetação nativa encontra-se fragmentada e sem qualquer conexão com outras áreas.

As matas de galeria e ciliares são consideradas como chaves para o equilíbrio hidropedológico e também de biodiversidade e sua distribuição total ou degradação parcial causam ativação de inúmeros processos tais como erosão e assoreamento, dentre outros impactos esses já evidentes na área deste estudo, em termos de erosão linear como médias e grandes ravinas e voçorocas (Castro et al., 2004b).

Em relação à vegetação remanescente nas nascentes do rio Araguaia, ainda pouco se sabe sobre o estado de conservação das mesmas que diariamente estão expostas a diversos agentes de degradação como o corte seletivo de lenha, a presença de gado e a contaminação por agrotóxicos das lavouras. A partir do conhecimento de seu estado de degradação, ações de manejo para fins de conservação destes remanescentes poderão ser implantadas.

De acordo com Assmann (1970), Leak (1964) e Meyer (1943, 1952, 1953), as formações florestais equilibradas apresentam a distribuição diamétrica dos indivíduos na forma exponencial negativa, ou seja, o histograma de frequências dos indivíduos se assemelha a um j-invertido, sendo que a maior frequência de indivíduos se encontra nas classes de diâmetro menores. Para Scolforo (1998a) esta distribuição dos diâmetros decrescente é uma característica de tipos florestais que possuem regeneração natural.

A distribuição diamétrica pode ser descrita pelo quociente “q” de De Liocourt. Este quociente expressa a razão entre o número de indivíduos de uma classe de diâmetro e o número de indivíduos de uma classe adjacente (Schaaf, 2006).

Segundo Meyer et al. (1961) a estrutura diamétrica reflete a história de uma comunidade vegetal e pode ser um indicativo de equilíbrio ou desequilíbrio (Leak, 1964; Harper, 1990) e de sua adaptação às modificações do ecossistema (Felfili, 2001). Para Paula et al. (2004) a distribuição diamétrica é uma das ferramentas utilizadas para a compreensão da sucessão florestal. Permite a avaliação prévia de condições da dinâmica da floresta, possibilitando previsões futuras quanto ao desenvolvimento da comunidade vegetal (Siminski et al., 2004).

Neste sentido, este artigo teve como objetivo avaliar a estrutura diamétrica de vinte e duas manchas classificadas como matas de galeria e caracterizar o estado de conservação dos remanescentes a partir do quociente “q” de De Liocourt e de descritores qualitativos.

Material e Métodos

Localização e caracterização da área estudada

A área de estudo, localiza-se no extremo sudoeste do estado de Goiás no município de Mineiros e sul do estado do Mato Grosso no município de Alto Araguaia, bem próxima à divisa destes dois estados com o Mato Grosso do Sul (Figura 1).

Inseri-se no quadrante formado entre as coordenadas 17° 49' 12" S / 53° 15' 00" W e 18° 03' 36" S / 52° 57' 00" W. De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima do tipo Aw, caracterizado por ser tropical chuvoso, com verões quentes e invernos secos, com temperaturas médias anuais entre 18 e 32 °C (Oliveira et al., 2003).

A precipitação anual varia entre 1500 e 1650 mm, o solo predominante na área de estudo é do tipo Neossolo Quartzarênico, sendo encontrado também nos fundos de vale

Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos e Gleissolos, e Latossolos Vermelho-Amarelo nas cabeceiras de drenagem. A altitude média da região é de 800 metros (Castro et al, 2004a).

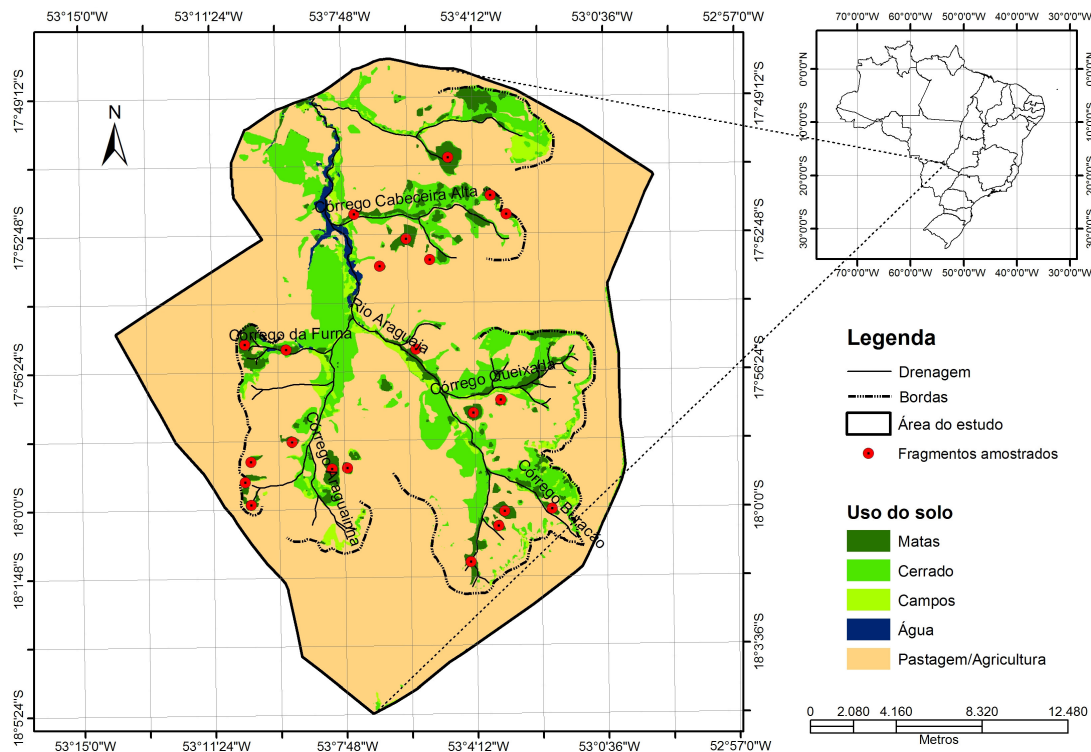


Figura 1. Localização e uso do solo. Alta bacia do rio Araguaia, Brasil.

Figure 1. Area location and land use. Upper Araguaia river basin. Brazil.

A partir de uma classificação não supervisionada de cena TM/Landsat de junho de 2006 e da geração de um mapa do uso do solo da região estudada, verificou-se que, dos 52.214,70 ha da área do estudo, 41.704,94 (79,87 %) são áreas antropizadas com agricultura e pastagem. Para as fisionomias naturais utilizou-se a terminologia fitofisionômica proposta por Ribeiro e Walter (1998) sendo que, 6.466,68 ha (12,38 %) são de cerrado; 1.322,87 (2,53 %) são de campos e 2.370,94 (4,54 %) são de matas que compreendeu as matas de galeria, matas ciliares e matas secas. Estas três fitofisionômias foram classificadas em conjunto devido a dificuldade em distingui-las em sensoriamento remoto. Mesquita Júnior (1998), usando imagens de satélite, em uma unidade de conservação no estado de São Paulo, não conseguiu distinguir o cerradão da floresta estacional semidecídua adjacente apenas com imagens de

satélite. A classificação ainda apresentou cerca de 349,27 hectares representados por corpos d'água.

Amostragem e coleta dos dados

A região possui 198 manchas de mata, das quais 146 possuem menos do que 10 hectares, cerca de 73%. Das 52 manchas com área superior a 10 hectares, 22 manchas de mata de galeria foram selecionadas aleatoriamente. As manchas com menos de 10 hectares foram excluídas deste estudo por dois motivos básicos. Primeiro que as manchas com área inferior são fortemente influenciadas pelo efeito de borda (Oliveira-Filho et al., 1997). Segundo que as imagens TM/Landsat permitem trabalhos em escala máxima de 1:50.000, qualquer mancha inferior a 10 ha seria dificilmente visualizada nesta escala de trabalho.

Em cada uma das manchas selecionada foi lançado, aleatoriamente, um transecto de 150 metros, em seu interior, evitando a borda numa faixa mínima de 35 metros (Primack & Rodrigues, 2001), na direção da declividade ou de maior comprimento quando a área era plana. As manchas em que o maior comprimento não podia ser identificado, o transecto foi lançado na direção norte-sul. Foram amostrados todos os indivíduos com DAP (Diâmetro à altura do peito) ≥ 5 cm, os indivíduos foram amostrados seguindo o método de pontos quadrantes de dez em dez metros, totalizando em cada transecto 15 pontos com 60 árvores. Os DAP's foram mensurados utilizando fita diamétrica.

Para avaliar o estado de conservação das vinte e duas manchas foram utilizados os descritores qualitativos propostos por Tans (1974). Segundo este autor os principais descritores são: presença de espécies exóticas, presença de lianas (cipós), presença de gado, presença humana, indício de fogo e corte seletivo de lenha. Para cada um dos descritores e em cada área selecionada foram atribuídas notas de um a cinco. Estas notas variaram desde a

ausência completa de observação até a presença em grande frequência do descritor em questão.

Análise dos dados

Na discussão geral dos dados de diâmetros foram utilizadas ferramentas estatísticas descritivas, como média, desvio padrão e coeficiente de variação.

Para cada área selecionada, os dados de DAP foram agrupados para obtenção da distribuição diamétrica (Loetsch et al., 1973) em sete classes de diâmetro com amplitude de 7 cm. De acordo com Schaaf (2006), não existe regra quanto a definição da amplitude de classes para florestas inequiâneas. Machado et al. (1998), Pulz (1998), Pizzato (1999), Durigan (1999) e Alves Júnior et al. (2007) trabalharam com classes com amplitude de 5 cm. Já Longhi (1980), Gauto (1997) e Schaaf (2006) utilizaram classes com 10 cm de amplitude. As classes diamétricas foram definidas a partir de uma amostra piloto que apresentou uma amplitude total de diâmetros igual a 48,3 cm. As classes ficaram da seguinte forma: 5-11,9; 12-18,9; 19-25,9; 26-32,9; 33-39,9; 40-46,9 e 47-53,9 cm.

A partir de histogramas de frequências foi realizada uma análise visual da distribuição dos diâmetros para verificar se as comunidades obedeciam ao padrão J-invertido típico. Com os dados dos agrupamentos dos diâmetros e as frequências observadas em cada classe foram obtidos os quocientes de De Liocurt “q” para classes diamétricas dos fragmentos estudados. O quociente “q” é obtido pela relação entre o número de árvores de classes de diâmetro sucessivas. Assim, $q = \frac{N_i}{N_{i+1}}$ em que, N_i é o número de árvores da i-ésima classe de diâmetro.

Em uma floresta em equilíbrio o quociente de De Liocurt é constante em todas as classes, portanto variações nos valores de “q” indica desequilíbrio da estrutura do povoamento, que indica perturbação da comunidade vegetal. Entretanto Harper (1990) atentou que na prática a maioria das florestas não apresenta estrutura balanceada, mas

mostram uma tendência em convergir para este padrão. Para análise do equilíbrio da estrutura foram utilizados os valores “q” obtidos a partir da frequência observada e estes foram também comparados com o valor de “q” médio do fragmento.

Segundo Husch et al. (1982), uma distribuição diamétrica pode ser testada em relação à conformidade com a definição de estrutura balanceada, através da verificação da linearidade quando se faz o histograma com frequências em escala logarítmica. Para os fragmentos selecionados como o de estrutura mais balanceada, realizou-se uma análise de regressão para as frequências observadas em escala logarítmica. A distribuição diamétrica mais balanceada de acordo com o maior coeficiente de determinação da regressão (R^2) foi comparada com a distribuição diamétrica dos demais fragmentos a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 1981) de acordo com orientações de Scolforo (1998b), com nível de significância $\alpha = 0,05$, utilizando-se o programa estatístico BioEstat 3.0 (Ayres, 2003).

O estado de conservação das machas, de acordo com o somatório das notas recebidas por cada descritor qualitativo, foi classificado da seguinte forma: conservada (CO), para manchas com total de pontos até 6 (ausência de todos os descritores); Perturbada (PE), para manchas com total de pontos entre 7 até 15; e Extremamente Perturbada (EP) para manchas com total de pontos acima de 15.

Resultados e Discussão

Suficiência amostral

A suficiência amostral para a obtenção dos valores de “q” foi verificada a partir de uma amostra piloto, na qual foram lançados 60 pontos quadrantes, em quatro transectos aleatorizados, totalizando 240 indivíduos amostrados.

Dividiu-se esta amostra piloto de 60 pontos com 240 indivíduos, em quatro sub-amostras da seguinte forma: 15 pontos com 60 indivíduos; 30 pontos com 120 indivíduos; 45

pontos com 180 indivíduos e 60 pontos com 240 indivíduos. Para cada sub-amostra os dados de diâmetro foram agrupados em sete classes diamétricas e foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov (Sokal & Rohlf, 1981) para comparar as distribuições. O teste aplicado nas sub-amostras: 15 *versus* 30; 15 *versus* 45; 15 *versus* 60; 30 *versus* 45; 30 *versus* 60 e 45 *versus* 60 pontos amostrados foi bastante inferior ao valor crítico ($\alpha = 0,05$) em todos os casos, caindo na área de aceitação da hipótese nula. As distribuições diamétricas das sub-amostras não foram estatisticamente diferentes, portanto a utilização de 15 pontos de amostragem em cada fragmento foi o suficiente para descrever o comportamento das mesmas nas comunidades estudadas.

Caracterização geral dos fragmentos a partir dos dados de diâmetro

Pelos dados de diâmetro pode-se verificar que os fragmentos apresentaram valores de diâmetro bastante distintos. O maior diâmetro medido foi 46,79 cm, este diâmetro máximo é bastante inferior ao maior diâmetro encontrado por Silva Júnior (2005) em mata de galeria, que foi 68,4 cm para um indivíduo morto da espécie *Copaífera langsdorffii*. A maior média foi 14,97 cm e a menor foi 7,28 cm, o maior desvio e o maior coeficiente de variação foram respectivamente, 10,22 cm e 73,10% e o menor desvio e menor coeficiente de variação foram respectivamente, 1,96 cm e 26,92% (Tabela 1). Alves Júnior et al. (2007) para um fragmento de mata atlântica encontrou um valor médio de diâmetro igual a 13,99 cm, tendo como valores máximos e mínimos, respectivamente, 77,99 cm e 4,77 cm.

Alguns apresentaram baixos valores de diâmetro como o fragmento 20. Isso é um indicativo, segundo Silva Júnior (2005) de que a comunidade encontra-se em um estado secundário de desenvolvimento. Neste fragmento os diâmetros variaram entre 5,03 e 13,05 cm.

Os fragmentos 5, 13, 20 e 10 apresentaram respectivamente 96,67; 91,67; 98,33 e 88,33% (Tabela 1) dos diâmetros amostrados na primeira classe de DAP (5-11,9 cm). A grande quantidade de indivíduos pequenos e finos pode indicar a ocorrência de severas perturbações no passado (Nunes et al., 2003). Todos os fragmentos apresentam mais de 90% dos diâmetros, inferiores a 30 cm (Tabela 1). Silva Júnior (2005) verificou que 50,60% das árvores amostradas ocorreram na primeira classe de DAP (5-9,9 cm), tal ocorrência também foi verificada por Alves Júnior et al. (2007), e 92% dos diâmetros medidos foram menores que 30 cm. Já Felfili (1997) verificou que 90% das árvores possuíam DAP's menores que 45 cm e o diâmetro máximo foi de cerca de 100 cm. Segundo esta autora e Silva Júnior (1995) os diâmetros em matas de galeria no Brasil central raramente excedem os 100 cm de DAP.

Distribuição diamétrica

A partir da análise visual dos histogramas de frequência (figura 2), observou-se que todos os fragmentos apresentaram a distribuição dos diâmetros com padrão em “J” invertido que é o padrão esperado para distribuição dos diâmetros em florestas nativas (Oliveira-Filho; Scolforo & Mello, 1994; Felfili, 1997; Fidelis & Godoy, 2003; Meira Neto & Martins, 2003; Silva Júnior, 2005; Alves Júnior et al., 2007).

Tabela 1. Informações sobre os vinte e dois fragmentos de mata de galeria, inventariados na alta bacia do rio Araguaia, Brasil. (Onde: DAP_M = diâmetro a altura do peito médio; SD=desvio padrão dos diâmetros; CV=coeficiente de variação dos diâmetros; PIPCD=percentual de indivíduos na primeira classe diamétrica; PIDAPI30=percentual de indivíduos com diâmetro a altura do peito inferior a 30 cm; DC=descriptor da conservação; CO=conservado; PE=perturbado; EP=extremamente perturbado).

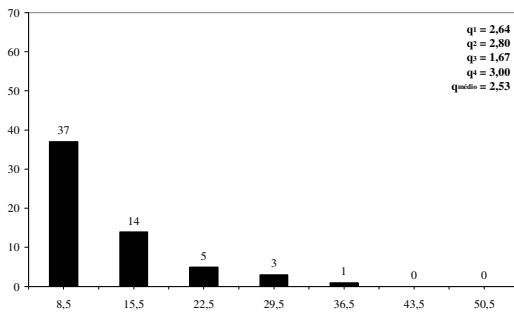
Table 1. Information about twenty two remnant of gallery forest, surveyed in the upper Araguaia river basin, Brazil. (Where: DAP_M = average diameter at breast height=1.30 m; SD=standard deviation of the diameters; CV=coefficient of variation of the diameters; PIPCD=percentile of individuals in the first diametric class; PIDAPI30=percentile of individuals with DAP (diameter at breast height=1.30 m) smaller than 30 cm. DC=conservation descriptors; CO=conserved; PE=disturbed; EP=extremely disturbed).

Número do Fragmento	Área (ha)	DAP_M (cm)	SD (cm)	CV (%)	PIPCD (%)	PIDAPI30 (%)	DC	Estado de Conservação
14	169,0945	12,38	7,71	62,28	65,00	95,00	6	CO
11	53,9631	13,49	7,41	54,93	51,67	96,67	7	PE
21	105,7388	14,97	9,12	60,92	48,33	91,67	9	PE
10	62,1711	12,10	7,31	60,41	61,67	95,00	10	PE
18	30,5436	9,87	4,59	46,50	71,67	100,00	11	PE
4	37,6691	14,45	7,44	51,49	46,67	96,67	12	PE
9	151,8485	13,98	10,22	73,10	61,67	90,00	12	PE
22	38,3610	12,17	7,73	63,52	65,00	96,67	12	PE
13	22,5657	8,42	4,25	50,48	91,67	98,33	13	PE
12	25,3782	12,88	8,81	68,40	65,00	95,00	14	PE
6	18,1584	13,01	8,28	63,64	61,67	96,67	15	PE
20	20,3139	7,28	1,96	26,92	98,33	100,00	15	PE
3	14,1161	14,11	8,04	56,98	50,00	98,33	16	EP
5	105,6569	7,41	3,45	46,56	96,67	100,00	16	EP
16	20,4129	12,88	7,29	56,60	58,33	95,00	16	EP
15	46,1295	9,94	5,46	54,93	78,33	96,67	19	EP
17	33,8265	9,82	4,34	44,20	76,67	100,00	19	EP
1	62,5505	12,35	7,19	58,22	61,67	98,33	20	EP
2	10,1831	10,27	5,03	48,98	70,00	100,00	20	EP
8	107,1428	11,19	5,21	46,56	70,00	100,00	20	EP
7	88,7085	11,02	6,52	59,17	76,67	95,00	25	EP
19	20,3371	8,37	5,05	60,33	88,33	100,00	30	EP

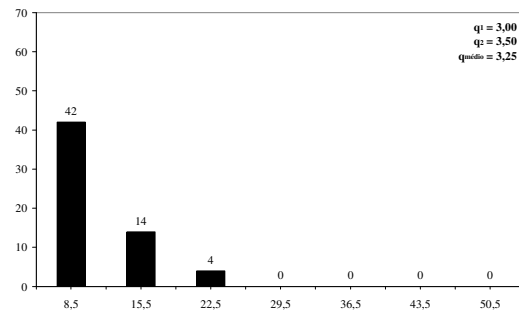
Apesar das distribuições diamétricas possuírem a forma de j-invertido, esta distribuição para a maioria dos fragmentos, não se mostrou balanceada. Ao analisar os valores de “q” verifica-se que dos vinte e dois fragmentos, quinze apresentaram valores bastante variáveis (Figura 2), mostrando taxas de recrutamento e mortalidade também bastante variáveis, como os fragmentos: 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21 e 22.

