



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**Análise multitemporal de imagens MODIS dos Parques Nacionais do Cerrado: EVI
como uma das ferramentas para seleção de áreas de conservação**

Jimmy Alexander Hernández Linares

Orientador: Dr. Valdir Adilson Steinke

Dissertação de Mestrado

Brasília - DF: Junho de 2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DE IMAGENS MODIS DOS PARQUES NACIONAIS
DO CERRADO: EVI COMO UMA DAS FERRAMENTAS PARA SELEÇÃO DE
ÁREAS DE CONSERVAÇÃO**

Jimmy Alexander Hernández Linares

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, opção Acadêmica.

Aprovado por:

Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke, Universidade de Brasília
(Orientador)

Prof. Dr. Mario Diniz de Araújo Neto, Universidade de Brasília
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Edson Eyji Sano, EMBRAPA
(Examinador Externo)

Brasília-DF, 29 de junho de 2012

LINARES, JIMMY ALEXANDER HERNANDEZ

Análise multitemporal de imagens MODIS dos Parques Nacionais do Cerrado: EVI como uma das ferramentas para seleção de áreas de conservação, 104 p., 297 mm, (UnB - Departamento de Geografia, Mestre, Gestão Ambiental e Territorial, 2012).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia.

1. Áreas de conservação

2. MODIS - EVI

3. Parques Nacionais

4. Sazonalidade

I. UnB - Departamento de Geografia

II. Título (série)

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Jimmy Alexander Hernandez Linares

A Deus

A Amanda

A minha família na Colômbia e

A minha família no Brasil

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Laerte Guimarães Ferreira Jr e à Dra. Mercedes Bustamante, pelo apoio incondicional e pela oportunidade.

Ao Dr. Valdir Adilson Steinke, pela orientação e colaboração nesse projeto de pesquisa.

À Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec), pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Dr. Edson Eyji Sano da Embrapa, pela assessoria no desenvolvimento da metodologia do trabalho.

Aos Mestres em Geografia, Marlon Nemayer Pontes e Genival Fernandes da Universidade Federal de Goiás, pela ajuda no desenvolvimento do projeto e pela amizade incondicional.

Ao Doutorando em Ecologia da UnB, Divino Silverio, pela ajuda no delineamento estatístico do trabalho.

Ao Dr. Alexandre Siqueira do Laboratório de Ecologia da UnB, pelos aportes no desenvolvimento da pesquisa.

À minha esposa e minha família brasileira que são o maior presente que Deus e o Brasil possam ter dado para mim.

À minha família e amigos na Colômbia, Juan Carlos, Angela, Lorena, Leila, e Mary, pelo eterno apoio.

Aos meus queridos amigos Gabriela Lira, José Salomão Oliveira Silva, Maria Regina Sartori da Silva, Simone Kuster Mitre e Julia Zanin, pela amizade e incentivo em todos os momentos.

Finalmente, a todas e cada uma das pessoas que fizeram possível alcançar mais uma meta na minha vida.