Especificamente, para o fragmento 5, o quociente de De Liocurt não pode ser calculado, devido a ausência de indivíduos nas classes sucessivas. Acredita-se que este resultado esteja atribuído a perturbações no fragmento que foram verificadas durante o levantamento dos dados (Tabela 1). A alteração da estrutura da vegetação pela exposição da vegetação a agentes de degradação como, gado, fogo, corte de lenha e a presença humana já foram descritos por alguns autores (Primavesi, 1986; Primack & Rodrigues, 2001; Borges et al. 2004; Rambaldi & Oliveria, 2005). Todos os fragmentos apresentaram ausência de indivíduos em algumas classes diamétricas, sobretudo na maior classe de 47 a 53,9 cm. Este resultado foi considerado normal uma vez que o maior diâmetro medido foi igual a 46,79 cm. Entretanto apenas seis fragmentos apresentaram indivíduos na penúltima classe (40-46,9 cm). Alguns fragmentos se destacam pela ausência de indivíduos ou pelo número reduzido de indivíduos na maioria das classes diamétricas como os fragmentos de número: 5, 7, 9, 13, 15, 17, 19 e 20. Os fragmentos 1, 2, 3, 4, 10, 11 e 16, apesar de apresentar variações nos valores de “q”, foram considerados de distribuições de tendência balanceada conforme sugerido por Silva Júnior (2005), Harper (1990) e Meyer et al. (1961).

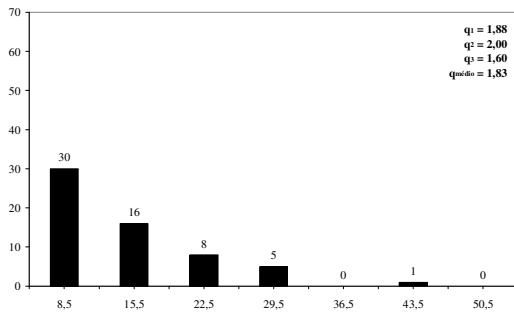
Ao analisar a variação dos valores do quociente “q” para cada fragmento, a presença de indivíduos no máximo de classes diamétricas e a distribuição diamétrica decrescente, selecionou-se os fragmentos 1, 4 e 10 como os fragmentos de estrutura mais balanceada (Figura 3). A partir da regressão realizada para as frequências em escala logarítmica para cada fragmento de acordo com o proposto por Husch et al. (1982), verificou-se que o mais balanceado foi o de número 10 ($R^2 = 0,9909$). Para melhor visualização da linha de regressão na figura 3, as frequências logaritmizadas foram multiplicadas por dez.



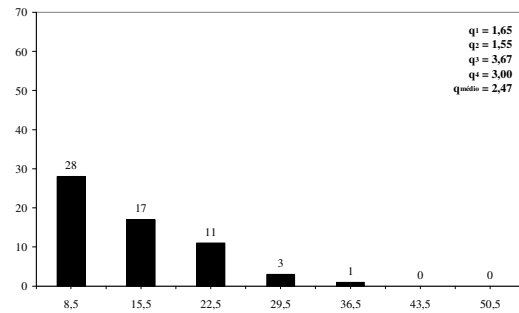
Fragmento 1



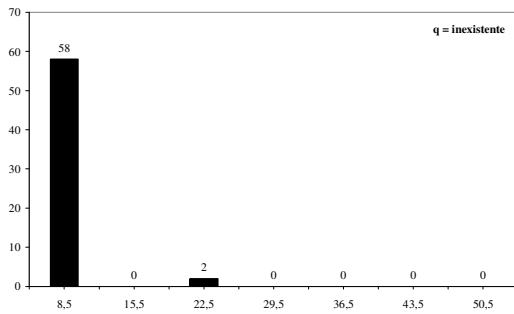
Fragmento 2



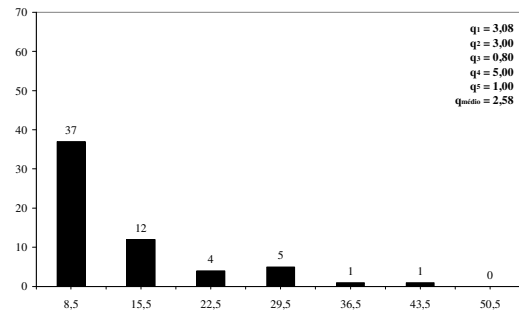
Fragmento 3



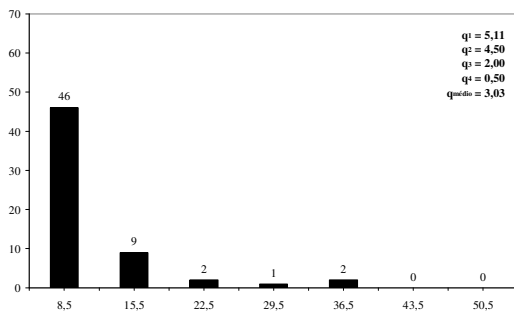
Fragmento 4



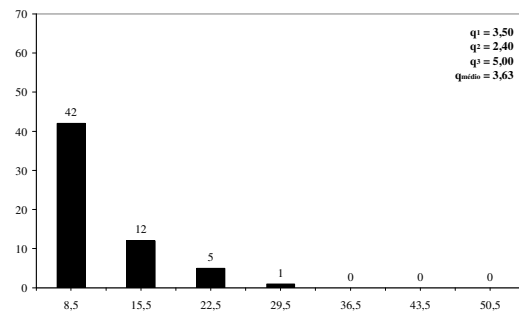
Fragmento 5



Fragmento 6



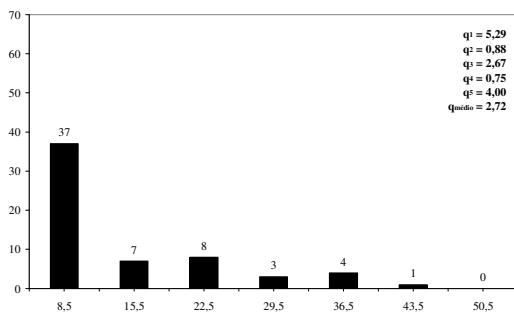
Fragmento 7



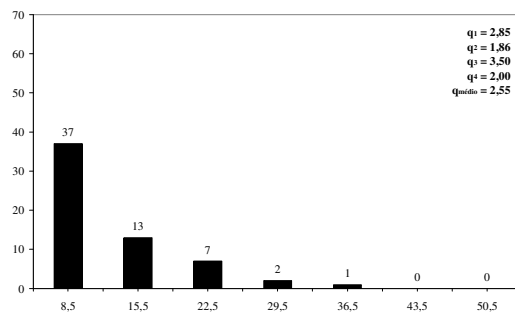
Fragmento 8

Continua ...

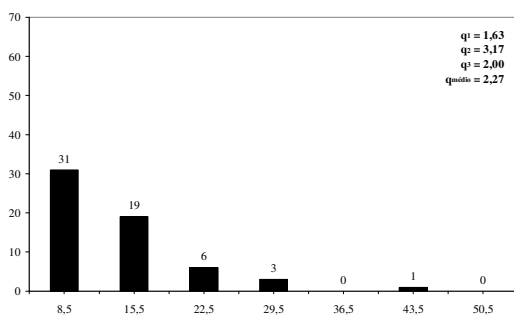
To be continued ...



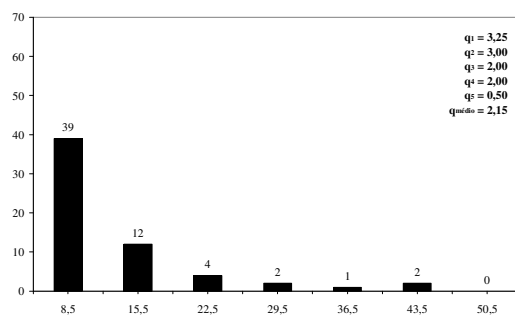
Fragmento 9



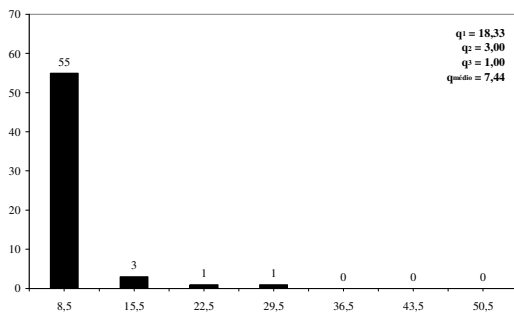
Fragmento 10



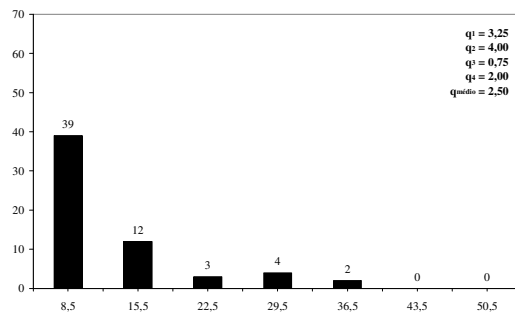
Fragmento 11



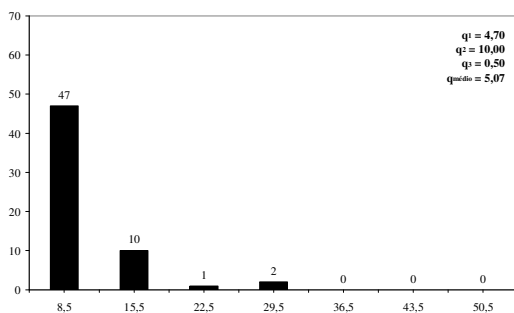
Fragmento 12



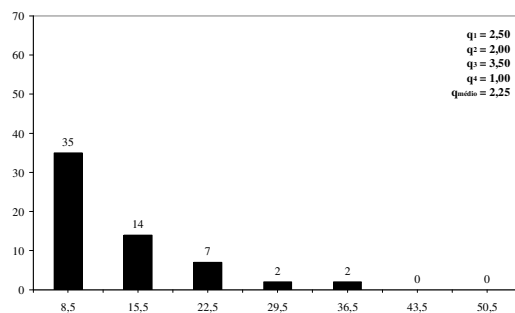
Fragmento 13



Fragmento 14



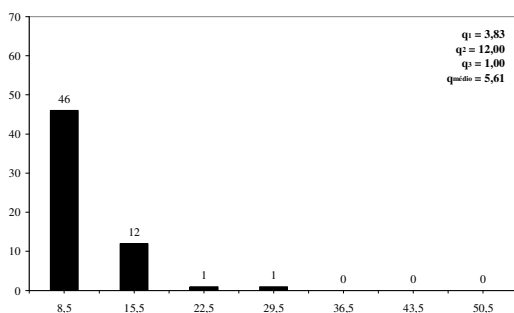
Fragmento 15



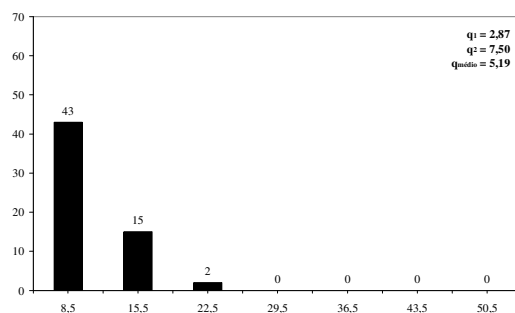
Fragmento 16

Continua ...

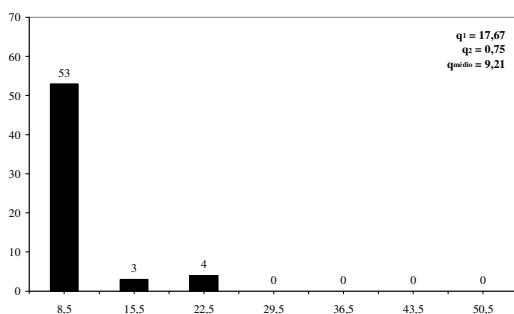
To be continued ...



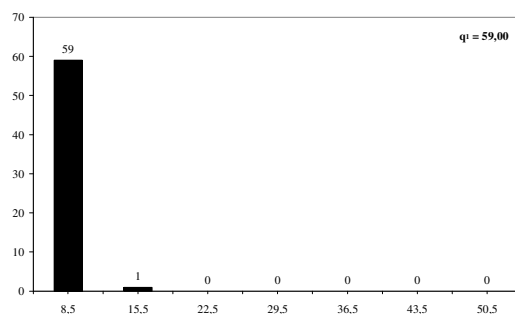
Fragmento 17



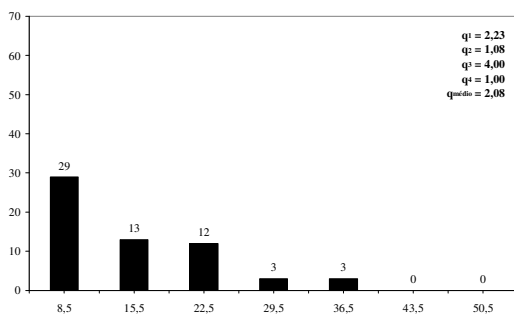
Fragmento 18



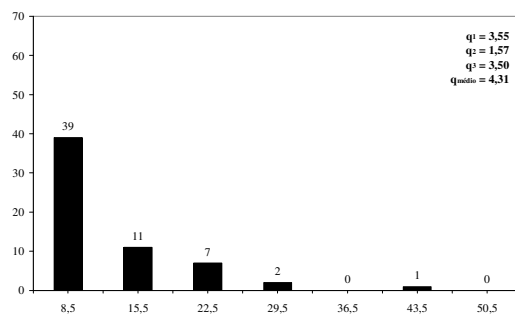
Fragmento 19



Fragmento 20



Fragmento 21



Fragmento 22

Figura 2. Distribuição diamétrica dos vinte e dois fragmentos de mata de galeria. Alta bacia do rio Araguaia, Brasil. (Onde: q_i =quociente de De Liocurt das classes diamétricas; $q_{\text{média}}$ =quociente de De Liocurt médio).

Figure 2. Diametric distribution of the twenty two remnant gallery forest. Upper Araguaia river basin, Brazil. (Where: q_i =De Liocurt quotient of the diametric classes; $q_{\text{média}}$ =average De Liocurt quotient).

Estado de conservação dos fragmentos

De acordo com a pontuação para os descritores de conservação, apenas um fragmento (4,55%) foi considerado conservado, onze perturbados (50,00%) e dez extremamente

perturbados (45,55%). A Tabela 1, mostra o total de pontos recebidos por cada fragmento e seu estado de conservação de acordo com os descritores. Pela Tabela 1, verifica-se que o fragmento mais conservado foi o 14, onde todos os descritores receberam nota 1 (ausência do descritor) somando seis pontos e os fragmentos 19 e 7 foram os mais perturbados.

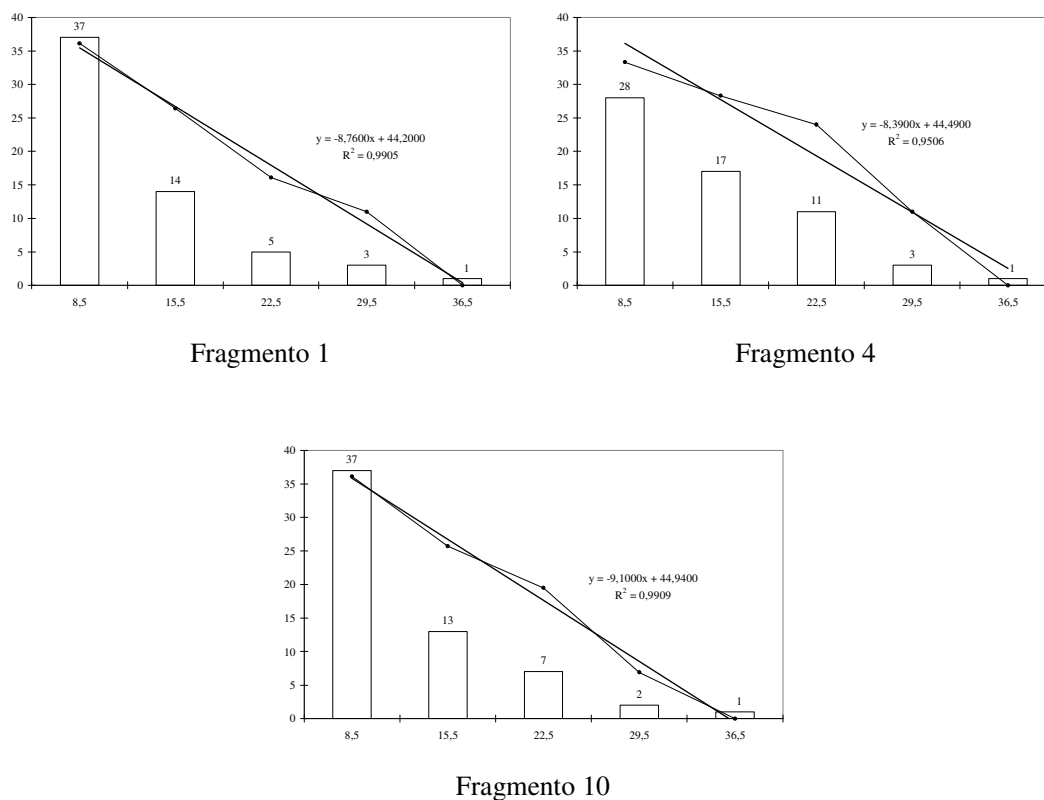


Figura 3. Distribuição diamétrica dos fragmentos de mata de galeria mais balanceados e linha de regressão ajustada para as frequências em escala logarítmica. Alta bacia do rio Araguaia, Brasil.

Figure 3. Diametric distribution of the remnant gallery forest more balanced and regression line adjusted for the frequencies in logarithmic scale. Upper Araguaia river basin, Brazil.

A distribuição de frequências do fragmento 10 foi então comparada com as distribuições de frequências dos demais fragmentos a partir do teste de Kolmogorv-Smirnov, onde constatou-se que apenas as distribuições diamétricas dos fragmentos 5 ($p=0,0006$); 13 ($p=0,0045$), 19 ($p=0,0140$) e 20 ($p=0,0003$), foram estatisticamente diferentes.

A presença de gado, a presença humana e o corte seletivo de lenha, foram os descritores de maior impacto para os fragmentos estudados, vestígios destes descritores foram verificados respectivamente em 77%; 59% e 59% dos fragmentos visitados. Borges et al. (2004) verificou a presença de vestígios de animais domésticos em 50% dos fragmentos visitados quando realizou um inventário em áreas dispersas entre plantios de *Eucalyptus* spp. em uma propriedade florestal. Os autores recomendaram que estes fragmentos devem possuir alguma forma de barreira física para diminuir o impacto de animais domésticos sobre eles.

Ações de manejo para conservação destas áreas deverão obrigatoriamente agir na tentativa de mitigar os efeitos maléficos destes três descritores. A extração de lenha em fragmentos florestais é uma das principais pressões antrópicas verificadas em estudo de fragmentação. Dos seis subprojetos do PROBIO, três indicaram a extração de madeira como um elemento de pressão nos remanescentes (Rambaldi & Oliveira, 2005).

A presença de cipós mostrou forte influência apenas nos fragmentos 20, 19, 16 e 2. Observou-se pouco indício de fogo nas áreas, acredita-se que esta resposta tenha sido influenciada pela época em que os fragmentos foram visitados que coincidiu com o término das chuvas, este descritor mostrou forte influência somente nos fragmentos 19 e 7. Batalha (2001), estudando a vegetação de um trecho entre os municípios de Coxim/MS e Mineiros/GO utilizou os descritores propostos por Tans (1974) para avaliar o estado de conservação de dezessete sítios que compreendiam áreas de Cerrado Sentido Restrito, Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual, e constatou que os agentes de maior degradação foram: o fogo e o corte de lenha, observado em doze dos dezessete fragmentos.

Conclusões

Os fragmentos revelaram distribuições decrescentes na forma de J-invertido. A distribuição em sete classes de diâmetro mostrou comunidades compostas principalmente por

árvores pequenas, todas apresentaram mais de 90% dos indivíduos, com DAP's menores do que 30 cm.

A maioria dos fragmentos revelaram distribuições desbalanceadas ao analisar os valores do quociente de De Liocurt, quinze dos vinte e dois fragmentos apresentaram taxas de recrutamento e mortalidade bastante variáveis.

Os fragmentos 1, 4 e 10 foram considerados os de estrutura diamétrica mais balanceada e os fragmentos 5, 13, 19 e 20 os de estrutura menos balanceada. A maioria, dezenove fragmentos, apresentou problemas, com ausência de indivíduos em pelo menos uma classe.