Resumo

As Unidades de Conservação (UCs) são uma estratégia importante para conter os impactos da ocupação desenfreada do território e de uso imprevidente dos recursos naturais no bioma Cerrado. Entretanto, os processos de criação e gestão das UCs apontam falhas no processo como um todo. Por isto, uma das ferramentas mais usadas é o monitoramento da vegetação por meio dos índices de vegetação. O baixo custo e a disponibilidade de dados permitem obter informações relevantes sobre a dinâmica da vegetação e as mudanças ambientais. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do EVI (Enhanced Vegetation Index) como ferramenta para a seleção de áreas prioritárias de conservação, a partir de uma análise multitemporal de imagens MODIS (*“Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer”*) e dados de precipitação do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), das formações vegetacionais dos Parques Nacionais (PARNAs) do bioma Cerrado. Além disso, foi avaliada a importância da sazonalidade no âmbito da gestão territorial e planejamento ambiental. Para tanto, foram utilizadas imagens MODIS e imagens de precipitação TRMM do Cerrado correspondentes ao período 2001 a 2010, além dos polígonos das formações campestre, florestal e savânica dos PARNAs do Cerrado, os quais foram obtidos a partir do mapeamento realizado por Pinto et al. (2009). Baseado nos dados espectrais foi feita a caracterização da dinâmica espectral das três formações dos PARNAs, assim como a classificação dos mesmos em função da média de EVI por meio de um teste paramétrico (ANOVA), de acordo com período seco (maio a setembro) e chuvoso (outubro a abril). Os resultados indicaram que os dados EVI e TRMM foram eficientes quanto a caracterização da dinâmica espectral e da sazonalidade do Cerrado. A classificação criou vários grupos em relação à quantidade de biomassa expressada pelo EVI, com destaque para os PARNAs Serra da Bodoquena, com os valores mais altos de EVI, e Chapada dos Veadeiros com os valores mais baixos de EVI. A partir desses resultados se observou a relevância dos dados EVI e da sazonalidade quanto ao monitoramento da biomassa verde nas UCs. Do mesmo modo, os resultados mostraram a potencialidade das imagens MODIS, especificamente do EVI, e da sazonalidade quanto a gestão e planejamento ambiental de áreas de conservação.

Palavras-Chave: Unidades de Conservação, Parques Nacionais, MODIS, EVI, sazonalidade.

Abstract

Conservation Units (UCs) are an important strategy to contain the impacts of uncontrolled occupation of territory and wasteful use of natural resources in the Cerrado. However, the processes of creation and management of UCs point out flaws in the process as a whole. Therefore, one of the most used tools is the monitoring of vegetation by means of vegetation indices. The low cost and availability of data allows to obtain relevant information on the vegetation dynamics and environmental changes. In this context, the objective of this study was to evaluate the use of EVI (Enhanced Vegetation Index) as a tool for selection of priority conservation areas, from a multitemporal analysis of MODIS ("Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer") and precipitation data from the TRMM satellite (Tropical Rainfall Measuring Mission), of the vegetation formations of the Cerrado National Parks (PARNAs). Furthermore, we evaluated the importance of seasonality in the land management and environmental planning. For this purpose, we used MODIS and TRMM images from 2001 to 2010 of the Cerrado, besides of shapes of the formations grassland, forest and savanna of the Cerrado PARNAs, which were obtained from the mapping done by Pinto et al. (2009). Based on the spectral data was performed to characterize the spectral dynamic of the three formations PARNAs, as well as the classification of these according to the average EVI through a parametric test (ANOVA), according to the dry season (May to September) and rainy (October to April). The results indicated that EVI and TRMM data were efficient as the characterization of the spectral dynamics and the seasonality of the Cerrado. The classification created several groups regarding the amount of biomass expressed by EVI, with emphasis on the PARNAs Serra da Bodoquena, with higher values of EVI, and Chapada dos Veadeiros with the lowest values of EVI. From these results it was observed the relevance of EVI data and seasonality as to monitoring of green biomass in the UCs. Similarly, the results showed the potentiality of MODIS images, specifically of the EVI, and seasonality as to environmental planning and management of conservation areas.

Keywords: Conservations Units, National Parks, MODIS, EVI, seasonality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
2.1 - OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	18
3.1.1 - Unidades de Conservação no Brasil	18
3.2 - SELEÇÃO DE ÁREAS PARA A CONSERVAÇÃO	24
3.3 - BIOMA CERRADO.....	26
3.3.1 - O Cerrado e a mudança no uso da terra	26
3.3.2 - Parques Nacionais do Cerrado	28
3.4 - MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO E SENSOR MODIS	30
3.4.1 - Produto MOD 13	30
3.5 - MONITORAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM.....	33
3.5.1 - Produtos do satélite TRMM.....	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	38
4.1 - ÁREA DE ESTUDO	38
4.2 - CLASSES DE VEGETAÇÃO	38
4.3 - IMAGENS MODIS E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EVI.....	40
4.4 - IMAGENS TRMM E ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO.....	43
4.5 - CLASSIFICAÇÃO DOS PARNAS A PARTIR DO EVI	43
5. RESULTADOS.....	45
5.1 - DESCRIÇÃO DA DINÂMICA ESPECTRAL E DA PRECIPITAÇÃO.....	45
5.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS PARNAS SEGUNDO O EVI	63
6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	67
6.1 - DESCRIÇÃO DOS PARNAS A PARTIR DE DADOS EVI E TRMM	67
6.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS PARNAS A PARTIR DO EVI	70
6.3 - EVI, SAZONALIDADE E GESTÃO DE UCS	72
7. CONCLUSÕES.....	76
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

ANEXO A. Tabelas com médias das formações campestre, florestal e savânica dos PARNA do Cerrado, na estação chuvosa e seca, período 2001 a 2010. Dados brutos do teste paramétrico ANOVA e de médias Tukey.....	89
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Principais fitofisionomias do bioma Cerrado (RIBEIRO e WALTER, 2008)	27
Figura 2.2 - Mapa do Bioma Cerrado, contendo a distribuição espacial das áreas com vegetação nativa (verde), áreas de supressão acumulada até 2009 (ciano) e corpos d'água (azul). Fonte: IBAMA (2011).....	28
Figura 2.3 - Quadro sinóptico sobre as resoluções espectrais e espaciais do sensor MODIS e comparação com os sensores TM/Landsat-5 e ETM+/Landsat-7 (Fonte: SOUSA FILHO, 2004).....	32
Figura 2.4 - Representação esquemática da aquisição de dados pelo sensor de microondas (TMI, varredura verde), radiômetro (VIRS, varredura amarela) e radar meteorológico (PR, varredura vermelha) do satélite TRMM (Adaptado de NASA http://daac.gsfc.nasa.gov/)	34
Figura 2.5 - Fluxograma de dados para geração de estimativas do projeto TRMM (Adaptado de COLLISCHON, 2006).....	37
Figura 4.1 - Localização geográfica do bioma Cerrado no território brasileiro (acima) e dos 13 Parques Nacionais analisados.....	39
Figura 4.2 - Localização dos <i>tiles</i> MODIS para o bioma Cerrado	41
Figura 4.3 - Processamento de imagens MODIS. Fonte: LAFIG - UFG. Adaptado de PONTES (2010).	42
Figura 4.4- Exemplo de composição colorida dos 23 <i>composites</i> das imagens MODIS de 2001 (imagens a cada 16 dias).....	42
Figura 4.5 - Composição colorida das imagens de precipitação do bioma Cerrado de 2001 a 2010. Satélite TRMM. Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAFIG), Universidade Federal de Goiás, 2011.	43
Figura 5.1 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Araguaia. Serie temporal de 2001 a 2010.	46
Figura 5.2 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Brasília. Serie temporal de 2001 a 2010.....	47
Figura 5.3 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Cavernas do Peruaçu. Serie temporal de 2001 a 2010.	49
Figura 5.4 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Chapada dos Guimarães. Serie temporal de 2001 a 2010.....	50
Figura 5.5 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Chapada das Mesas. Serie temporal de 2001 a 2010.	51