Apenas o fragmento de número 14 foi considerado pelos descritores qualitativos como conservado. Os agentes de degradação mais preponderantes na área de estudo foram: a presença humana, o corte seletivo de lenha e a presença de gado.

Os resultados sugerem ainda que medidas emergenciais devam ser tomadas com o objetivo de promover a conservação dos fragmentos de mata de galeria na alta bacia do rio Araguaia.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, à Oréades Núcleo de Geoprocessamento pelo apoio logístico e financeiro, à Andréa França, ao Prof. Marco Aurélio Leite Fontes e ao Prof. Gildomar Alves dos Santos, pela ajuda no trabalho.

Referências Bibliográficas

ALVES JÚNIOR, F. T.; LINS, C. F.; BRANDÃO, S.; ROCHA, K. D. da; SILVA, J. T. da; MARAGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C. Estrutura diamétrica e hipsométrica do componente arbóreo de um fragmento de mata atlântica, Recife-PE. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 83-95, jan./mar. 2007.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands**. Braunschweig: Pergamon, 1970. 506p.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. dos. **BioEstat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília CNPq, 2003. 290p.

BATALHA, M. A. **Caracterização estrutural da comunidade vegetal no trecho Coxim-Mineiros (Projeto Corredor Cerrado Pantanal) e sua associação a descritores remotos**. 2001. 85p. (Relatório Técnico).

BORGES, L. F. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M. de; ACERBI JÚNIOR, F. W.; FREITAS, G. D. de. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e da paisagem. **Cerne**, Lavras, v. 10, p. 23-38. 2004.

CASTRO, S. S. de; XAVIER, L. S. de.; BARBALHO, M. G. S. da. (Org.). **Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares**. Goiânia: SEMARH. 2004a. 74p. il.

CASTRO, S. S. de; BARBALHO, M. G. S. da; MARINHO, G. V.; CAMPOS, A. B. de; SALOMÃO, F. X. T.; VECHIATO, A. Condicionantes geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso e manejo dos solos na circulação hídrica na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT) In: COUTO, E. G.; BUENO, J. F. (Org.). **Os descaminhos do uso da água na agricultura brasileira**. Cuiabá 2004b. p. 408-448.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Onbrófila Mista em São João do Triunfo – PR**. 1999. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

FELFILI, J. M. Diameter and height distributions of a gallery forest community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, p. 155-162. 1997.

FELFILI, J. M. Distribuição de diâmetros de quatro áreas de cerrado sensu stricto na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. In: FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. S. da. (Org.). **Biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Brasília, UnB. 2001.

FIDELIS, A. T.; GODOY, S. A. P. de. Estrutura de um cerrado stricto sensu na gleba cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, p. 531-539. 2003.

GAUTO, O. A. **Análise da dinâmica e impactos da exploração sobre o estoque remanescente (por espécies e por grupos de espécies similares) de uma Floresta Estacional Semidecidual em Misiones, Argentina**. 1997. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

HARPER, J. L. **Population biology plants**. London: Academic, 1990. 892p.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402p.

LEAK, W. Na expression of diameter distribution for unbalanced, unven-aged stands and forests. **Science**, v. 10, n. 1, p. 39-50. 1964.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. München: BVL Verlagsgesellschaft, 1973. v. 2. 479p.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 1980. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

MACHADO, S. A.; BARTOSZEK, A. C. P. S.; OLIVEIRA, E. B. Estudo da estrutura diamétrica para *Araucaria angustifolia* em florestas naturais na região sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 26, n.1/2, p. 59-70, 1998.

MEIRA NETO, J. A. A.; MARTINS, F. R. Estrutura do sub-bosque herbáceo-arbustivo da mata da silvicultura, uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p. 459-471. 2003.

MESQUITA JÚNIOR, H. N. de. **Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga- SP)**. 1998. 133f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MEYER, A. H., RICKNAGEL, A. B., STEVENSON, D. D.; BARTOO, R. A. **Forest management**. The Ronald Press Company, New York. 1961.

MEYER, H. A. **Forest mensuration**. State College, Pa.: Renns Valley Publishers, 1953.

MEYER, H. A. Management without rotation. **Journal of Forestry**, Washington, v. 41, p. 126-132, 1943.

MEYER, H. A. Structure, growth and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, Washington, v. 52, p. 85-92, 1952.

MYERS, N.; MITTERMELER, R. A.; MITTERMELER, C. G.; FONSECA, G. A. B. da.; KENTS, J. Bioersivity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858. 2000.

NUNES, Y. R. F.; MENDONÇA, A. V. R.; BOTEZELLI, L.; MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. O. Variações da fisionomia da comunidade arbórea em um fragmento de Floresta Semidecidual em Lavras, MG. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 213-229, 2003.

OLIVEIRA, V. A.; BORGES, L. C.; CALIL, P. M.; ALMEIDA, L. L. do C.; AZEVEDO, W. R.; NOGUEIRA, S. de A. J.; SILVA, M. T. G. **Diagnóstico agroambiental do entorno do Parque Nacional das Emas: 1ª. fase – pedologia, aptidão agrícola e uso das terras**. Goiânia: AGÊNCIA RURAL, 2003. 227p. (Documentos, 02/AGÊNCIA RURAL).

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, v. 131, p. 45-66. 1997.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, p. 167-182. 1994.

PAULA, A.; SILVA, A. F.; MARCO JÚNIOR, P.; SANTOS, F. A. M.; SOUZA, A. L. de. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma floresta estacional semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 407-423, 2004.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998**. 1999. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina, 328p. 2001.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico de Pastagens em Regiões Tropicais e Subtropicais**. 2^a ed. Nobel. São Paulo. 1986. 541p.

PULZ, F. A. **Estudo da dinâmica e a modelagem da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras-MG**. 1998. 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. de. (Org.). **Fragmentação de ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: 2^a ed., MMA/SBF. 2005. 510 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-168.

SCHAAF, L. B.; FIGUEREIDO-FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998a. 443p. (Curso de Especialização Pós-Graduação “Lato Sensu” por Tutoria a Distância – Manejo de florestas plantadas e nativas).

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998b. 441p. (Curso de Especialização Pós-Graduação “Lato Sensu” por Tutoria a Distância – Manejo de florestas plantadas e nativas).

SILVA JÚNIOR, M C. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na reserva ecológica do IBGE, DF. **Cerne**, Lavras, v. 11, p. 147-158, 2005.

SIMINSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S.; FANTINI, A. C. Sucessão florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, litoral de Santa Catarina: estrutura e diversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 21-33, 2004.

SOKAL, R. N.; ROHLF, F. J. **Biometry**. Freeman, San Francisco, 1981. 859p.

TANS, W. **Priority ranking of biotic natural areas**. The Michigan Botanist. 13:31-39. 1974.

ARTIGO 3

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS FLORESTAS DE GALERIA DA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA

(Preparado de acordo com as normas da revista *Árvore*)

RESUMO: As matas de galeria da alta bacia do rio Araguaia estão diariamente expostas a vários agentes de degradação devido à intensa prática de agricultura nesta região. Vinte e dois fragmentos foram inventariados pelo método de quadrantes centrados, com o objetivo de caracterizar a estrutura da vegetação e para a criação de um banco de dados de informações voltado para programas de recuperação de áreas degradadas na região. Foram amostradas 109 espécies pertencentes a 78 gêneros e 43 famílias. Destas 66,1% apresentaram padrão de dispersão zoocórica e 68,8% foram classificadas em estádios iniciais de sucessão. O índice de Shannon & Weiner foi 3,86 nats. ind⁻¹ e o índice de equabilidade de Pielou foi 0,82. As famílias mais importantes foram: Annonaceae, Leguminosae, Anacardiaceae, Lauraceae, Chrysobalanaceae, Myrtaceae, Sapindaceae, Melastomataceae, Euphorbiaceae e Elaeocarpaceae. As espécies mais importantes foram: *Bocageopsis mattogrosensis*, *Sclerolobium paniculatum*, *Tapirira guianensis*, *Nectandra warmingii*, *Licania kunthiana*, *Myrcia splendens*, *Ocotea aciphylla*, *Matayba guianensis*, *Copaifera langsdorffii*, e *Miconia chartacea*. As estimativas da densidade e da área basal total foram de 1.858 árvores. ha⁻¹ e 18,8378 m², respectivamente. O baixo valor de área basal encontrado indica que as comunidades avaliadas são compostas por indivíduos de pequenos diâmetros.

Palavras-chave: Mata de galeria, levantamento florístico, fitossociologia.

STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF GALLERY FORESTS OF THE UPPER ARAGUAIA RIVER BASIN

ABSTRACT: Gallery forests of upper Araguaia river basin are daily exposed to degradation agents due to intense agriculture practices. Twenty two fragments were surveyed according point-centered quarter method, to characterize vegetation structure and to create a database to rehabilitation of degraded areas programs. 109 species were sampled, belonging to 78 genus and 43 families. 66.1% revealed zoochorous dispersal pattern, and 68.8% were classified to

initial successional category. Shannon & Weiner index, and Pielou equability index were 3.86 nats.ind⁻¹ and 0,82, respectively. The most important families were: Annonaceae, Leguminosae, Anacardiaceae, Lauraceae, Chrysobalanaceae, Myrtaceae, Sapindaceae, Melastomataceae, Euphorbiaceae e Elaeocarpaceae. The most important species were: *Bocageopsis mattogrosensis*, *Sclerolobium paniculatum*, *Tapirira guianensis*, *Nectandra warmingii*, *Licania kunthiana*, *Myrcia splendens*, *Ocotea aciphylla*, *Matayba guianensis*, *Copaifera langsdorffii* and *Miconia chartacea*. Density and total basal area estimated were 1,858 trees. ha⁻¹ and 18.8378 m², respectively. The lower basal area value founded indicates that evaluated communities are compound by small diameter individuals.

Palavras-chave: Gallery forests, floristics survey, fitosociology.

1. INTRODUÇÃO

Nos anos 70, com a criação do Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste, o POLOCENTRO, os agricultores foram atraídos para o Cerrado, pela grande disponibilidade de terras a preços mais baixos que as do sul do país e pelos incentivos fiscais para a abertura de novas áreas. Nessa época, foram alocados recursos para pesquisa agropecuária buscando solucionar os principais problemas da ocupação da região, ao mesmo tempo em que foi estruturado o Sistema de Assistência Técnica (MACEDO, 1995). A soja introduzida na região teve um crescimento considerável, em consequência da demanda crescente pelo produto nos mercados internacionais. Entretanto, esse modelo de ocupação trouxe sérios problemas de ordem ambiental, devido ao uso inadequado dos recursos naturais.

Segundo Castro et al. (2004), práticas como o correntão e queimadas, inclusive sucessivas, aliadas à produção de carvão vegetal, foram comuns na fase do desmatamento intensivo e indiscriminado. Segundo os autores, tais práticas foram ainda agravadas pela falta de adoção ampla de práticas conservacionistas de uso e manejo das terras, principalmente para as áreas mais suscetíveis, que se somaram à falta ou insuficiência de fiscalização pelos órgãos competentes, além da orientação técnica, o que pode ser considerado fato grave.

De acordo com Felfili (1995; 2001a), das fitofisionomias do bioma Cerrado, as matas de galeria são as que possuem maior complexidade estrutural e maior biodiversidade proporcional à área que ocupam, ou seja, cerca de 5% do bioma (MENDONÇA et al., 1998). Além disso, têm conhecida importância na proteção dos cursos d'água, na manutenção da fauna silvestre e ainda são corredores de biodiversidade.

Atualmente, as matas de galeria na alta bacia do rio Araguaia se encontram bastante fragmentadas e isoladas, cercadas por agricultura (principalmente soja e algodão) e por pastos, além de expostas diariamente a vários agentes de degradação, o que pode limitar a colonização de espécies. Esta região é carente de informações fisiológicas, ecológicas, florísticas e fitossociológicas sobre sua vegetação. Estas mesmas carências de informações sobre o bioma Cerrado também foram apontadas por Felfili et al. (1993).

Segundo Silva Júnior (2004), no Brasil, a composição florística de comunidades vegetais ainda é desconhecida em extensões consideráveis de seu território florestado e, em razão do lamentável estado de conservação da maioria das suas formações vegetais, esses estudos se tornaram de grande importância, sobretudo os que caracterizem a sucessão das comunidades e a síndrome de dispersão de sementes que, segundo Van der Pijl (1982), é um dos fatores que influencia a colonização de habitats e a manutenção da biodiversidade em paisagens fragmentadas.

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização estrutural de fragmentos de mata de galeria da alta bacia do rio Araguaia, procurando-se caracterizar o *status* original da vegetação, de modo a contribuir para o conhecimento da vegetação florestal de tipo galeria nesta região e para a formação de um banco de dados que poderá subsidiar futuros programas de recuperação de áreas degradadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo, localiza-se no extremo sudoeste do estado de Goiás no município de Mineiros e sul do estado do Mato Grosso no município de Alto Araguaia, bem próxima à divisa destes dois estados com o Mato Grosso do Sul (Figura 1).

Insere-se no quadrante formado entre as coordenadas 17° 49' 12" S / 53° 15' 00" W e 18° 03' 36" S / 52° 57' 00" W. De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima do tipo Aw, caracterizado por ser tropical chuvoso, com verões quentes e invernos secos, com temperaturas médias anuais entre 18 e 32 °C (OLIVEIRA et al., 2003).

A precipitação anual varia entre 1500 e 1650 mm, o solo predominante na área de estudo é do tipo Neossolo Quartzarênico, sendo encontrado também nos fundos de vale Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos e Gleissolos, e Latossolos Vermelho-Amarelo nas cabeceiras de drenagem. A altitude média da região é de 800 metros (CASTRO et al., 2005).

A partir de uma classificação não supervisionada de cena TM/Landsat de junho de 2006 e da geração de um mapa do uso do solo da região estudada, verificou-se que, dos 52.214,70 ha da área do estudo, 41.704,94 (79,87 %) são áreas antropizadas com agricultura e pastagem. Para as fisionomias naturais utilizou-se a terminologia fitofisionômica proposta por Ribeiro & Walter (1998) sendo que, 6.466,68 (12,38%) são de cerrado; 1.322,87 (2,53%) são de campos e 2.370,94 (4,54%) são de matas que compreendeu as matas de galeria, matas ciliares e matas secas. Estas três fitofisionômias foram classificadas em conjunto devido a dificuldade em distingui-las em sensoriamento remoto. Mesquita Júnior (1998), usando imagens de satélite, em uma unidade de conservação no estado de São Paulo, não conseguiu distinguir o cerradão da floresta estacional semidecídua adjacente apenas com imagens de satélite. A classificação ainda apresentou cerca de 349,27 hectares representados por corpos d'água.

2.2. Amostragem e coleta dos dados

A área apresenta 198 manchas de mata, das quais 146 possuem menos do que 10 hectares, correspondendo cerca de 73%. Das 52 manchas com área superior a 10 hectares, 22 manchas são de mata de galeria, de acordo com avaliação da fitofisionomia feita em campo, as quais foram selecionadas aleatoriamente para o presente estudo. As manchas com menos de 10 hectares foram excluídas por dois motivos básicos: as manchas com área inferior são fortemente influenciadas pelo efeito de borda (OLIVEIRA-FILHO et al., 1997); além disso, as imagens TM/Landsat permitem trabalhos em escala máxima ideal de 1:50.000, assim, qualquer mancha inferior a 10 ha seria dificilmente visualizada nessa escala de trabalho.

Usou-se o método de quadrantes centrados (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974, MARTINS 1991) para caracterizar a estrutura e a composição florística de cada um das áreas selecionadas. Em cada uma, lançou-se 15 pontos quadrantes, onde foram amostrados os indivíduos lenhosos com diâmetro à altura do peito maior ou igual a 5 cm, conforme o recomendado por Scolforo (1998). Os indivíduos amostrados que não puderam ser identificados em campo foram coletados com tesoura de poda alta e acondicionados em sacos plásticos. Posteriormente, eles foram prensados e secos em estufa. Identificou-se o material botânico coletado com chaves de identificação baseadas em caracteres vegetativos, por comparação com exsicatas depositadas no Herbário BHCB da Universidade Federal de Minas Gerais e por consultas a especialistas. Esse material foi montado, rotulado e depositado na Oréades Núcleo de Geoprocessamento, organização não governamental com sede em Minérios-GO, com a qual mantemos relações profissionais.

Em seguida, inseriram-se os dados de campo em planilhas e calcularam-se os descritores fitossociais de acordo com Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) & Castro (1987). Para toda a comunidade vegetal arbustivo-arbórea amostrada calculou-se a riqueza, a densidade total e a área basal (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974, MARTINS 1991), bem como os índices de diversidade de Shannon (SHANNON & WEAVER, 1963) e equabilidade de Pielou (PIELOU, 1975). Toda análise foi realizada no programa Mata Nativa versão 2.08.

As espécies foram classificadas em famílias segundo o sistema proposto por Judd et al. (1999), assim pode-se determinar quais eram as famílias mais ricas em espécies na amostra como um todo. Para verificar a similaridade entre os 22 fragmentos realizou-se uma análise de agrupamento, utilizando-se o índice de Sørensen transformado em distância euclidiana quadrada como medida de distância e o algoritmo de agrupamento de médias ponderadas (UPGMA) (GOMIDE et al., 2006). A matriz de similaridade resultante dessa análise foi usada para construir um dendrograma. Essa análise foi realizada por meio do programa MVSP versão 3.1 (KOVACH, 2005).

Determinou-se a síndrome de dispersão dos frutos de cada espécie amostrada (VAN DER PIJL, 1972), isto é, se era anemocórica, autocórica ou zoocórica, para estimar a oferta de frutos para a fauna da região. Para a classificação sucessional, as espécies amostradas foram agrupadas por meio de pesquisa bibliográfica e foram classificadas como pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias conforme critério de classificação sucessional sugeridos por Gandolfi et al. (1995). Entretanto alguns autores (GANDOLFI et al., 1995; TABARELLI & MANTOVANI, 1997; CARDOSO-LEITE, 2004) salientam que esta classificação é bastante controversa por não terem sido efetuados estudos populacionais.

A vegetação foi classificada de acordo com seu estágio sucessional, adotando-se um dos critérios propostos por Budowski (1970): a proporção relativa entre o número de indivíduos de espécies iniciais (pioneiras e secundárias iniciais) e o de tardias (secundárias tardias e climácicas) que compõem o dossel da mata, considerando-se mais de 50% dos indivíduos de um estágio como determinante deste. Foram consideradas como espécies sem caracterização as espécies nativas para as quais não foram encontradas citações na literatura.

2.3. Suficiência amostral

Segundo Ferreira (1988), o método de determinação de área mínima, conhecido como curva espécie-área, produz resultados subjetivos, ao contrário da regressão linear de plateau.

Para verificar a suficiência amostral neste estudo a mesma foi estimada e avaliada utilizando-se o procedimento da regressão linear com resposta em platô (REGRELRP) do Sistema para Análises Estatísticas SAEG V.5.0 (GOMIDE, et al., 2006; ALVES JÚNIOR, et al., 2007). Considerou-se como cada unidade amostral o conjunto de 15 pontos lançados em cada fragmento.

Este procedimento é apropriado para análise de regressão de modelos descontínuos, compostos de uma parte linear crescente e de uma na forma de plateau (SAEG, 1997). No gráfico determinado por este procedimento, consideraram-se os números de pontos mínimos a serem amostrados e o ponto onde há a intersecção da parte linear crescente com a parte na forma de plateau.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. A amostragem

De acordo com os resultados do procedimento REGRELRP, pode-se observar que a intersecção da parte linear com a parte em forma de plateau é obtida na décima sétima unidade amostral, que corresponde a 255 pontos (Figura 2). Portanto, pode-se considerar que a amostragem realizada para a área foi suficiente para caracterizar a florística da vegetação em estudo.

3.2. A diversidade florística

A tabela 1 mostra a riqueza, a riqueza máxima, o índice de diversidade de Shannon & Weiner e o índice de equabilidade de Pielou para os vinte e dois fragmentos amostrados e para todos os fragmentos juntos.

Pelos resultados pode-se observar que quando analisados em conjunto os 1.320 indivíduos amostrados estavam distribuídos em 109 espécies. Apresentaram um índice de equabilidade de Pielou de 0,82. O índice de diversidade de Shannon & Weiner foi de 3,86 nats. ind⁻¹, valor semelhante ao encontrado por Silva Júnior (2005), superior ao encontrado por Dietzsch et al.(2006) e Teixeira & Rodrigues (2006) e inferior ao encontrado por Silva Júnior (2004).