Figura 5.6 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Chapada dos Veadeiros. Serie temporal de 2001 a 2010.	53
Figura 5.7 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA das Emas. Serie temporal de 2001 a 2010.	54
Figura 5.8 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Grande Sertão Veredas. Serie temporal de 2001 a 2010.	55
Figura 5.9 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Nascentes do rio Parnaíba. Serie temporal de 2001 a 2010.	57
Figura 5.10 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA das Sempre-Vivas. Serie temporal de 2001 a 2010.	58
Figura 5.11 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Serra da Bodoquena. Serie temporal de 2001 a 2010.	59
Figura 5.12 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Serra da Canastra. Serie temporal de 2001 a 2010.	61
Figura 5.13 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Serra do Cipó. Serie temporal de 2001 a 2010.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Categorias de Unidades de Conservação que compõem o SNUC.	22
Tabela 2.2 - Localização, ano de criação e área dos Parques Nacionais do Cerrado analisados neste trabalho.....	29
Tabela 2.3 - Especificações Técnicas do Satélite Terra/Sensor MODIS	31
Tabela 2.4 - Produtos da superfície terrestre gerados pelo sensor MODIS.....	32
Tabela 2.5 – Descrição dos produtos 3A25, 3A46, 3B42 e 3B43 de estimativa de chuva por satélite TRMM.....	35
Tabela 4.1. Área das formações campestre, florestal e savânica dos PARNAs do bioma Cerrado. Dados obtidos no mapeamento realizado por Pinto et al. (2009).....	40
Tabela 5.1 - Formação campestre dos PARNAs do Cerrado na estação chuvosa. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).....	63
Tabela 5.2 - Formação campestre dos PARNAs do Cerrado na estação seca. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).	64
Tabela 5.3 - Formação florestal dos PARNAs do Cerrado na estação chuvosa. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI(teste ANOVA - Tukey).....	65
Tabela 5.4 - Formação florestal dos PARNAs do Cerrado na estação seca. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).	65
Tabela 5.5- Formação savânica dos PARNAs do Cerrado na estação chuvosa. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).	66
Tabela 5.6- Formação savânica dos PARNAs do Cerrado na estação seca. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA - Analysis of Variance
APA - Área de Proteção Ambiental
ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico
CERES - Sensor de Energia Radiante da Superfície Terrestre e das Nuvens
CDB - Convenção sobre Diversidade Biológica
DF - Distrito Federal
ENVI - Environment for Visualizing Images
ESEC - Estação Ecológica
EVI - Índice de Vegetação Realçado
FLONA - Floresta Nacional
GO - Goiás
IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
JAXA - Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial
LAI - Índice de Área Foliar
LAPIG - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
LIS - Sensor para Imageamento de Relâmpagos
MA - Maranhão
MG - Minas Gerais
MS - Mato Grosso do Sul
MT - Mato Grosso
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MN - Monumento Natural
MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MRT - Modis Reprojection Tool
NDVI - Índice da Diferença Normalizada
NIR - Infravermelho próximo
PARNA - Parque Nacional
PARNAs - Parques Nacionais
PI - Piauí
PR - Radar de Precipitação
PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica
RDS - Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RED - Vermelho
REFAU - Reserva de Fauna
RESEC - Reserva Biológica
RESEX - Reserva Extrativista
RO - Roraima
RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural
RVS - Refúgio de Vida Silvestre
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TMI - Imageador de Microondas
TO - Tocantins
TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission
UCs - Unidades de Conservação
VIRS - Radiômetro no Visível e no Infravermelho

1. INTRODUÇÃO

Conservar a biodiversidade é uma necessidade, tendo em vista a sua importância para o fornecimento de serviços ecossistêmicos e para o desenvolvimento econômico, social e cultural da humanidade. Como se depreende da definição legal (Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza -SNUC-, art. 2, II), a conservação da natureza pressupõe sempre o manejo realizado pelos humanos, mesmo quando a opção de manejo seja não ação ou não uso, isto é, a preservação de um dado ecossistema (GANEM, 2011).

Nesse sentido, uma das ações adotadas tem sido a criação de áreas prioritárias para a conservação, com o intuito de proteger o patrimônio biológico e os serviços ambientais oferecidos pelos diferentes ecossistemas. Alternativas como corredores ecológicos, mosaicos e reservas da biosfera têm grandes possibilidades de contribuir para a gestão integrada e participativa das diversas modalidades de áreas protegidas, para a sua conectividade e para a geração de benefícios sociais baseados no uso sustentável dos recursos naturais, isto é, se forem implementadas com recursos e vontade política suficientes. Essas opções têm uma base conceitual sólida na abordagem ecossistêmica, definida na Decisão V da Sexta Conferência das Partes da CDB, realizada em Haia, na Holanda, em 2002, e no manejo biorregional, conceito desenvolvido por Kenton Miller, desde o final da década de 1960 (MILLER, 1997; DRUMMOND, 2006; ARRUDA, 2006; GANEM, 2006; ARAÚJO, 2007).