Como esperado, houve padrões de variação da diversidade dentro da área estudada. Isto ocorreu em consequência de fatores de degradação que foram observados em campo que estão contribuindo para a distribuição da riqueza das espécies nas comunidades, determinando mudanças consideráveis na diversidade de alguns fragmentos. Partindo do cálculo da

diversidade e equabilidade dos fragmentos da bacia, constatou-se o seguinte: amplitude dos índices: (a) Shannon: 2,00 a 3,08 nats. ind⁻¹ e (b) Equabilidade: 0,76 a 0,95.

Os fragmentos que apresentaram o menor índice de diversidade de Shannon foi o de número 17 (2,00 nats. ind⁻¹), onde foram observadas 11 espécies e o de maior índice foi o de número 11 (3,08 nats. ind⁻¹), onde foram observadas 28 espécies. Segundo Silva Júnior (1998) os valores de índice de diversidade de Shannon anotados para matas de galeria no Brasil Central variam entre 2,51 a 4,25 nats. ind⁻¹.

3.3. As famílias

Foram amostradas no total 43 famílias, entre as quais se destacam as dez com as espécies de mais altos valores de importância (IVI) em ordem decrescente e considerada comuns: Annonaceae (8 espécies), Leguminosae (16 espécies), Anacardiaceae (3 espécies), Lauraceae (8 espécies), Chrysobalanaceae (6 espécies), Myrtaceae (8 espécies), Sapindaceae (5 espécies), Melastomataceae (2 espécies), Euphorbiaceae (2 espécies) e Elaeocarpaceae (1 espécie).

Em estudo realizado por Silva Júnior (2004) para a mesma fisionomia foram amostradas 48 famílias, dentre as quais se destacaram as cinco mais ricas, com as maiores densidades por hectare, as maiores áreas basais por hectare e os mais altos valores de importância: Anacardiaceae, Burseraceae, Cunoniaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Leguminosae, Moraceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Sapindaceae e Vochysiaceae.

Na comparação entre 21 matas de galeria no DF (SILVA JÚNIOR et al., 2001) incluiu Anacardiaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Combretaceae, Dichapetalaceae, Euphorbiaceae, Hippocrateaceae, Icacinaceae, Lauraceae, Leguminosae, Melastomataceae, Moraceae, Myristicaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Sapindaceae e Sapotaceae, no grupo das famílias comuns às matas do Distrito Federal, por terem ocorrido em 18 das 21 localidades estudadas. Dentre essas, Anacardiaceae, Annonaceae, Leguminosae e Rubiaceae ocorreram nas 21 áreas e foram consideradas abundantes.

Em levantamento realizado por Dietzsch et al. (2006) em dois fragmentos de mata de galeria no DF foram encontradas 45 famílias botânicas: Rubiaceae foi a família que contribuiu com maior riqueza, com 7 espécies, seguida de Myrtaceae com 6 espécies, Sapotaceae, Euphorbiaceae e Fabaceae-Papilionoideae com 4 e de Lauraceae, Fabaceae-Caesalpinoideae e Fabaceae-Mimosoideae com 3 espécies. Cerca de 84% das famílias foram representadas por até duas espécies e 56% das famílias por apenas uma espécie.

3.4. As espécies

Foram amostradas 109 espécies pertencentes a 78 gêneros (Tabela 2). A distância média entre árvores foi de 2,32 m, que resultou na densidade total de 1.858 árvores. ha⁻¹ e na área basal total de 18,8378 m². ha⁻¹. Marimon et al. (2002) quando analisaram a florística e a fitossociologia de uma mata de galeria em Nova Xavantina – MT, encontraram 129 espécies pertencentes a 105 gêneros e 47 famílias, a densidade total foi de 1.023 árvores. ha⁻¹ e a área basal estimada foi de 20,44 m²/ha. Silva Júnior (2004) encontrou 110 espécies pertencentes a 91 gêneros, a distância média entre árvores foi de 2,51 m, que resultou na densidade total de 1.573 árvores. ha⁻¹ e na área basal total de 38,5 m².ha⁻¹, valor este muito superior ao encontrado neste estudo. Silva Júnior et al. (2001), listaram 378 espécies arbóreas em 21 matas de galeria no Distrito Federal.

Silva Júnior (2005) encontrou para as 99 espécies amostradas, 88 gêneros. A distância média entre árvores foi de 2,28 m que resultou na densidade total de 1971 árvores. ha⁻¹ e na área basal total de 38,8 m². ha⁻¹. As dez espécies mais importantes, excluindo-se o grupo das mortas que ocupou a 5ª posição, foram: *Callisthene major*, *Tapirira guianensis*, *Protium almecega*, *Copaifera langsdorffii*, *Sclerolobium paniculatum* var. *rubiginosum*, *Pseudolmedia laevigata*, *Faramea cyanea*, *Emmotum nitens*, *Lamanonia ternata* e *Maprounea guianensis*.

Texeira & Rodrigues (2006), quando analisaram a florística e estrutura de uma mata de galeria no nordeste do estado de São Paulo verificaram que as quatro espécies mais importantes foram: *Virola sebifera*, *Protium heptaphyllum*, *Tapirira guianensis* e *Copaifera langsdorffii*.

No estudo realizado por Dietzsch et al. (2006), a área basal estimada para a mata, considerando os dois fragmentos estudados juntos foi de 28,4 m². ha⁻¹, também superior ao encontrado neste estudo, enquanto a densidade foi de 1.448 ind. ha⁻¹. Estes valores são considerados dentro do intervalo de variação para as áreas basais e densidades médias das matas de galeria amostradas na região do Distrito Federal (BELTRÃO, 2003; FELFILI, 1995; SILVA JÚNIOR, 1995).

Atribui-se o baixo valor de área basal encontrado neste estudo a perturbações sofridas por alguns fragmentos, sobretudo pelo corte seletivo de lenha fazendo com que estas comunidades apresentassem baixos valores de diâmetro. Em 11 dos 22 fragmentos avaliados neste estudo foram observados indícios de corte de lenha em alta frequência.

As dez espécies mais importantes em ordem decrescente de valor de importância neste estudo foram: *Bocageopsis mattogrosensis*, *Sclerolobium paniculatum*, *Tapirira guianensis*, *Nectandra warmingii*, *Licania kunthiana*, *Myrcia splendens*, *Ocotea aciphylla*, *Matayba*

guianensis, *Copaifera langsdorffii*, e *Miconia chartacea*. Estas dez espécies somaram 46,07% do índice de valor de importância.

No levantamento ainda foram observadas duas espécies típicas de cerrado sentido restrito: *Ouratea spectabilis* (7 indivíduos) e *Caryocar brasiliensis* (2 indivíduos); nove espécies que não foram listadas por Felfili et al. (2001b) em lista das fanerógamas das matas de galeria e ciliares do Brasil central: *Cheilochlinium cognatum*, *Pterodon pubescens*, *Sweetia fruticosa*, *Eriotheca gracilipes*, *Quiina rhytidophus*, *Qualea cordata*, *Tocoyena brasiliensis*, *Talisia sculenta* e *Toulicia laevigata* e uma espécie considerada como ameaçada de extinção (BRASIL, 1992): *Astronium fraxinifolium* (1 indivíduo).

3.5. Similaridade

Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) recomendam usar um nível de corte de 25% no eixo de escala do dendrograma para analisar a similaridade entre comunidades. Considerando este nível de corte e observando a figura 3, as comunidades arbóreas estudadas foram divididas em três grupos: o primeiro composto pelos fragmentos: 13 e 19, o segundo formado pelos fragmentos 16 e 21 e um terceiro formado pelos demais fragmentos. Os grupos não apresentaram relação espacial.

Observa-se total dissimilaridade do primeiro grupo com os demais. O fragmento 19 pertencente a este grupo encontra-se extremamente perturbado. Vários indícios de perturbação foram detectados em campo durante a coleta de dados. Nele observou-se a ocorrência de uma espécie tipicamente de cerrado sentido restrito (*Caryocar brasiliensis*), e uma espécie considerada rara neste levantamento (*Dimorphandra mollis*). No fragmento 13, nota-se também a ocorrência de uma espécie rara (*Bowdichia major*).

No segundo grupo verifica-se uma grande ocorrência de espécies raras: *Aspidosperma parvifolium*, *Aspidosperma spruceanum*, *Agonandra brasiliensis*, *Casearia decandra*, *Cheilochlinium cognatum*, e *Myrcia tomentosa*. Este grupo também apresenta grande dissimilaridade florística com os demais grupos.

3.6. Síndromes de dispersão e classificação sucessional

A classificação ecológica mostrou que das 109 espécies encontradas 19,3% pertencem à categoria das secundárias tardias, 53,2% às secundárias iniciais e 15,6% às pioneiras (Tabela 3). Com base neste resultado podemos dizer que os fragmentos amostrados encontram-se em estágio intermediário de sucessão, e de acordo com Oliveira-Filho (1989) se

mantidos sob proteção estes fragmentos podem retornar a condições anteriores, presentes na vegetação original, ou seja, antes da ação antrópica acontecer.

Dentre as espécies estudadas observou-se o predomínio das espécies zoocóricas (66,1%), seguidas por espécies anemocóricas (15,6%), sem classificação (14,7%) e autocóricas (3,7%). Oliveira-Filho (1989) explica o predomínio de espécies zoocóricas em matas de galeria dizendo que a distribuição de sementes em vegetações em forma de mosaico geralmente se dá de forma zoocórica, pois os outros métodos de dispersão dependem da participação de água e vento que associada à estrutura física deste ambiente influenciam na dificuldade das sementes serem retiradas do mesmo ao passo que o hábito alimentar dos agentes zoocóricos facilita a retirada.

A classificação dos tipos de síndromes zoocóricas, entretanto não foi feita, pois a morfologia das espécies estudadas indica que existem mais de um grupo de animais frugívoros envolvidos no processo.

4. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que o extremo sul da alta bacia do rio Araguaia, onde se encontra sua nascente, possui uma expressiva riqueza florística, 109 espécies arbóreas (DAP ≥ 5 cm), pertencentes a 78 gêneros e 43 famílias, das quais destacam-se: *Bocageopsis mattogrosensis*, *Sclerolobium paniculatum*, *Tapirira guianensis*, *Nectandra warmingii*, *Licania kunthiana*, *Myrcia splendens*, *Ocotea aciphylla*, *Matayba guianensis*, *Copaifera langsdorffii*, e *Miconia chartacea*. Tais espécies pertencem a ambientes de matas galeria do bioma Cerrado, embora apresentem pequenas variações em relação a algumas áreas também de cerrado, basicamente relativas a variações ambientais.

Entretanto, houve grande variação da diversidade florística (2,00 a 3,08 nats. ind⁻¹) nos fragmentos amostrados, decorrente de fatores de degradação observados em campo, sobretudo a presença de gado e o corte seletivo de lenha. Inclusive o baixo valor de área basal na amostra, 18,8378 m², resultante da grande frequência de indivíduos com pequenos diâmetros observados no levantamento, também indicaram altos níveis de perturbação nos fragmentos.

A alta diversidade observada pelos índices de Shannon & Weiner anotado em 3,86 nats. ind⁻¹, o de equabilidade de Pielou de 0,82, o expressivo número de espécies secundárias iniciais e de síndrome de dispersão zoocórica evidenciam a importância da conservação das matas de galeria na região estudada.

A similaridade florística avaliada pelo quociente de Sørensen e considerando um nível de corte de 25% no dendrograma, levou a formação de três grupos, dentro dos quais não foram observadas relações espaciais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES JÚNIOR, F. T.; LINS, C. F.; BRANDÃO, S.; ROCHA, K. D. da.; SILVA, J. T. da.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C. Estrutura diamétrica e hipsométrica do componente arbóreo de um fragmento de mata atlântica, Recife-PE. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 83-95, 2007.

BELTRÃO, L. **Avaliação do efeito do entorno na integridade ecológica de uma mata de galeria inundável no Distrito Federal**. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria no. 06, de 23 de janeiro de 1992. **In: IBAMA**. Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Brasília, 1992. p.870-872.

BUDOWSKI, G. The distinction between old secondary and climax species in tropical central american lowland rainforest. **Tropical Ecology**, Varanas, v. 11, p. 44-48, 1970.

CARDOSO-LEITE, E.; COVRE, T. B.; OMETTO, R. G.; CAVALCANTI, D. C.; PAGANI, M. T. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em Rio Claro/SP, como subsídio à recuperação da área. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 31-41, 2004.

CASTRO, A. A. J. F. **Florística e fitossociologia de um cerrado marginal brasileiro, Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa-Quatro, SP**. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. 1987.

CASTRO, S. S. de. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo. v. 17, p. 38-60, 2005.

CASTRO, S. S. de; XAVIER, L. S. de.; BARBALHO, M. G. S. da. (Org.). **Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares**. Goiânia: SEMARH. 2004. 74p. il.

DIETZSCH, L.; REZENDE, A. V.; PINTO, J. R. R.; PEREIRA, B. A. S. Caracterização da flora arbórea de dois fragmentos de mata de galeria do parque Canjerana, DF. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 201-210, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FELFILI, J. M. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil. **Vegetatio**. 117:1-15, 1995.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; RESENDE, A. V.; HARIDASAN, M.; FILGUEIRAS, T. S.; MENDONÇA, R.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E. O projeto biogeografia do bioma cerrado: hipóteses e padronização da metodologia. In: GARAY, I.; DIAS, B. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. Petrópolis: [s.n.], p. 157-173. 2001a

FELFILI, J.M. et al. Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil Central. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SOUZA-SILVA, J.C. (Ed.) Cerrado - caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina, DF, v. 1, p. 195-209, 2001b.

FELFILI, J.M.; SILVA-JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; MACHADO, J.W.B.; WALTER, B.M.T.; SILVA, P.E.N. & HAY, J.D. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado sensu stricto na Chapada Pratinha, DF, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 6, p. 27-46, 1993.

FERREIRA, R.L.C. **Análise estrutural da vegetação da Estação Florestal de Experimentação de Açu, RN, como subsídio básico para o manejo florestal**. 1988. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista brasileira de biologia**, v.55, n.4, p.753-767, 1995.

GOMIDE, L. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 127-144, 2006.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOG, E.A.; STEAVENS, P.F. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. Massachusetts: Sinauer Associates, 1999.

KOVACH, W.L. 2005. **MVSP - A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.1**. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K. 2005.

MACEDO, J. Os cerrados brasileiros: alternativas para a produção de alimentos no limiar do século XXI. **Revista de Política Agrícola**. Brasília: Ministério da Agricultura, Ano IV, n. 2. 1995.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; LIMA, E. S. Floristic and phytosociology of the gallery forest of the Bacaba stream, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany*, Edinburgh, v. 59, n. 2, p. 303-318, 2002.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: Unicamp, 1991. 246 p.

MENDONÇA, R.C.; FELFILI, J.M.; WATER, B.M.T.; SILVA JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-168.

MESQUITA JÚNIOR, H. N. de. **Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga- SP)**. 1998. 133f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Willey, 1974. 574p.

OLIVEIRA, V. A.; BORGES, L. C.; CALIL, P. M.; ALMEIDA, L. L. do C.; AZEVEDO, W. R.; NOGUEIRA, S. de A. J.; SILVA, M. T. G. **Diagnóstico agroambiental do entorno do Parque Nacional das Emas: 1ª. fase – pedologia, aptidão agrícola e uso das terras**. Goiânia: AGÊNCIA RURAL, 2003. 227p. (Documentos, 02/AGÊNCIA RURAL).

OLIVEIRA-FILHO, A.T. Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do Córrego da Paciência, Cuiabá (MT). **Acta Botanica Brasílica**, n.3, pág. 91-112, 1989.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, v. 131, p. 45-66. 1997.

PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley & Sons, 1975.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-168.

SAEG - **Sistema para Análise Estatística e Genética (SAEG v. 5.0). Manual de uso**. Viçosa: UFV-Funarbe, 1997.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 443p. (Curso de Especialização Pós-Graduação “Lato Sensu” por Tutoria a Distância – Manejo de florestas plantadas e nativas).

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, University of Illinois. 1963.

SILVA JÚNIOR, M C. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na reserva ecológica do IBGE, DF. **Cerne**, Lavras, v. 11, p. 147-158, 2005.

SILVA JÚNIOR, M. C. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na Reserva Biológica do IBGE, DF. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 419-428, 2004.

SILVA JÚNIOR, M.C. Comparação entre matas de galeria no Distrito Federal e a efetividade do código florestal na proteção de sua diversidade arbórea. **Acta Botanica Brasílica**, v. 15, n. 1, p. 111-118, 2001.

SILVA JÚNIOR, M.C. Comunidades de árvores e sua relação com os solos na Mata do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, Brasília-DF. **Revista Árvore**, v. 22, p. 29 – 40, 1998.

SILVA JÚNIOR, M.C. Tree communities of the gallery forest of the IBGE Ecological Reserve, Federal District, Brazil. 257f. (D. Phil. Thesis) – University of Edinburgh, Edinburgh, 1995.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Colonização de clareiras naturais na floresta atlântica no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, p. 57-66, 1997.

TEIXEIRA, A. P. de; RODRIGUES, R. R. Análise florística e estrutural do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria no município de Cristais Paulistas, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 20, n. 4, p. 803-813, 2006.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3rd ed. Springer Verlag, New York. 1982.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersion in higher plants**. Berlin, Springer. 1972.

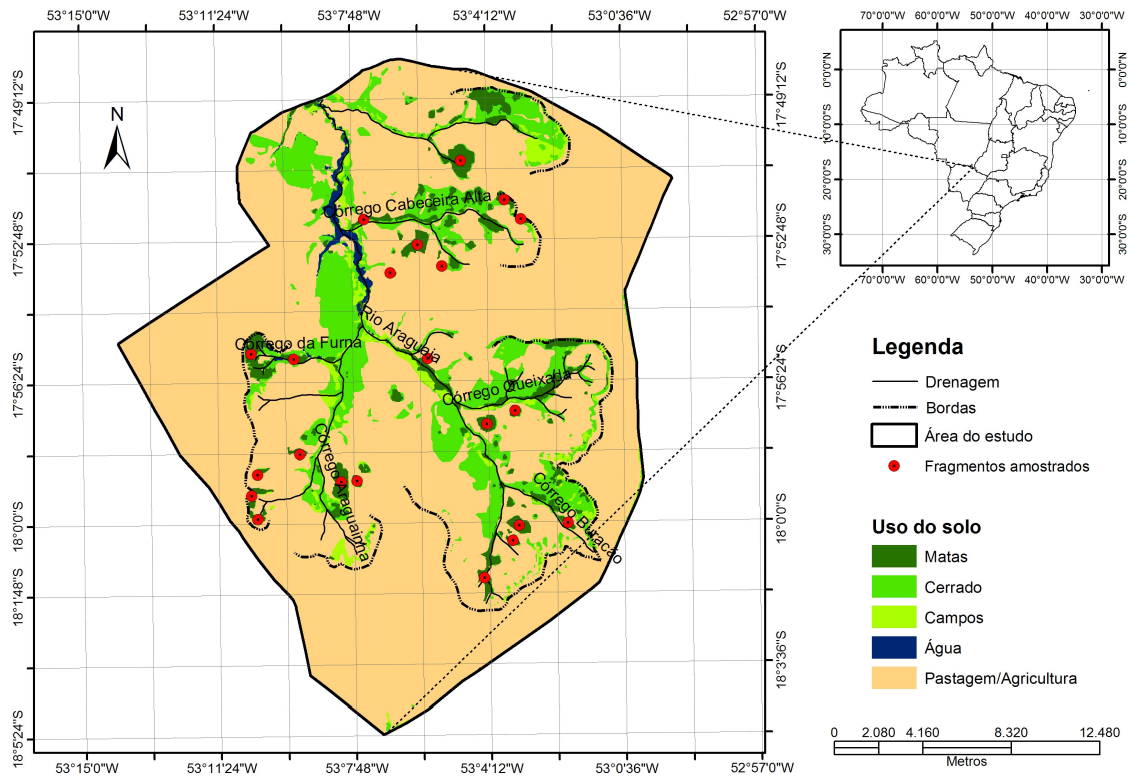


Figura 1. Localização e uso do solo. Extremo sul da alta bacia do rio Araguaia, Brasil.

Figure 1. Area location and land use. Upper Araguaia river basin. Brazil.

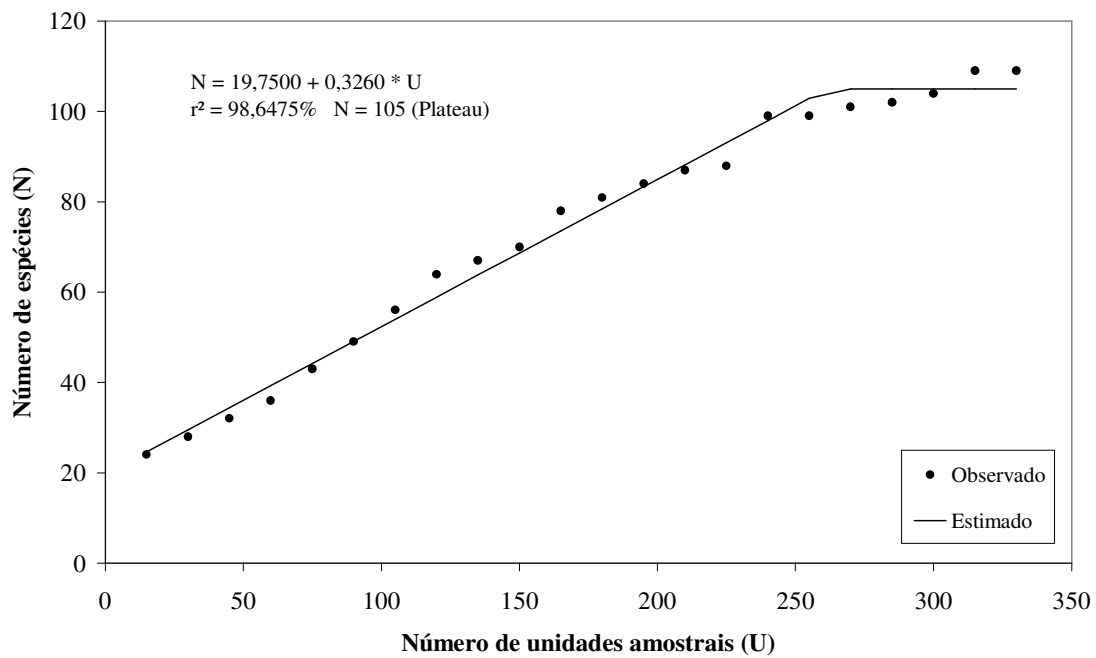


Figura 2. Representação gráfica da suficiência amostral, Número de unidades amostrais (U) versus Número de espécies (N), Extremo sul da alta bacia do rio Araguaia, Brasil.

Figure 2. Graphical representation of sampling sufficiency, Sampling units versus Richness species, Upper Araguaia river basin. Brazil.

Tabela 1 – Localização, latitudes, longitudes, área (ha), número de árvores (N) riqueza florística (S), diversidade máxima (lnS), diversidade (H') e equabilidade (J) das matas de galeria no extremo sul da alta bacia do rio Araguaia, Brasil.

Table 1 – Location, latitudes, longitudes, area (ha), tree number (N), floristic richness (S), maximum diversity (ln S), diversity (H') and equability (J) of the gallery forests in Upper Araguaia river basin, Brazil.

Local	Latitudes	Longitudes	Área (ha)	N	S	ln S	H'	J
Fragmento 1	17° 52' 18,39"	53° 07' 25,54"	62,55	60	24	3,18	2,77	0,87
Fragmento 2	17° 53' 32,20"	53° 05' 23,76"	10,183	60	13	2,56	2,10	0,82
Fragmento 3	17° 53' 37,73"	53° 06' 44,95"	14,116	60	13	2,56	2,09	0,82
Fragmento 4	17° 51' 52,56"	53° 03' 42,28"	37,669	60	14	2,64	2,22	0,84
Fragmento 5	17° 55' 52,42"	53° 05' 49,60"	105,657	60	19	2,94	2,51	0,85
Fragmento 6	17° 52' 22,08"	53° 03' 14,61"	18,158	60	20	3,00	2,29	0,76
Fragmento 7	17° 53' 00,83"	53° 06' 02,51"	88,708	60	24	3,18	2,94	0,92
Fragmento 8	18° 01' 30,08"	53° 04' 19,19"	107,143	60	24	3,18	2,80	0,88
Fragmento 9	17° 50' 51,67"	53° 04' 50,55"	151,848	60	20	3,00	2,71	0,90
Fragmento 10	18° 00' 10,74"	53° 03' 20,14"	62,171	60	19	2,94	2,65	0,90
Fragmento 11	17° 57' 32,06"	53° 04' 13,65"	53,963	60	28	3,33	3,08	0,92
Fragmento 12	18° 00' 34,72"	53° 03' 33,06"	25,378	60	21	3,04	2,78	0,91
Fragmento 13	18° 00' 05,20"	53° 02' 06,34"	22,566	60	15	2,71	2,42	0,89
Fragmento 14	17° 55' 43,20"	53° 10' 30,05"	169,095	60	19	2,94	2,30	0,78
Fragmento 15	17° 59' 20,92"	53° 10' 30,05"	46,129	60	15	2,71	2,34	0,86
Fragmento 16	17° 58' 49,55"	53° 10' 20,82"	20,413	60	24	3,18	2,91	0,92
Fragmento 17	17° 59' 55,98"	53° 10' 18,98"	33,826	60	11	2,40	2,00	0,83
Fragmento 18	17° 58' 16,39"	53° 09' 10,71"	30,544	60	22	3,09	2,94	0,95
Fragmento 19	17° 57' 13,61"	53° 03' 25,68"	20,337	60	17	2,83	2,28	0,81
Fragmento 20	17° 59' 00,62"	53° 07' 38,46"	20,314	60	15	2,71	2,48	0,92
Fragmento 21	17° 58' 58,78"	53° 08' 07,98"	105,739	60	24	3,18	2,89	0,91
Fragmento 22	17° 55' 50,58"	53° 09' 21,78"	38,361	60	19	2,94	2,68	0,91
Todos juntos	-	-	1.244,868	1320	109	4,69	3,86	0,82

Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas matas de galeria na alta bacia do rio Araguaia, Brasil (em que: N=número de árvores, AB=área basal absoluta, DA=densidade absoluta, DR=densidade relativa, FR=frequência relativa e IVI=índice do valor de importância).

Table 2 – Phytosociological parameters of trees sampled in gallery forests in upper Araguaia river basin, Brazil (N=tree number, AB=basal area, DA=absolute density, DR=relative density, FR=relative frequency, IVI=importance value index).

Nome Científico	N	AB (m ² /ha)	DA (n/ha)	DR FR		IVI
				(%)		
<i>Bocageopsis mattogrosensis</i> (R. E. Fries) R.						
E. Fries	183	1,8561	257,54	13,86	10,89	34,61
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vog.	78	2,0031	109,77	5,91	4,28	20,83
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	52	1,0588	73,18	3,94	4,28	13,84
<i>Nectandra warmingii</i> Meissn.	47	0,8165	66,14	3,56	3,63	11,53
<i>Licania kunthiana</i> Hook. f.	53	0,4470	74,59	4,02	3,91	10,30
<i>Myrcia splendens</i> DC.	46	0,5108	64,74	3,48	3,72	9,92
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	28	0,9391	39,41	2,12	2,42	9,53
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	39	0,6423	54,89	2,95	3,17	9,53
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	32	0,7652	45,03	2,42	2,70	9,19
<i>Miconia chartacea</i> Triana	48	0,2588	67,55	3,64	4,00	9,01
<i>Maprounea guianensis</i> (Aubl.) M. Arg.	32	0,3077	45,03	2,42	2,70	6,76
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	35	0,2950	49,26	2,65	2,33	6,55
<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	31	0,3036	43,63	2,35	2,42	6,38
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	29	0,3274	40,81	2,20	2,23	6,17
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	30	0,2103	42,22	2,27	2,51	5,90
<i>Emmotun nitens</i> (Benth.) Miers.	22	0,4450	30,96	1,67	1,86	5,89
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	31	0,1696	43,63	2,35	2,42	5,67
<i>Eugenia lambertiana</i> DC.	22	0,4089	30,96	1,67	1,49	5,33
<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl.) Eichl.	13	0,6115	18,30	0,98	0,93	5,16
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	25	0,1946	35,18	1,89	2,23	5,16
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	20	0,3710	28,15	1,52	1,40	4,88
<i>Guatteria nigrescens</i> Mart.	17	0,3556	23,93	1,29	1,40	4,57
<i>Machaerium acutifolium</i> Vog.	10	0,4464	14,07	0,76	0,84	3,97
<i>Duguetia marcgraviana</i> Mart.	16	0,3039	22,52	1,21	1,02	3,85

Continua ...

To be continued ...

<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	14	0,2895	19,70	1,06	1,21	3,81
<i>Erythroxylum citrifolium</i> A. St. Hil.	15	0,2625	21,11	1,14	1,21	3,74
<i>Nectandra cissiflora</i> Nees	18	0,1807	25,33	1,36	1,30	3,63
<i>Quiina rhytidopus</i> Tul.	14	0,2118	19,70	1,06	1,12	3,30
<i>Guatteria sellowiana</i> Schlecht.	16	0,1764	22,52	1,21	1,12	3,27
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotz.	17	0,0876	23,93	1,29	1,49	3,24
<i>Ocotea corymbosa</i> (Miers.) Mez	12	0,2490	16,89	0,91	0,84	3,07
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	13	0,1968	18,30	0,98	0,93	2,96
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	12	0,1739	16,89	0,91	1,02	2,86
<i>Unonopsis lindmanii</i> R. E. Fries	11	0,1912	15,48	0,83	0,93	2,78
<i>Mabea pohliana</i> (Benth.) M. Arg.	12	0,0806	16,89	0,91	1,12	2,45
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	7	0,1924	9,85	0,53	0,56	2,11
<i>Eriotheca candolleana</i> (K. Schum.) A. Robyns	10	0,0882	14,07	0,76	0,84	2,06
<i>Myrcia rufipes</i> DC.	10	0,0631	14,07	0,76	0,84	1,93
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	7	0,1390	9,85	0,53	0,56	1,83
<i>Cecropia pachystachia</i> Tréc.	8	0,0956	11,26	0,61	0,65	1,77
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart. var. <i>coriacea</i>	8	0,0751	11,26	0,61	0,74	1,75
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	8	0,0890	11,26	0,61	0,56	1,64
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	5	0,1511	7,04	0,38	0,37	1,55
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook. f.) Prance	6	0,0853	8,44	0,45	0,47	1,37
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	6	0,0686	8,44	0,45	0,47	1,28
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Tréc.	3	0,1445	4,22	0,23	0,28	1,27
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	7	0,0256	9,85	0,53	0,56	1,23
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	6	0,0504	8,44	0,45	0,47	1,19
<i>Myrcia linguaeformis</i> Kiaersk.	6	0,0473	8,44	0,45	0,47	1,17
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	5	0,0552	7,04	0,38	0,47	1,14
<i>Pouteria gardnerii</i> (Mart. & Miq.) Baehni.	6	0,0236	8,44	0,45	0,56	1,14
<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	5	0,0813	7,04	0,38	0,28	1,09
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	5	0,0460	7,04	0,38	0,47	1,09
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	5	0,0317	7,04	0,38	0,37	0,92
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	5	0,0283	7,04	0,38	0,37	0,90
<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel	4	0,0399	5,63	0,30	0,37	0,89

Continua ...

To be continued ...

<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	4	0,0534	5,63	0,30	0,28	0,87
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	3	0,0711	4,22	0,23	0,28	0,88
<i>Qualea cordata</i> Spreng.	4	0,0484	5,63	0,30	0,28	0,84
<i>Gomidesia lindeniana</i> Berg.	4	0,0167	5,63	0,30	0,37	0,76
<i>Myrciaria floribunda</i> Berg	2	0,0704	2,82	0,15	0,19	0,71
<i>Talisia esculenta</i> (A. St. Hil.) Radlk.	2	0,0736	2,82	0,15	0,19	0,73
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A. C. Sm.	1	0,0794	1,41	0,08	0,09	0,59
<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell.	3	0,0149	4,22	0,23	0,28	0,59
<i>Licania octandra</i> (Hoff. ex Roem. & Schult.)						
Kuntze ssp. octandra	3	0,0189	4,22	0,23	0,28	0,61
<i>Connarus suberosus</i> Planch. var suberosus	3	0,0132	4,22	0,23	0,28	0,58
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	3	0,0101	4,22	0,23	0,28	0,56
<i>Licania apetala</i> (E. Meyer) Fritsch	3	0,0132	4,22	0,23	0,28	0,58
<i>Miconia cuspidata</i> Naud.	2	0,0352	2,82	0,15	0,19	0,53
<i>Xylopia sericea</i> A. St. Hil.	2	0,0329	2,82	0,15	0,19	0,51
<i>Caryocar brasiliensis</i> Cambess.	2	0,0279	2,82	0,15	0,19	0,49
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	2	0,0249	2,82	0,15	0,19	0,47
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. ssp. Aurantiaca	1	0,0564	1,41	0,08	0,09	0,47
<i>Ocotea glaziovii</i> Mez	3	0,0125	4,22	0,23	0,19	0,48
<i>Toulicia laevigata</i> Radlk.	3	0,0127	4,22	0,23	0,19	0,48
<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlemb) Yakovl.	1	0,0519	1,41	0,08	0,09	0,44
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	2	0,0374	2,82	0,15	0,09	0,44
<i>Nectandra cuspidata</i> Nees	2	0,0238	2,82	0,15	0,19	0,46
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	2	0,0162	2,82	0,15	0,19	0,42
<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	2	0,0141	2,82	0,15	0,19	0,41
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook. f.						
ex S. Moore	2	0,0163	2,82	0,15	0,19	0,42
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Stendel	2	0,0121	2,82	0,15	0,19	0,40
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	2	0,0079	2,82	0,15	0,19	0,38
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	2	0,0059	2,82	0,15	0,19	0,37
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urban	2	0,0046	2,82	0,15	0,19	0,36
<i>Combretum discolor</i> Taub.	1	0,0284	1,41	0,08	0,09	0,32
<i>Annona cornifolia</i> St. Hil.	1	0,0224	1,41	0,08	0,09	0,29
<i>Aspidosperma discolor</i> A. DC.	2	0,0115	2,82	0,15	0,09	0,31

Continua ...

To be continued ...

<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	1	0,0164	1,41	0,08	0,09	0,26
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	1	0,0211	1,41	0,08	0,09	0,28
<i>Diospyrus sericea</i> A. DC.	2	0,0052	2,82	0,15	0,09	0,27
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	1	0,0113	1,41	0,08	0,09	0,23
<i>Agonandra brasiliensis</i> Benth. & Hook. f.	1	0,0052	1,41	0,08	0,09	0,20
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. Ex M. Arg.	1	0,0093	1,41	0,08	0,09	0,22
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	1	0,0055	1,41	0,08	0,09	0,20
<i>Byrsonima coriacea</i> DC.	1	0,0055	1,41	0,08	0,09	0,20
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. & Hook. f.	1	0,0092	1,41	0,08	0,09	0,22
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	1	0,0089	1,41	0,08	0,09	0,22
<i>Aiouea trinervea</i> Meissn.	1	0,0044	1,41	0,08	0,09	0,19
<i>Astronium nelson-rosae</i> D. A. Santin	1	0,0029	1,41	0,08	0,09	0,18
<i>Bowdichia major</i> (Mart.) Benth.	1	0,0023	1,41	0,08	0,09	0,18
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	1	0,0028	1,41	0,08	0,09	0,18
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	1	0,0024	1,41	0,08	0,09	0,18
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	1	0,0037	1,41	0,08	0,09	0,19
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	1	0,0022	1,41	0,08	0,09	0,18
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	1	0,0028	1,41	0,08	0,09	0,18
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	1	0,0042	1,41	0,08	0,09	0,19
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	1	0,0028	1,41	0,08	0,09	0,18
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reiss.	1	0,0022	1,41	0,08	0,09	0,18
Total	1.320	18,8378	1857,67	100,00	100,00	300,00

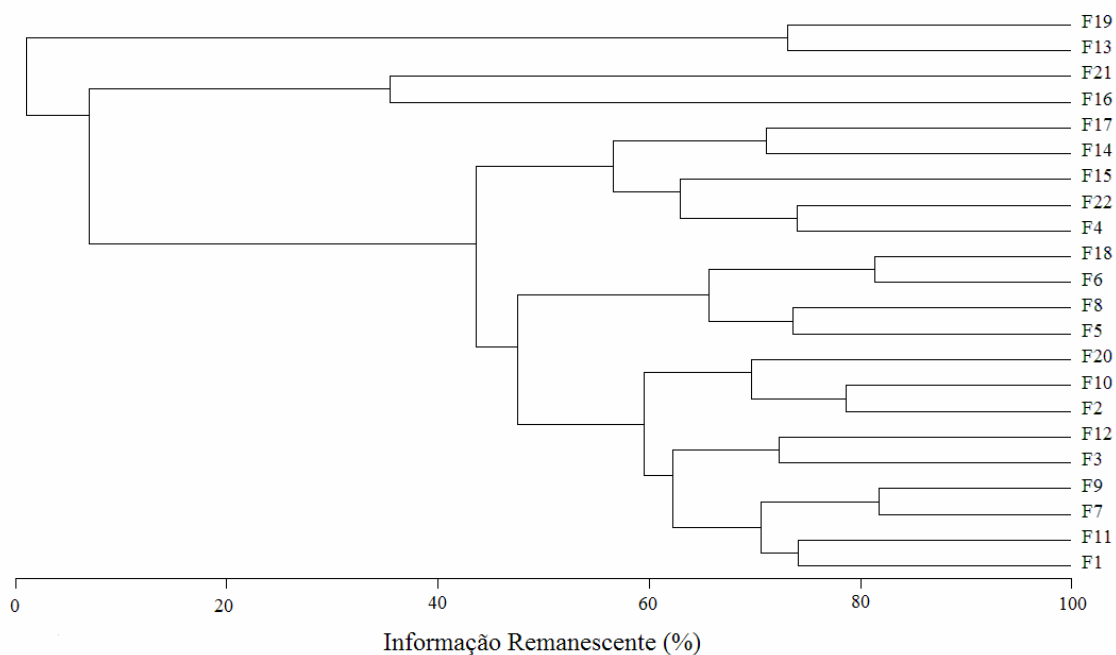


FIGURA 3: Dendrograma de similaridade florística obtido por uma matriz de presença/ausência, das espécies presentes nos 22 fragmentos, utilizando o método de médias ponderadas por grupo (UPGMA) e o quociente de Sørensen.

FIGURE 3: *Dendrogram of floristic similarity constructed from a matrix of presence/absence using the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) and the Sørensen quotient.*

Tabela 3 – Lista de espécies amostradas em fragmentos de matas de galeria na alta bacia do rio Araguaia, Brasil, ordenadas alfabeticamente por famílias e espécies com as respectivas categorias sucessionais (CS): pioneira (Pi), secundária inicial (SI), secundária tardia (ST) e sem-classificação (SC); e síndrome de dispersão (SD): zoocórica (Zôo), anemocórica (An) e autocórica (Au) e sem-classificação (SC).

Table 3 – List of sampled species in gallery forests in upper Araguaia river basin, Brazil, in alphabetical order of families and species, with the respective successional category (CS): pioneer (P), initial secondary (SI), late secondary (ST) and unclassified (SC); and dispersal syndromes: Zoo (zoochorous dispersal), Ane (anemochorous dispersal), Au (autochorous dispersal) and unclassified (SC).

Nome Científico	Nome Vulgar	Família	SD	CS
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott.	Gonçalo-alves	Anacardiaceae	Zoo	ST
<i>Astronium nelson-rosae</i> D. A. Santin	Muiacatiara	Anacardiaceae	SC	ST
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Fruta-de-pombo	Anacardiaceae	Zoo	Pi
<i>Annona cornifolia</i> St. Hil.		Annonaceae	SC	SI
<i>Bocageopsis mattogrosensis</i> (R. E. Fries) R. E. Fries		Annonaceae	Zoo	SI
<i>Duguetia marcgraviana</i> Mart.		Annonaceae	SC	SC
<i>Guatteria nigrescens</i> Mart.	Pindaíba-preta	Annonaceae	Zoo	ST
<i>Guatteria sellowiana</i> Schlecht.		Annonaceae	Zoo	SI
<i>Unonopsis lindmanii</i> R. E. Fries	Araticum-seco	Annonaceae	Zoo	ST
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Pimenta-de-macaco	Annonaceae	Zoo	Pi
<i>Xylopia sericea</i> A. St. Hil.	Pindaíba	Annonaceae	Zoo	SI
<i>Aspidosperma discolor</i> A. DC.	Cabo-de-machado	Apocynaceae	An	SI
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Guatambu	Apocynaceae	An	ST
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. Ex M. Arg.	Peroba	Apocynaceae	An	ST
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.		Apocynaceae	An	SI
<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel	Janaguba	Apocynaceae	An	Pi
<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	Para-tudo	Bignoniaceae	An	Pi
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Chá-de-bugre	Boraginaceae	Zoo	SI
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Stendel	Unha-de-vaca	Caesalpinaceae	Au	SI
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Pau-d'óleo	Caesalpinaceae	Zoo	ST
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Faveiro	Caesalpinaceae	Zoo	Pi
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul. ssp. Aurantiaca	Carvão-vermelho	Caesalpinaceae	An	SI
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Caesalpinaceae	Zoo	ST

Continua ...