No Brasil, o número de unidades de conservação e a área total por elas protegida vêm crescendo constantemente desde os anos 1930, mas principalmente nos últimos 25 anos (DRUMMOND, 2006). A instituição de uma política nacional abrangente de Unidades de Conservação (UCs), a partir do art. 225 da Constituição Federal, deu grande impulso à criação dessas áreas (ARAÚJO, 2008). Não obstante, faltam levantamentos adequados de biodiversidade na maioria das áreas naturais remanescentes, o que dificulta a seleção de áreas prioritárias para a conservação que depende de informações homogêneas de biodiversidade sobre todas as áreas (WILLIAMS et al., 2002; WILSON et al., 2005). Completar essas lacunas do conhecimento é custoso e tardio e por isso se buscam atributos das áreas naturais que possam representar a biodiversidade. Usualmente, as únicas informações consistentes espacializadas e disponíveis são tipos de vegetação e classes ambientais, considerados bons representantes da biodiversidade (MARGULES e PRESSEY, 2000).

Outra dificuldade quanto às áreas protegidas do Brasil, é que geralmente estão situadas em locais com baixa produtividade, alta elevação, solos pobres e outras áreas menos desejáveis para o uso pelo homem (SCOTT et al., 2001; DEFRIES et al., 2007 e GANEM,

2011). Conforme Brito (2000), a história da implantação das UCs brasileiras mostra que existem falhas na forma de criar e gerir essas unidades, que precisam ser dirimidas. Ganem (2011), apontou que, entre as falhas, estão a insuficiência de recursos financeiros; as deficiências estruturais dos órgãos gestores das unidades; a inadequação das metodologias de elaboração de planos de manejo, que não incorpora a participação dos diferentes atores sociais, sobretudo dos residentes locais; a falta de participação social no processo de criação; as dificuldades para regularização fundiária e a falta de critérios técnicos para seleção das áreas. Ao mesmo tempo, Nascimento et al. (2005) afirmaram que apesar da legislação ambiental brasileira ser considerada bastante ampla, alguns fatores têm contribuído para torná-la pouco ágil, destacando-se a deficiência em meios e materiais para apurar com rigor as agressões ao meio ambiente.

Diante desse fato, torna-se cada vez mais necessário a adoção de critérios objetivos, os quais favoreçam a priorização mais coerente de áreas e/ou espécies a serem preservadas (CABEZA, 2003; MARGULES e PRESSEY, 2000; MARGULES et al., 2002), levando em conta fatores como a limitação de recursos naturais e econômicos (ARPONEN et al., 2005; MARGULES e PRESSEY, 2000). Em busca destes critérios, Margules e Pressey (2000) elaboraram uma abordagem sistemática dividida em seis passos: 1) mensuração e mapeamento da biodiversidade; 2) identificação dos objetivos de conservação da região; 3) revisão das áreas de conservação existentes; 4) seleção de áreas de conservação adicionais; 5) implementação das atividades de conservação; e 6) manejo e monitoramentos das reservas.

Nesse âmbito, metodologias possíveis de serem implementadas, por meio do geoprocessamento e sensoriamento remoto, tornam-se alternativas viáveis para reduzir de maneira significativa as deficiências relativas ao cumprimento das leis pertinentes (NASCIMENTO et al., 2005), além de ser importantes no planejamento das UCs e no monitoramento das atividades de conservação (DOBROVOLSKI et al., 2006). Uma das ferramentas mais utilizadas é o monitoramento da vegetação por meio dos índices de vegetação do MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), os quais possibilitam comparações espaciais e temporais da atividade fotossintética terrestre, e facilitam assim, o monitoramento sazonal, interanual e variações de longo prazo dos parâmetros estruturais, fenológicos e biofísicos da vegetação (WANG et al., 2003).