To be continued ...

<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vog.	Ajusta-conta	Caesalpinaceae	An	SI
<i>Caryocar brasiliensis</i> Cambess.	Pequi	Caryocaraceae	Zoo	Pi
<i>Cecropia pachystachia</i> Tréc.	Embaúba-cinzenta	Cecropiaceae	Zoo	Pi
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A. C. Sm.		Celastraceae	Zoo	SI
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. & Hook. f.		Chrysobalanaceae	Zoo	Pi
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Azeitona	Chrysobalanaceae	Zoo	SI
<i>Hirtella gracilipes</i> (Hook. f.) Prance	Azeitoninha	Chrysobalanaceae	Zoo	SI
<i>Licania apetalata</i> (E. Meyer) Fritsch	Oiti	Chrysobalanaceae	Zoo	SI
<i>Licania kunthiana</i> Hook. f.	Rapadura	Chrysobalanaceae	Zoo	SI
<i>Licania octandra</i> (Hoff. ex Roem. & Schult.) Kuntze ssp. octandra		Chrysobalanaceae	Zoo	SI
<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl.) Eichl.	Cuianara/Tanibuca	Combretaceae	Zoo	SI
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Boca-boa	Combretaceae	Zoo	Pi
<i>Combretum discolor</i> Taub.		Combretaceae	SC	SC
<i>Connarus suberosus</i> Planch. var suberosus		Connaraceae	Zoo	SC
<i>Diospyros sericea</i> A. DC.	Banana-de-rato	Ebenaceae	SC	SI
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Capote	Elaeocarpaceae	Zoo	SI
<i>Erythroxylum citrifolium</i> A. St. Hil.	Fruta-de-juriti	Erythroxylaceae	Zoo	ST
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.		Erythroxylaceae	Zoo	SC
<i>Mabea pohliana</i> (Benth.) M. Arg.		Euphorbiaceae	SC	SC
<i>Maprounea guianensis</i> (Aubl.) M. Arg.	Marmeleiro	Euphorbiaceae	Au	SI
<i>Bowdichia major</i> (Mart.) Benth./ <i>Bowdichia</i> <i>vigilioides</i>	Sucupira preta	Leguminosae	An	SI
<i>Machaerium acutifolium</i> Vog.	Guaximbé	Leguminosae	An	Pi
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	Faveiro	Leguminosae	An	SI
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	Sucupirana	Leguminosae	An	Pi
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Canela-espeto	Flacourtiaceae	Zoo	SI
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Japeiro	Flacourtiaceae	An	SI
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart. var. <i>coriacea</i>		Guttiferae (Clusiaceae)	An	SI
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers.	Sobre/Faia	Icacinaceae	Zoo	SI
<i>Aiouea trinervis</i> Meissn.		Lauraceae	Zoo	ST
<i>Nectandra cissiflora</i> Nees	Canelão	Lauraceae	Zoo	ST
<i>Nectandra cuspidata</i> Nees	Canela-parda	Lauraceae	Zoo	SI
<i>Nectandra warmingii</i> Meissn.	Canela-amarela	Lauraceae	Zoo	ST
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	Canela-poca	Lauraceae	Zoo	SI
<i>Ocotea corymbosa</i> (Miers.) Mez	Canela-bosta	Lauraceae	Zoo	SI

Continua ...

To be continued ...

<i>Ocotea glaziovii</i> Mez		Lauraceae	Zoo	ST
<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez		Lauraceae	Zoo	SI
<i>Byrsonima coriacea</i> DC.	Murici	Malpighiaceae	Zoo	SI
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	Murici-miúdo	Malpighiaceae	Zoo	SI
<i>Eriotheca candolleana</i> (K. Schum.) A. Robyns	Pau de Paina	Malvaceae	An	SI
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns		Malvaceae	An	SI
<i>Miconia chartacea</i> Triana	Mexeriquinha	Melastomataceae	Zoo	ST
<i>Miconia cuspidata</i> Naud.		Melastomataceae	Zoo	ST
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Marinheiro	Meliaceae	Zoo	SI
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl.	Cura-madre	Meliaceae	Zoo	SI
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Leguminosae	Au	SI
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Ingá-ferradura	Leguminosae	Zoo	SI
<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.		Leguminosae	An	SC
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	Vinhático-do-mato	Leguminosae	An	SI
<i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	Barbatimão	Leguminosae	Au	Pi
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Negramina	Monimiaceae	Zoo	SI
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Tréc.	Carne-de-galinha	Moraceae	Zoo	SI
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Pau-de-sebo	Myristicaceae	Zoo	Pi
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Pororoca-cascuda	Myrsinaceae	Zoo	Pi
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	Capororoca	Myrsinaceae	Zoo	SC
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Pororoca-branca	Myrsinaceae	Zoo	SI
<i>Eugenia lambertiana</i> DC.		Myrtaceae	SC	SI
<i>Gomidesia lindeniana</i> Berg.	Guamirim-de-folha-grande	Myrtaceae	Zoo	SI
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.		Myrtaceae	Zoo	SI
<i>Myrcia linguaeformis</i> Kiaersk.		Myrtaceae	Zoo	SC
<i>Myrcia rufipes</i> DC.	Guamirim-lagoa	Myrtaceae	SC	ST
<i>Myrcia splendens</i> DC.		Myrtaceae	SC	SC
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Goiabão	Myrtaceae	Zoo	SI
<i>Myrciaria floribunda</i> Berg	Jaboticabinha	Myrtaceae	Zoo	SI
<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell.		Nyctaginaceae	SC	SI
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.		Ochnaceae	Zoo	
<i>Heisteria ovata</i> Benth.		Olacaceae	Zoo	SI
<i>Agonandra brasiliensis</i> Benth. & Hook. f.	Pau-marfim	Opiliaceae	Zoo	ST
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotz.	Carne-de-vaca	Proteaceae	An	ST
<i>Quiina rhytidopus</i> Tul.	Goma-branca	Quiinaceae	SC	SI
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reiss.	Saguaraji-amarelo	Rhamnaceae	Zoo	SI
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urban		Rosaceae	Zoo	SI

Continua ...

To be continued ...

<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Canela-de-veado	Rubiaceae	Zoo	ST
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	Congonha-de-bugre	Rubiaceae	Zoo	SI
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	Marmelada	Rubiaceae	Zoo	ST
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	Pau-de-cantil	Sapindaceae	Zoo	SI
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Caqui-do-mato	Sapindaceae	Zoo	SI
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Cragoatã	Sapindaceae	Zoo	SI
<i>Talisia esculenta</i> (A. St. Hil.) Radlk.	Pitomba	Sapindaceae	Zoo	Pi
<i>Toulicia laevigata</i> Radlk.		Sapindaceae	An	Pi
<i>Chrysophyllun marginatum</i> (Hook. & Arn.)	Gumbijava	Sapotaceae	Zoo	SI
<i>Pouteria gardnerii</i> (Mart. & Miq.) Baehni.	Abiu	Sapotaceae	Zoo	ST
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Fruta-de-veado	Sapotaceae	Zoo	SI
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupã	Simaroubaceae	Zoo	SI
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo	Tiliaceae	An	Pi
<i>Qualea cordata</i> Spreng.		Vochysiaceae	An	SC
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Pau-terra	Vochysiaceae	An	SI

ARTIGO 4**Relationships between vegetation indices and specie diversity in fragments of
Gallery forest in Brazilian Cerrado**

(Preparado de acordo com as normas da revista *Forest Ecology and Management*)

Christian D. Cabacinha¹, Selma S. de Castro²

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB

Departamento de Engenharia Agrícola e Solos – DEAS

Caixa Postal 95 – CEP: 45083-900 – Vitória da Conquista, BA, Brazil

E-mails: cabacinha@uesb.br; ccabacinha@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Goiás – UFG

Instituto de Estudos Sociais e Ambientais – IESA

Campus Samambaia – Caixa Postal 131 – CEP: 74001-970 – Goiânia, GO, Brazil

E-mails: selma@iesa.ufg.br

Abstract

Favorable characteristics for agricultural activities development were crucial factors on the fast substitution of the physiognomy of the Cerrado by agricultural crops and pastures. In this occupation process the remaining natural vegetation became extremely fragmented and a little is known about the structural and functional integrity even about the diversity of the species of these ecosystems. The use of vegetation indices as indicators of the forest integrity has

shown to be a useful tool for environmental planning and also for conservation strategies. In this study it was tested the magnitude of the correlations between floristic diversity of twenty fragments of gallery forest, from diversity indices of Shannon and the equability of Pielou and the structural parameters of communities represented by basal area and cylindrical volume. Correlations between the diversity and patch metric: AREA, PERIM, GYRATE, PARA, SHAPE, FRAC, CIRCLE, CONTIG, CORE, CAI, PROX and ENN obtained for fragments and among the indices NDVI, SAVI, EVI, MVI5 and MVI7 obtained in two stations on images TM/Landsat were also evaluated. The index which presented more correlation with floristic diversity was EVI and the one that showed more correlation with the equability was MVI5. The structural parameters basal area and cylindrical volume did not present correlations with diversity and equability. The diversity and equability indices showed correlations with the fragment shape.

Keywords: remote sensing, structural parameters, patch metrics, forest fragmentation, conservation.

1. Introduction

Brazilian agricultural mechanization after 1950 and the highway construction in Center-West of Brazil increase intensely the human impact in this area. The use of fertilizer and new fertilizers techniques, along with the developments of varieties with high resistance, such as soybean, rice, corn substitute very fast the physiognomies of the Cerrado in the context of a new agricultural frontier. The low cost of lands, the great quantities of rains during the germination and growing phase and deep soils arranged in favorable topography regarding to mechanization were key factors in the development of agribusiness operations in

large scale in the region (Cavalcanti and Joly, 2002). This process is also known as Modernization of Agriculture related to Green Revolution, and it was responsible by the substitution in great part of the original physiognomies for the grain cultures, cotton and cattle (Castro, 2005).

The main consequence of this process was the fragmentation of natural ecosystems. Natural forest formations (dry forests, cerrado woodland, wooded cerrado, gallery forests) represent today only 10.71% of Goiás state and they are concentrated in the north of the state and along the hydrographical axis. Configuring testimonies with small areas and extremely fragmented (GEOGOIÁS, 2002).

Fragmentation introduces a series of new factors in evolutionary history of natural populations of plants and animals. These changes affect in differentiate way the demographic parameters of mortality and birth of different species, hence; the structure and dynamic of ecosystems. Regarding to wood species, alterations in the abundance of pollinators, dispersers, predators and pathogens alter the rates of seedling recruiting, besides, fires and microclimates changes that hit more intensively the rim of the fragments, also alter the rates of tree mortality (Viana, 1998).

According to Gascon et al. (2001) the evaluation of biophysical characteristics of forest communities has the aim of characterize the structural, functional integrity and diversity of species in the forests. However; such studies depend on extensive and costly field works, besides the localization in restricted areas (Freitas, et al., 2005). But, with the utilization of remote sensing it is possible to monitor great areas in constant periods of time (Wilkie and Finn, 1996). According to Corlett (1995) the use of remote sensing is an extremely important tool to link the local and intensive studies, with the global and wide ones, so subsidizing the necessities of environmental administrators.

In rain forests, vegetation indices were associated to the diversity of the species and forest biomass (Amaral et al., 1997; Souza and Ponzoni, 1998; Boyd et al., 1999; Foody et al., 2001; Agarez, 2002; Foody et al., 2003). However, according to Freitas et al. (2005), in Brazil, most of the studies were performed in the Amazon Forest, while a few included other Biomes.

There are many vegetation indices, but the most popular is NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). This index can be easily obtained by remote sensing from the relationship among the red and infrared bands (Rouse et al., 1974). However, NDVI can not be a good indicator of the biophysical characteristics in rain forests (Freitas et al., 2005), due to the lack of linearity and saturation of this index in high biomass conditions (Huete et al., 1997). To avoid this saturation problem an alternative would be the utilization of indices that use spectral bands in the region of medium infrared, such as MVI5 e MVI7 (Moisture Vegetation Index) which relate bands 4/5 and 4/7 respectively, of images TM/Landsat (Ponzoni, 2001), or the use of improved indices to correct problems linked to the atmospheric resistance like ARVI (Atmosphere Resistance Vegetation Index), to the soil SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) or to correct both, as EVI (Enhanced Vegetation Index).

Studies that aim to identify and qualify the forest remaining in preserved or interfered areas are essential, once they are going to characterize the spatial distribution of the forest fragments leading to recuperations measures (Vicens et al., 1998). The use of vegetation indices as an indicator of forest integrity can be a valuable tool for environmental planning and for conservation strategies (Freitas et al., 2005).

In this context the aim of this study was to test the magnitude of the correlations between tree species diversity in fragments of gallery forest and the parameters of community structure, patch metrics and the indices NDVI, SAVI, EVI, MVI5 and MVI7 obtained in two seasons (dry and rainy), on TM/Landsat images.

2. Methods

2.1 Studied Area

The upper Araguaia river basin is located in the extreme part of the south-west of the Goiás state, in Mineiros County, and another one, in the south of the Mato Grosso state, in Alto Araguaia County, nearest to the frontier of these two states and Mato Grosso do Sul (Figure 1). It is inserted in the quadrant formed by the coordinates, 17° 49' 12" S / 53° 15' 00" W e 18° 03' 36" S / 52° 57' 00" W.

Figure 1

According to the Köppen climate classification the region presents a climate type Aw, characterized by being a tropical rainy, with hot summers and dry winters and annual mean temperatures between 18 and 32 °C (Oliveira et al., 2003). The annual precipitation varies between 1,500 and 1,600 mm (Oliveira et al., 2003).

From a non supervised scene classification TM/Landsat in june 2006 and the generation of a soil usage map of the studied area, in scale 1:50,000 it was verified that of the 52,214.70 ha, 41,704.94 (79.87 %) are occupied by agriculture and pasture lands.

Based on the phytophysionomic terminology proposed by Ribeiro and Walter (1998), from that total 6,466.68 ha (12.38 %) correspond to wooded cerrado, 1,322.87 (2.53 %) to cerrado grassland and 2,370.94 (4.54 %) to the forest, which includes gallery forests, riparian forests and dry forests. The last three were classified together, due to the difficulty in distinguishing them in the satellite image. Mesquita Júnior (1998), also using satellite images in a conservation unit located in São Paulo state, likewise could not distinguish the cerrado woodland from the forest semi-deciduous adjacent just with this tool.

2.2 Image Processing

Two TM/Landsat images acquired during the moist season (February 5, 2006) and dry season (June 13, 2006) of the orbit/point 224/72 were used in this study. The images of the two different seasons were selected according to the seasonal variation of the vegetation indices, because of the seasonal changes of the vegetal biomass (Campbell, 1996; Poveda and Salazar, 2004; Freitas et al., 2005).

The six spectral bands of the TM sensor with 30 m spatial resolution (bands 1, 2, 3, 4, 5 and 7) were geo-referenced from an correspondent CBERS image in February 26, 2005. All the digital processing of the images was performed using the ENVI software version 4.0.

According to Campbell (1996) the vegetation index can be more sensible to atmospheric interferences and also according to Gürtler et al. (2005) in many works that use satellite images to analyze agricultural and environmental aspects it is necessary to know the reflectance values of the targets, because it is an intrinsic parameter of the sensing object, therefore, with physic meaning. Bentz (1990) states that the conversion of the digital number for the reflectance minimize the variability provoked by different illumination conditions in the spectral behavior of the targets and allow more absolute measurements of them. Hence, an atmospheric correction of the images was performed and the digital numbers were converted into reflectance.

To correct this atmospheric interference in the images the methodology discovered by Chavez (1989) was applied. In this method the atmospheric correction is done from the atmospheric interference estimative in each spectral band, followed by the calculus to transform the digital number into radiance, and then to reflectance values. The transformation of the corrected image in reflectance values was performed using the equation idealized by Luiz et al. (2003).

To carry out this phase of correction and transformation of the digital number into reflectance values the electronic chart proposed by Gürtler (2005) was used, where the higher details can be appreciated and which is available at the following electronic address:

http://www.dsr.inpe.br/Calculo_Reflectância.xls.

Five vegetation indices: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Moisture Vegetation Index using band 5 TM/Landsat (MVI5) and Moisture Vegetation Index using band 7 TM/Landsat (MVI7) were obtained for the two seasons of the year.

The NDVI is obtained by the reason between the red and near infrared bands (Rouse, 1974). The SAVI, index idealized by Huete (1988) is obtained in the same way as the NDVI, but involve the incorporation of a soil coefficient, L, to remove the dependence of the NDVI to the bright of the material below de vegetated canopy, in this study it was used $L = 0,25$ because it is a high density vegetal physiognomy. The EVI an improved version of NDVI with additional coefficient group to remove the vegetation signal to saturation problems avoid. The MVI5 and MVI7 are obtained in the same way as the NDVI with the substitution of the band in the red by medium infrared bands (Table 1).

Table 1

The values of each vegetation index were extracted from polygonous representing each fragment of the forest chosen in this study. The variables used to represent the indices of each studied area were the mean and the standard deviation of the vegetation indices for each season (Agarez et al., 2001; Freitas et al., 2005).

2.3 Diversity and forest structure

The area shows 198 spots of forest, of which 146 have less than 10 ha, corresponding about 73%. The spots with less than 10 ha were excluded by two basic motives: the spots with

inferior area are strongly influenced by the border effect (Oliveira-Filho et al., 1997); besides, the TM/Landsat images allow works in ideal maximum scale of 1:50,000, thus, any spot less than 10 ha would be hardly seen in this work scale. Of the 52 spots with an area higher than 10 ha, 22 spots are gallery forest, according to the evaluation of the physiognomy performed in the field, which were randomly chosen for the present study.

The point-centered quarter method it was used (Mueller-Dombois and Ellenberg 1974; Martins 1991) to characterize the structure and floristic composition of each selected area. Fifteen quadrants point were launched, in which woody individuals with diameter at breast high (1.30 m) equal or higher than 5 cm as recommended by Scolforo (1998) were sampled. This phase of this work was performed during April, May and June 2006. The sample individuals that could not be identified were collected with high pruning scissors and put in plastic bags. After that, they were pressed and dried in stove. The collected botanic material was identified using identification keys based on vegetative characters, by comparing with botanical material deposited at BHCB Herbarium of Federal University of Minas Gerais and by consulting specialists.

For all the vegetal community bush-tree sampled in each fragment it was calculated the basal area and cylindrical volume, as well as the diversity indices of Shannon (Shannon and Weaver, 1963) and equability of Pileou (Pielou, 1975) (Table 2). All the calculus were carried out using the software Mata Nativa 2.08.

Table 2

To verify the sufficiency of the sampling to obtain the diversity and structural parameters of the communities, it was estimated and evaluated using the linear regression procedure as a response of the plateau (REGRELRP) of the System of Statistical Analyses SAEG V.5.0 (Gomide, et al., 2006; Alves Júnior, et al., 2007). According to Ferreira (1988)

the method to determine the minimum area, known as specie – area curve, bring about subjective results, different from the linear regression of the plateau.

It was verified that the quantification of the specie variable was sufficient, occurring the plateau formation in all the fragments. Table 3 shows the parameters calculated by the Analysis of Variance (ANOVA) for the adjustments, as well as the numbers of data concerning to each equation (linear and plateau) in each fragment.

Table 3

2.4 Patch Metrics

The image was classified, referred in item 2.1, was transformed in a file type ERDAS (Signed 8-bit) with a value for background equal -9, and it was imported to the program Fragstats version 3.3 (McGarigal and Marks, 1995).

The Fragstats is a program of public domain which performs spatial statistical calculus, very versatile, projected to quantify the composition, configuration and connectivity of spatial objects in a raster image.

The following metrics AREA, PERIM, GYRATE, PARA, SHAPE, FRAC, CIRCLE, CONTIG, CORE, CAI, PROX and ENN (Table 4) were obtained for all the fragments evaluated at the field. These metrics were chosen because of the facility to obtainment and interpretations of them. Further details of the calculus as well as the interpretation of each metric, can be observed in McGarigal and Marks (1995).

Table 4

2.5 Statistical Analysis

First all the variables were submitted to Shapiro-Wilk test (W test) in order to verify its normality that is a basic presupposition for further application of the parametric tests. The variables that did not present normality were submitted to logarithmic transformation (Gamon et al., 1995; Legendre and Legendre, 1998; Freitas et al., 2005).

In this preliminary analysis it was observed that the variables related to the vegetation indices, the diversity of Shannon, the equability of Pielou, basal area and cylindrical volume showed normal distribution. Yet the metrics AREA, PERIM, SHAPE, CORE and PROX, did not show normal distribution, therefore, they were transformed into logarithm.

Of the twenty two fragments, ten were randomly selected for the correlation studies and regression analysis. Metzger (2004) recommended for correlation studies between the landscape metrics and ecological parameters at least ten fragments for exploratory studies

The data were submitted to a Pearson linear correlation analysis aiming to identify the variables for the modeling of diversity and equability of the fragments using the software BIOESTAT version 3.0 (Ayres et al., 2003).

The correlation of the variables related to the vegetation indices were evaluated for the two seasons (wet and dry). But the landscape metrics were not obtained at the two seasons, once there were not seasonal changes in the metrics during the two analyzed periods.

The variables related to the vegetation indices and the landscape metrics were used as independent variables in a regression analysis stepwise (backward) with the diversity of Shannon and Pielou equability as dependent variables.

In this phase of the work the software STATGRAPHICS Plus version 2.1 was used. This software was used because during the stepwise regression if the independent variables were self-correlated among them, the program did not generate an equation avoiding multicollinearity problems.

The best equations were selected for the estimative of diversity and equability due to statistical significance of the regression equation (p value), of the higher determination coefficient (R^2), the lower residual standard deviation (Syx) and the Durbin Watson (d) statistics which tested the dependence of the residuals of the equations generated.

The data of the other fragments that did not participate of the adjustments were used for the validation of the equations selected to perform the estimative in the studied area. The validation of the estimative was evaluated from the analysis of the residual distribution (difference between the observed and estimated value) generated by the best equations.

3. Results and Discussion

3.1 Correlation between the studied variables

Table 5 shows the correlation coefficients (r) obtained among the Shannon diversity indices and Pielou equability and the means and deviations generated by the different vegetation indices in the two seasons of the year.

The means of the vegetation indices showed a positive correlation with the diversity and equability, except among the MVI7 and the equability in the dry season, yet the standard deviation showed negative correlation. Similar results were obtained by Agarez, et al. (2001). It was also observed, nevertheless, more significant correlations in the rainy season than the dry one, just the mean of EVI showed correlated with the Shannon diversity index in the second season (Table 5).

Regarding to the forest formation, during the dry season it shows itself deciduous, which alters the percentage of green covering during the dried period. Consequently, this result was totally expected, once, the behavior of the vegetation indices are strongly associated to the structure of the vegetal formations, principally to the individuals that compose the superior stratum (Vicens et al., 1998) and with the properties of the vegetation photosynthetically active (Novo et al., 2005).

Analyzing each vegetation index separately in the rainy season, it was observed that the mean was the parameter which represented better the vegetation indices when compared to diversity. From the indices with significant correlation with diversity, EVI ($r = 0.8274$) was

the most correlated, followed by SAVI, NDVI and MVI7 respectively. The MVI5 presented non significant correlation with diversity.

Bawa et al. (2002) found a weak positive correlation between NDVI and the specie diversity in Indian tropical forests, the authors attributed this result to saturation problems. On the other hand, for deciduous forests the authors obtained a strong positive correlation. Vicens et al. (1998) and Agarez et al. (2001) found a strong and direct correlation between NVDI and floristic diversity.

Studying the relationships between the digital variables of Landsat images and biometric variables of a primary forest in West Amazonia, Maciel et al. (2003) they observed that SAVI presented a weak correlation with the specie diversity. Waring et al. (2006) verified the existence of a polynomial relationship among to different formulations of EVI and the richness of trees.

When the indices regarding to equability also during the rainy season were analyzed, it was verified that the standard deviation of the vegetation indices was the parameter more related with the equability. The indices which showed correlation more significant, MVI5 (-0.8802) was the more correlated, followed by SAVI, NDVI, MVI7 and EVI respectively. For the equability only EVI presented significant correlations for the two evaluated parameters (MEAN and STDEV).

Table 5

On table 6, it can be verified the correlations between the diversity and equability indices and the vegetation structure expressed by the parameters: basal area, cylindrical volume.

Table 6

Although the correlations had been weak and non significant, the structural parameters presented positive correlations indicating that the species diversity is higher where the basal area and cylindrical volume are higher. The same is observed for the equability.

Oliveira (2002) obtained positive correlations between the structural forest measurements and its maturity, that is, formations in more advanced stages of succession shows higher structural variables. Maciel et al. (2003) found weak correlations between species diversity expressed by the Simpson diversity index, though the correlation were negatives, instead of what it was expected.

Table 7 shows the correlation coefficient found among the diversity and equability indices, and the patch metrics. In general, metric correlations were stronger with the Shannon diversity than the Pielou equability.

Table 7

It is observed despite they presented non significant correlations, in spite of that it was expected, the metrics of area/density/edge generated positive coefficients indicating that the higher the metrics AREA, PERIM and GYRATE the higher the diversity indices are.

The metric PARA showed a negative correlation indicating that the lower the relation perimeter/area is, the higher the diversity is. The other shape metrics (SHAPE, FRAC and CIRCLE) depicted positive correlations when they should present negative correlations. The metric CONTIG presented the expected behavior.

The metrics central area (CORE and CAI) presented positive correlations, indicating that when the higher the interior fragment area is the higher is the diversity, and the metrics of isolation/proximity also presented correlation coefficients as it was expected, the coefficients were negative indicating that the more isolated the fragments are the lower is the diversity.

The correlations for equability showed an expected behavior, except for the metric PROX where the relation was negative when it should be positive.

The metric CONTIG (shape metric) showed significant relations ($p < 0.05$) such as the Shannon diversity and Pielou equability. The metric CAI (core area) showed significant correlation ($p < 0.05$) just with Shannon diversity index.

Metzger (1997) verified non significant correlations of the size of the fragment, the shape, edge complexity, the isolation and the equability, but a significant negative correlation ($p < 0.05$) between the connectivity and equability. The main parameters related to species diversity were the corridors density and the stepping stones.

Afterwards, Metzger (2000) found significant relationships between the parameters landscape and species diversity. According to the author the more important landscape parameters were: edge complexity and connectivity of the fragments, proving the importance of the matrix structure regarding to the landscape and the fragmented communities.

3.2 Adjusted regressions equations

Table 8 presents the adjusted equations by the procedure stepwise (backward). This procedure did not return equations using as independent variables the metrics CONTIG and CAI, indicating that although of being correlated with the diversity and equability in the estimations of these indices just the orbital parameters represented by the vegetation indices are sufficient to represent the data variation.

Regarding to the seasonalability the regression put out just an equation for the dry season which uses the EVI mean to estimate the specie diversity (H'). This result is associated, to the fact that only the EVI mean showed significant correlation with the diversity in this season.

The equations that have as independent variable the diversity (H'), presented lower statistics than the ones that have equability (J) as dependent variable. In general the equations to estimate the equability presented determinations coefficients (R^2) higher and the residuals generated by all the equations did not present self-correlation, which is extremely positive for the estimations.

Table 8

Analyzing the statistics generated by the equations, all to estimate the diversity were discarded. The best equations for equability estimative were equations 7 and 9.

Equations 7 and 9 (table 8) were used for the equability estimation of the 22 fragments evaluated in this study. In table 9, it can be verified the estimative generated by each equation, the observed equability from the field survey as wells as the residuals generated for each equation.

Table 9

Analyzing the residuals it can be verified that, in general, the two equations overestimate the equability. Equation 7 presented for some fragments (5 and 21) residuals over 30%. On the other hand, equation 9 just presented for fragment 18 residual over 20%.

On figure 2, it can be observed the graphic behavior of the generated residuals by the two selected equations. Analyzing the figure, the overestimation can be visualized by the great concentration of residuals above the line zero of the graphic.

Figure 2

The estimative tended to be less precise for the small fragments (area smaller than 40 ha) than for bigger fragments. Waring et al. (2006) verified that the increase in the prediction power of the models based in EVI to estimate the tree species richness, when areas with less than 50% of forested areas were withdrawn for analysis, that is, for regions where vegetation is more continuous the predictions were more precise.

The studied fragments are subjected to hard antropic perturbations, once they are surrounded by agricultural crops and pastures. It was observed, in some, during the field survey many evidences of degradation, detaching the selective cut of firewood and cattle presence, which alters the structure and composition of the species in these communities, principally in the small fragments.

The disturbs support the development of native species that can increase the richness in the disturbed fragments and to weak the relations of vegetation indices with diversity making the estimative less precise, once the indices are strongly influenced by the forest biomasses.

In communities with advanced stages of succession the arboreal community is composed by climaxes and secondary species, and species in more advanced stages, which characterize a higher integrity of this forest community.

In figure 3, for each fragment it was plotted the equability index (J') obtained by the filed survey (J' observed) and estimated by equations 7 and 9. Analyzing the figure it is observed that the values estimated by equation 9, in spite of great part of the fragments overestimate the equability, it presented a very similar behavior to the values obtained from the field survey, showing that is capable to indicate more or less equable areas.

Figure 3

It worth to emphasize that it was not objective of this work to propose mathematics models that substitutes the field surveys in the obtainment of species diversity or equability of vegetal communities, but to explore the relationships between the orbital parameters (vegetal indices) and biophysical characteristics (diversity and equability) of theses communities.

The vegetation indices presented strong relations with the diversity and equability. Further exploratory studies, which look for the built of models using other variables such as:

some metrics related to fragments edge complexity, connectivity, biodiversity corridor, densities of small fragments, environmental variables, foliar area index, can substantially improve the estimative.

4. Conclusion

The correlations between the diversity and equability indices were significant only for the vegetation index of the image obtained in the rainy season, except EVI that it seems to a less influenced index by the seasonability of the green covering. The index that shows more correlation with the floristic diversity was EVI, and the one that shows more correlation with equability was MVI5. The equability showed to be more related with the vegetation indices than the diversity indices.

The parameter related to vegetation indices that showed more correlation with diversity was the mean and with equability was the mean plus the standard deviation. The structural parameters basal area and cylindrical volume did not show correlations with the diversity and equability.

The diversity and equability indices have relation with the fragment shape. Being that the shape index that evaluates the spatial connectivity of the fragments represented by the metric CONTIG that was the more correlated parameter. The percentage rate of internal fragment area, characterize by the metric CAI showed to be more correlated only with the diversity.

Equability estimative can be carried out to indicate more and less equable areas from MVI5 with less estimative errors.

The vegetation indices showed to be more powerful parameters for the modeling of diversity and equability of the gallery forest at Cerrados in Brazil, however, it still requires

more accuracy. Other exploratory studies that test the introduction of new variables in the models must be carried out and tested with different data and different sensors.

5. Acknowledgements

We would like to thank Professor José Carlos Neves Epiphanyo, researcher from Institute of Space Researches from Brazil (INPE) to allow the use of the images used in this study and to Prof. Laerte Guimarães Ferreira, coordinator of the Doctorate Course in Environmental Sciences of the Federal University of Goiás (CIAMB/UFG) for the valuable suggestions and advices.

6. References

A. R. Huete, 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25, 295-309.

A. T. Oliveira-Filho, J. M. Mello, J. R. S. Scolforo, 1997. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). *Plant Ecology* 131, 45-66.

Agarez, F. V., 2002. Contribuição para gestão de fragmentos florestais com vista à conservação da biodiversidade em floresta atlântica de tabuleiros. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Agarez, F. V., Vicens, R. S., Cruz, C. M., Nogueira, C. R., Garay, I, Utilização de índice de vegetação na classificação integrada de fragmentos florestais em mata atlântica de tabuleiros no município de Sooretam, ES, 2001. In: X Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, INPE. São José dos Campos, 1499-1507.

Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D. L., Santos, A. S. dos., 2003. BioEstat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá: Brasília CNPq, Belém.

Bentz, C. R., 1990. Avaliação da transformação radiométrica dos dados TM/Landsat-5 em reflectâncias. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

Campbell, J. B., 1996. Introduction to remote sensing. The Guilford Press, New York.

Cavalcanti, R. B.; Joly, C. A., 2002. The conservation of the Cerrados. In: Oliveira, P. S., Marquis, R. J., (Eds.), The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. New York, Columbia University Press, pp. 351-367.

D. S. Boyd, G. M. Foody, P. J. Curran, 1999. The relationship between the biomass of Cameroonian tropical forests and radiation reflected in middle infrared wavelengths (3.0-5.0 μ m). International Journal of Remote Sensing 20, 1017-1023.

Durigan, G., 2004. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: Cullen Júnior, L., Pádua, C. V., Rudran, R., (Eds.), Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba, Editora da UFPR, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, pp.455-480.

E. C. Pielou, 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, 370-383.

E. M. L.M. Novo, L. G. Ferreira, C. Barbosa, C. Carvalho, E. E. Sano, Y. Shimabukuro, A. Huete, C. Potter, D. A. Roberts, L. L. Hess, J. J. Melack, H. Yoshioka, S. Klooster, V. Kumar, R. Myneni, P. Ratana, K. Didan, T. Miura, 2005. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicado ao estudo das mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. *Acta Amazônica* 35, 259-272.

Estado Ambiental do Estado de Goiás 2002 - GEOGOIÁS, 2003. Maurício Galinkin (Eds.), Agência Ambiental de Goiás: Fundação CEBRAC: PNUMA: SEMARH.

F. T. Alves Júnior, C. F. Lins, S. Brandão, K. D. da Rocha, J. T. da SILVA, L. C. Marangon, R. L. C. Ferreira, 2007. Estrutura diamétrica e hipsométrica do componente arbóreo de um fragmento de mata atlântica, Recife-PE. *Cerne* 13, 83-95.

Ferreira, R. L. C., 1988. Análise estrutural da vegetação da Estação Florestal de Experimentação de Açu, RN, como subsídio básico para o manejo florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

G. M. Foody, D. S. Boyd, M. E. J. Cutler, 2003. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. *Remote Sensing of Environment* 85, 463-474.

G. M. Foody, M. E. Cutler, J. McMorrow, D. Pelz, H. Tangki, D. S. Boyd, I. Douglas, 2001. Mapping the biomass of Bornean tropical rain forest from remote sensed data. *Global Ecology & Biogeography* 10, 379-387.

G. Poveda, L. F. Salazar, 2004. Annual and interannual (ENSO) variability of spatial scaling properties of a vegetation index (NDVI) in Amazonia. *Remote Sensing of Environment* 93, 391-401.

Gascon, C., Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., 2001. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia Central. In: Garay, I., Dias, B. (Eds.), *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Petrópolis, Editora Vozes, pp. 112-127.

Huete, A. R., Liu, H. Q., Van Leeuwen, W. J. D., 1997. The use of vegetation indices in forested regions: issues of linearity and saturation. In: *Proceedings of IGARSS'97 – International Geoscience and Remote Sensing Seminar*. ESA Publications, Noordwijk, pp. 1966-1968.

J. A. Gamon, C. B. Field, M. L. Goulden, K. L. Griffin, A. E. Hartley, G. Joel, J. Peñuelas, R. Valentini, 1995. Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecological Applications*, 5, 28-41.

J. P. Metzger, 1997. Pattern of tree species diversity in riparian forest fragments of different widths (SE Brazil). *Plant Ecology* 133, 135-152.

J. P. Metzger, 2000. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. *Ecological Applications* 10, 1147-1161.

K. Bawa, J. Rose, K. N. Ganeshaiah, N. Barve, M. C. Kiran, R. Umashaanker, 2002. Assessing biodiversity from space: an Example from the Western Ghats, India. *Conservation Ecology* 6, 7-11.

L. R. Gomide, J. R. S. Scolforo, A. D. Oliveira, 2006. Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais. *Ciência Florestal* 16, 127-144.

Legendre, P., Legendre, L., 1998. *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam.

Luiz, A. J. B., Gürtler, S., Gleriani, J. M., Epiphanyo, J. C. N., Campos, R. C., 2003. Reflectância a partir do número digital de imagens ETM+. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 2071-2078.

Maciel, M. de N., Lingnau, C., Sanqueta, C. R., Pélico Netto, S., 2003. Relação entre variáveis digitais de imagen Landsat e variáveis biométricas de uma floresta primária na amazônia oriental. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 2791-2798.

Martins, F. R., 1991. *Estrutura de uma floresta mesófila*. UNICAMP, Campinas.

McGarigal, K., Marks, B. J., 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland.

Mesquita Júnior, H. N. de., 1998. Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga- SP). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Metzger, J.P., 2004. Estrutura da paisagem: uso adequado de métricas. In: Cullen Jr. L., Valladares Pádua C., Rudy R. (Eds.), Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba, Editora da UFPR, Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, pp. 423-453.

Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H, 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Willey, New York.

Oliveira, V. A., Borges, L. C., Calil, P. M., Almeida, L. L. C. do, Azevedo, W. R., Nogueira, S. A. J. de, Silva, M. T. G., 2003. Diagnóstico agroambiental do entorno do Parque Nacional das Emas: 1ª. Fase, pedologia, aptidão agrícola e uso atual das terras. Agência Rural, Goiânia.

P. S. Chavez Jr., 1989. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 55, 1285-1294.

Pielou, E. C., 1975. Ecological diversity. John Willey & Sons, New York.

Ponzoni, F. J., 2001. Comportamento espectral da vegetação. In: Meneses, P. R., Netto, J. S. M. (Eds.), Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Editora Universidade de Brasília/Embrapa Cerrados, Brasília, pp. 57-199.

Primack R.B., Rodrigues E., 2001. Biologia da conservação. Editora Vozes. Londrina.

R. H. Waring, N. C. Coops, W. Fan, J. M. Nightingale, 2006. MODIS enhanced vegetation index predicts tree species richness across forested ecoregions in the contiguous U. S. A. Remote Sensing of Environment 103, 218-226.

R. R. Oliveira, 2002. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. Rodriguésia 53, 33-58.

R. T. Corlett, 1995. Tropical secondary forest. Progress in Physical Geography 19, 159-172.

Ribeiro, J. F., Walter, B. M. T., 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: Sano, S. M., Almeida, S. P., (Eds.), Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, pp. 89-166.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., Harlan, J. C., 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. Final Report. Texas A&M University, Greenbelt.

S. Amaral, J. V. Soares, D. S. Alves, E. M. K. Mello, S. A. S. Almeida, O. F. Silva, A. M. Silveira, 1997. Relações entre índice de área foliar (LAI), área basal e índice de vegetação (NDVI) em relação a diferentes estágios de crescimento secundário na Floresta Amazonica em Rondônia. *Revista Selper* 13, 35-39.

S. Gürtler, J. C. N. Epiphanyo, A. J. B. Luiz, A. R. Formaggio, 2005. Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens TM e ETM+ Landsat. *Revista Brasileira de Cartografia* 57, 162-167.

S. R. Freitas, M. C. S. Mello, C. B. M. Cruz, 2005. Relationships between forest structure and vegetation indices in Atlantic Rainforest. *Forest Ecology and Management* 218, 353-362.

S.S. de Castro, 2005. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. *Revista do Departamento de Geografia* 17, 38-60.

Scolforo, J. R. S., 1998. Manejo florestal. UFLA/FAEPE, Lavras.

Shannon, C. E., Weaver, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana and Chigago.

Sousa, C. L., Ponzoni, F. J., 1998. Avaliação de índices de vegetação e de bandas TM/Landsat para estimativa de volume de madeira em floresta implantada de *Pinus* spp. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 1537-1547.

V. M. Viana, L. A. Pinheiro, 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. Série Técnica IPEF 32, 25-42.

Vicens, R. S., CRUZ, C. B. M., RIZZINI, C. M., 1998. Utilização de técnica de sensoriamento remoto na análise da cobertura vegetal da reserva florestal de Linhares, ES, Brasil. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 1561-1572.

Wilkie, D. S., Finn, J. T., 1996. Remote sensing imagery for natural resources monitoring: A guide for first-time users. Columbia University Press, New York.

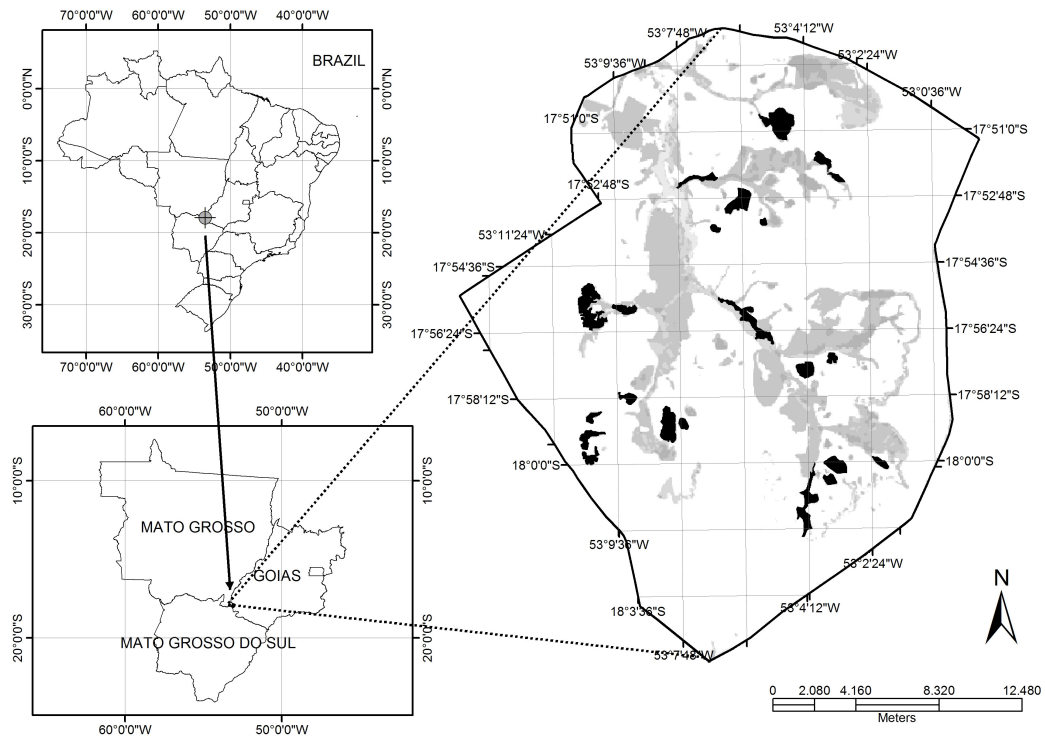


Fig. 1. Localization of the upper Araguaia river basin and location of twenty two fragments of gallery forest (black) studied. Brazil. Using lat/long unit.

Table 1

Equations of vegetation indices used in this study.

Vegetation indices	Equation
NDVI	$NDVI = \frac{(r_N - r_R)}{(r_N + r_R)}$
SAVI	$SAVI = \frac{r_N - r_R}{r_N + r_R + L} * (1 + L)$
EVI	$EVI = G * \frac{r_N - r_R}{(L + r_N + C_1 r_R - C_2 r_B)}$
MVI ₅	$MVI_5 = \frac{(r_N - r_{MIR5})}{(r_N + r_{MIR5})}$
MVI ₇	$MVI_7 = \frac{(r_N - r_{MIR7})}{(r_N + r_{MIR7})}$

Where: r_N = near infrared reflectance; r_R = red reflectance, r_B = blue reflectance, r_{MIR5} = medium infrared reflectance (band 5 TM/Landsat), r_{MIR7} = medium infrared reflectance (band 7 TM/Landsat), G = gain factor ($G = 1$), L = soil factor ($L = 0.25$, C_1 and C_2 = coefficients to remove vegetation signal. ($C_1 = 6$; $C_2 = 7.5$).

Table 2

Equations of parameters of forest structure.

Parameter	Equation
AB	$AB = \sum_{i=1}^n \frac{\pi * Dap_i^2}{40,000}$
VC	$VC = \sum_{i=1}^n \frac{\pi * Dap_i^2}{40,000} * Ht_i$
H'	$H' = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$
e	$e = \frac{H'}{\log S}$

Where: AB = basal area; DAP_i = tree diameter at breast high (1.30 m); VC = tree cylindrical volume; Ht_i = tree total high; H' = Shannon diversity.

Table 3

Results of regression parameters and part of the Analysis of Variance used to select the model.

FRAG	SLM	Plateau	β_0	β_1	P	SQ _{ERROR}		R ² (%)
						SLM+Plateau	F	
1	12	3	4.9394	1.4196	22.6667	40.1585	76.86	88.49
2	9	6	1.8333	0.9000	12.8333	4.2333	100.06	93.46
3	10	5	4.7333	0.7030	12.2000	6.4242	58.00	87.88
4	9	6	2.2500	1.2167	13.8333	4.0167	195.30	96.54
5	10	5	-0.3333	1.8424	18.2000	2.3515	1.444.01	99.45
6	10	5	2.7333	1.2848	19.8000	6.2061	201.54	96.18
7	8	7	3.9286	2.0714	21.5714	31.0000	95.81	94.11
8	13	2	3.6923	1.5055	24.0000	13.8022	328.75	96.76
9	11	4	2.6727	1.4182	18.7500	15.1500	160.75	94.69
10	12	3	4.5606	0.9650	19.0000	6.4918	205.14	95.35
11	8	7	1.1429	2.8571	26.0000	13.1429	654.55	99.09
12	12	3	0.2576	1.5245	21.0000	5.3310	623.41	98.42
13	12	3	4.1515	0.8741	15.0000	8.4009	130.06	92.86
14	13	2	2.2308	1.2198	18.5000	16.0165	191.97	94.58
15	10	5	5.1333	0.7576	14.2000	9.5515	43.28	84.40
16	11	4	2.2727	1.7727	22.5000	6.2273	964.01	99.08
17	12	3	3.7273	0.4650	11.0000	1.3252	233.36	95.89
18	11	4	3.7091	1.3364	22.0000	5.7364	308.21	97.16
19	8	7	2.2857	1.6310	16.2857	11.5833	108.91	94.78
20	11	4	3.7091	0.9727	14.7500	3.3955	354.09	97.52
21	12	3	4.7424	1.3601	23.3333	15.0361	184.10	94.85
22	13	2	3.2692	1.1593	18.5000	10.9560	257.35	95.90

Where: FRAG = fragments number; SLM = straight line model; Plateau = plateau model; β_0 ,

β_1 e P = parameters of models; SQ_{ERROR} (SLM + plateau) = error sum of square.

Table 4

Description of each patch metric calculated for each study site.

Metrics	Category	Description
AREA	Area/density/edge metrics	AREA equals the area (m^2) of the patch, divided by 10,000 (to convert to hectares).
PERIM	Area/density/edge metrics	PERIM equals the perimeter (m) of the patch, including any internal holes in the patch, regardless of whether the perimeter represents 'true' edge or not (e.g., the case when a patch is artificially bisected by the landscape boundary when a landscape border is present).
GYRATE	Area/density/edge metrics	GYRATE equals the mean distance (m) between each cell in the patch and the patch centroid.
PARA	Shape metrics	PARA equals the ratio of the patch perimeter (m) to area (m^2).
SHAPE	Shape metrics	SHAPE equals patch perimeter (given in number of cell surfaces) divided by the minimum perimeter (given in number of cell surfaces) possible for a maximally compact patch (in a square raster format) of the corresponding patch area.
FRAC	Shape metrics	FRAC equals 2 times the logarithm of patch perimeter (m) divided by the logarithm of patch area (m^2); the perimeter is adjusted to correct for the raster bias in perimeter.
CIRCLE	Shape metrics	CIRCLE equals 1 minus patch area (m^2) divided by the area (m^2) of the smallest circumscribing circle. Note, the smallest circumscribing circle is computed mathematically based on the geometry of a true circle, despite the raster data format. In addition, to ensure that the minimum value is always zero, the diameter of the circumscribing circle is computed as the maximum distance between periphery cells based on outer edge-to-outer edge distance, as opposed to cell center-to-cell center distance used in all nearest neighbor calculations.
CONTIG	Shape metrics	CONTIG equals the average contiguity value (see comments) for the cells in a patch (i.e., sum of the cell values divided by the total number of pixels in the patch) minus 1, divided by the sum of the template values (13 in this case) minus 1. Note, 1 is subtracted from both the numerator and denominator to confine the index to a range of 1.
CORE	Core area metrics	CORE equals the area (m^2) within the patch that is further than the specified depth-of-edge distance from the patch perimeter, divided by 10,000 (to convert to hectares). Edge segments along the landscape boundary are treated like background (as specified in the edge depth file) unless a landscape border is present, in which case the boundary edge types are made explicit by the information in the border. Using 30 m of the depth-of-edge distance (Primack & Rodrigues, 2001).
CAI	Core area metrics	CAI equals the patch core area (m^2) divided by total patch area (m^2), multiplied by 100 (to convert to a percentage); in other words, CAI equals the percentage of a patch that is core area.
PROX	Isolation/proximity metrics	PROX equals the sum of patch area (m^2) divided by the nearest edge-to-edge distance squared (m^2) between the patch and the focal patch of all patches of the corresponding patch type whose edges are within a specified distance (m) of the focal patch. Note, when the search buffer extends beyond the landscape boundary, only patches contained within the landscape are considered in the computations. In addition, note that the edge-to-edge distances are from cell center to cell center.
ENN	Isolation/proximity metrics	ENN equals the distance (m) to the nearest neighboring patch of the same type, based on shortest edge-to-edge distance. Note that the edge-to-edge distances are from cell center to cell center.

Table 5

Pearson correlation between diversity index and vegetation index, showing correlation coefficients (r) and significance test (p).

Rain season				
Variables	H' (Shannon diversity)		J' (Pielou equability)	
	r (Pearson)	(p)	r (Pearson)	(p)
MEAN _{NDVI}	0.8122	0.0043**	0.8128	0.0042**
STDEV _{NDVI}	-0.5461	0.1023	-0.5293	0.1156
MEAN _{SAVI}	0.8125	0.0043**	0.8129	0.0042**
STDEV _{SAVI}	-0.5454	0.1029	-0.5293	0.1156
MEAN _{EVI}	0.8274	0.0031**	0.7639	0.0101*
STDEV _{EVI}	-0.5086	0.1332	-0.6560	0.0394*
MEAN _{MVI5}	0.6230	0.0543	0.4814	0.1588
STDEV _{MVI5}	-0.6024	0.0652	-0.8802	0.0008**
MEAN _{MVI7}	0.7390	0.0146*	0.5354	0.1107
STDEV _{MVI7}	-0.5799	0.0788	-0.7981	0.0056**
Dry season				
Variables	H' (Shannon diversity)		J' (Pielou equability)	
	r (Pearson)	(p)	r (Pearson)	(p)
MEAN _{NDVI}	0.5362	0.1101	0.4409	0.2021
STDEV _{NDVI}	-0.2073	0.5655	-0.3912	0.2636
MEAN _{SAVI}	0.5388	0.1080	0.4475	0.1946
STDEV _{SAVI}	-0.2090	0.5622	-0.3954	0.2580
MEAN _{EVI}	0.6646	0.0360*	0.5597	0.0924
STDEV _{EVI}	-0.2464	0.4917	-0.5615	0.0911
MEAN _{MVI5}	0.3484	0.3237	0.0133	0.9709
STDEV _{MVI5}	-0.2431	0.4984	-0.5022	0.1390
MEAN _{MVI7}	0.2962	0.4059	-0.0796	0.8269
STDEV _{MVI7}	-0.1416	0.6963	-0.2183	0.5446

Where: MEAN_i = arithmetic mean of vegetation index; STDEV_i = standard deviation of

vegetation index; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$.

Table 6

Pearson correlation between diversity index and structure parameters, showing correlation coefficients (r) and significance test (p).

Variables	H' (Shannon diversity)		J' (Pielou equability)	
	r (Pearson)	(p)	r (Pearson)	(p)
AB	0.2486	0.4885	0.0870	0.8112
VC	0.1393	0.7011	0.0970	0.7899

Where: AB = basal area; VC = cylindrical volume; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$.

Table 7

Pearson correlation between diversity index and patch metric, showing correlation coefficients (r) and significance test (p).

Variables	H' (Shannon diversity)		J' (Pielou equability)	
	r (Pearson)	(p)	r (Pearson)	(p)
AREA	0.6091	0.0615	0.2861	0.4230
PERIM	0.5184	0.1247	0.1373	0.7052
GYRATE	0.5202	0.1232	0.1437	0.6920
PARA	-0.6125	0.0597	-0.5230	0.1208
SHAPE	0.2745	0.4428	-0.1261	0.7285
FRAC	0.2694	0.4516	-0.1342	0.7118
CIRCLE	0.3259	0.3580	-0.0106	0.9768
CONTIG	0.7199	0.0189*	0.6839	0.0292*
CORE	0.6215	0.0550	0.3150	0.3753
CAI	0.6335	0.0492*	0.5790	0.0794
PROX	-0.3302	0.3514	-0.5183	0.1248
ENN	-0.1317	0.7169	0.2269	0.5285

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$.

Table 8

Adjusted equations using diversity index as the dependent variables and vegetation index and patch metrics as the independent variables.

Equation	F	(p)	R ² adjusted	Syx	d
Rain season					
$H' = -10.5562 + 16.0007 * MEAN_{NDVI}$ (1)	15.50	0.0043 ^{**}	61.71	0.19	0.7038 [*]
$H' = -10.5218 + 20.0064 * MEAN_{SAVI}$ (2)	15.54	0.0043 ^{**}	61.77	0.19	0.7019 [*]
$H' = -2.3646 + 18.4020 * MEAN_{EVI}$ (3)	17.37	0.0031 ^{**}	64.52	0.18	0.7219 [*]
$H' = -7.6921 + 14.0897 * MEAN_{MVI7}$ (4)	9.63	0.0146 [*]	48.94	0.22	1.5953
Dry season					
$H' = -1.8451 + 20.0316 * MEAN_{EVI}$ (5)	6.33	0.0361 [*]	37.19	0.24	0.7788 [*]
Rain season					
$J' = -1.4804 + 2.8660 * MEAN_{NDVI}$ (6)	15.50	0.0043 ^{**}	61.82	0.03	2.3782
$J' = -1.4738 + 3.5827 * MEAN_{SAVI}$ (7)	15.59	0.0042 ^{**}	61.85	0.03	2.3765
$J' = 0.0537 + 3.0409 * MEAN_{EVI}$ (8)	11.21	0.0101 [*]	53.15	0.04	2.0933
$J' = 1.0267 - 3.8618 * STDEV_{MVI5}$ (9)	27.53	0.0008 ^{***}	74.67	0.02	1.5034
$J' = 1.0414 - 4.0172 * STDEV_{MVI7}$ (10)	14.03	0.0057 ^{**}	59.15	0.03	1.6897

Where: R² adjusted = adjusted determination coefficient; Syx = residual standard deviation; d

= Durbin-Watson; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

Table 9

Equability estimated and residues generated by the selected equations.

Fragments	Area (ha)	J' estimated			Residue (%)	
		J' observed	Equation 7	Equation 9	Equation 7	Equation 9
2	10.19	0.82	0.79	0.85	3.96	-3.31
3	14.15	0.82	0.84	0.85	-2.12	-4.76
6	17.98	0.76	0.84	0.86	-10.27	-1.25
20	20.36	0.92	0.82	0.83	10.90	0.16
19	20.39	0.81	0.75	0.78	7.51	2.34
16	20.57	0.92	0.81	0.77	11.73	13.68
13	22.70	0.89	0.83	0.90	6.31	3.06
12	25.40	0.91	0.87	0.90	4.83	1.51
18	30.69	0.95	0.89	0.91	6.56	21.83
17	34.04	0.83	0.94	0.91	-12.75	7.75
4	37.60	0.84	0.88	0.93	-4.43	1.68
22	38.72	0.91	0.91	0.90	0.47	13.45
1	40.14	0.87	0.82	0.86	5.47	1.88
15	46.40	0.86	0.79	0.78	7.96	6.12
11	54.23	0.92	0.89	0.81	3.44	-1.29
10	62.15	0.90	0.89	0.79	1.30	-0.90
7	88.76	0.92	0.82	0.77	10.57	2.41
5	105.71	0.85	0.55	0.74	35.78	8.36
21	105.84	0.91	0.53	0.79	42.10	5.13
8	107.33	0.88	0.92	0.92	-4.83	-1.89
9	152.03	0.90	0.93	0.86	-3.26	-1.38
14	169.58	0.78	0.80	0.79	-2.21	0.36

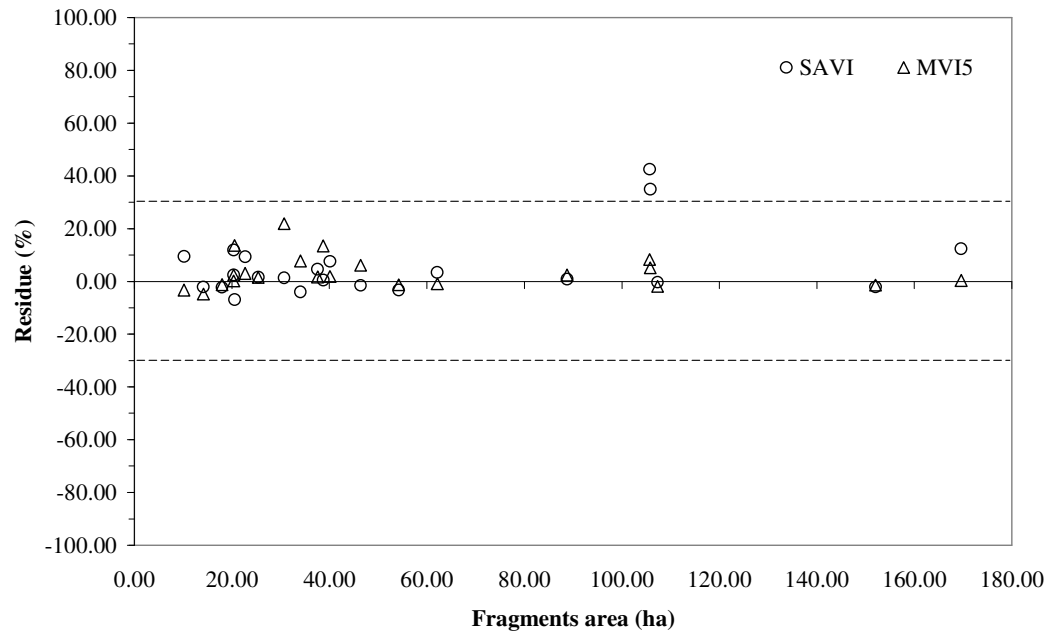


Fig. 2. Graphic representation of the residues generated by the selected equations.

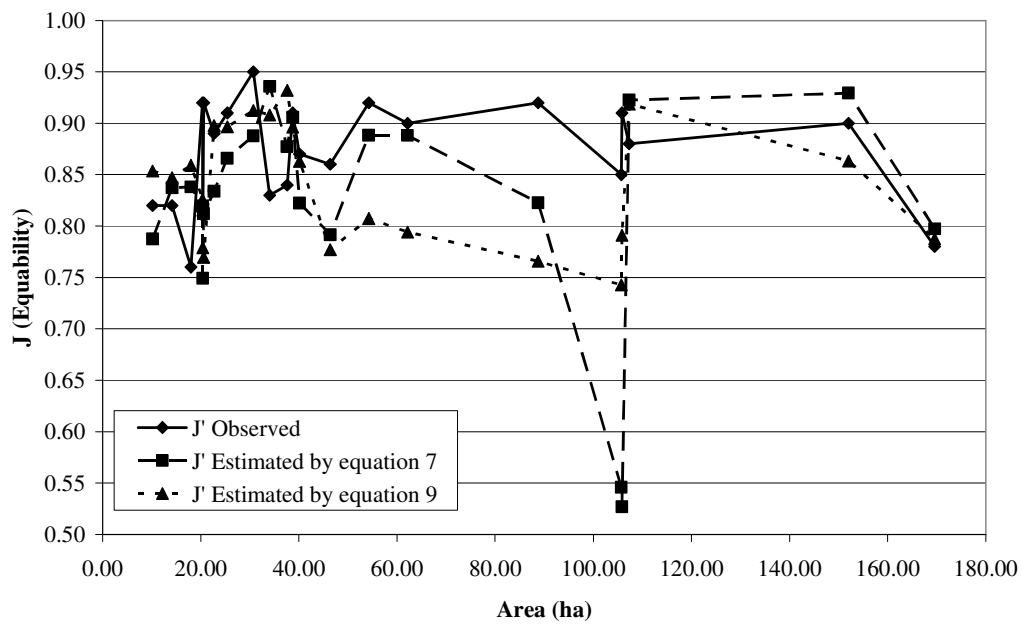


Fig. 3. Behavior of the equability.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)