Lançado em dezembro de 1999, com início de operação em fevereiro de 2000, o sensor MODIS tem como objetivo geral fornecer suporte a três segmentos do projeto “Earth Observing System” (EOS): atmosfera, oceano e continente. Esse sensor permitiu avanços nos trabalhos que necessitam de maior resolução temporal (quase diária), aliada à moderada

resolução espacial (250 m). A qualidade do georreferenciamento das imagens MODIS permite a elaboração de séries temporais com precisão (WOLFE et al., 2002). Ao se combinarem as características das imagens (qualidade geométrica, radiométrica, espectral e temporal) com os algoritmos de geração de produtos validados (JUSTICE et al., 2002), é possível estimar, por exemplo, os parâmetros biofísicos da vegetação, entre outros. Assim, os produtos voltados para aplicações terrestres, gerados pelo MODIS, estão basicamente direcionados para o monitoramento da cobertura vegetal do planeta, para identificar mudanças decorrentes de variações no clima e tempo (JUSTICE et al., 2002).

Especificamente no bioma Cerrado, diferentes estudos já têm demonstrado a capacidade dos índices de vegetação MODIS para o mapeamento das fisionomias existentes (FERREIRA et al., 2004), bem como em responder aos parâmetros biofísicos (FERREIRA et al., 2003; RATANA et al., 2005) e às variações sazonais – fenológicas da cobertura vegetal (FERREIRA e HUETE, 2004; FERREIRA et al., 2007). Da mesma forma, os índices de vegetação são também úteis em estudos de biologia da conservação e macroecologia. Esses podem ser usados, por exemplo, para monitorar desmatamentos e mudanças no uso da terra (FERREIRA et al., 2005; GOMES et al., 2006) ou para identificar habitats adequados para a preservação de espécies (KERR e OSTROVSKY, 2003; WESSELS et al., 2004; KOY et al., 2005).

Neste contexto, e tendo em conta que o Índice de Vegetação Realçado (EVI) pode ser utilizado para obter conhecimento aprofundado a respeito das variações em biomassa em regiões com forte contraste sazonal como o Cerrado (FERREIRA e HUETE, 2004; LIESENBERG et al., 2007), este trabalho tem como objetivo geral avaliar o uso do EVI como uma das ferramentas para a seleção de áreas prioritárias para a conservação, a partir de uma análise multitemporal de imagens MODIS e dados de precipitação do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) das formações vegetacionais dos Parques Nacionais (PARNAs) do bioma Cerrado. Além disso, cria-se a oportunidade de discutir e ressaltar a importância da sazonalidade como uma das feições mais essenciais e como elemento de gestão dos PARNAs do Cerrado.

2. OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso do EVI como uma das ferramentas para a seleção de áreas prioritárias para a conservação, a partir de uma análise multitemporal de imagens MODIS e dados de precipitação do satélite TRMM das formações vegetacionais dos PARNAs do bioma Cerrado.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever a dinâmica espectral da vegetação dos PARNAs do bioma Cerrado, a partir de series temporais de dados EVI e dados de precipitação TRMM, das formações campestre, florestal e savânica, correspondentes ao período de 2001 a 2010.

Diferenciar e classificar os PARNAs do Cerrado a partir do EVI das formações campestre, florestal e savânica nos períodos de seca e chuva.

Discutir a importância do EVI como ferramenta para a seleção de áreas prioritárias e da sazonalidade como elemento de gestão e planejamento ambiental das unidades de conservação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

3.1.1 - Unidades de Conservação no Brasil

A partir do fim da segunda metade do século XIX, a criação de UCs firmou-se como a principal e mais amplamente disseminada estratégia de proteção da natureza, no mundo e no Brasil. No início, o surgimento dessas áreas esteve vinculado ao interesse pela preservação de áreas terrestres ou aquáticas detentoras de características naturais excepcionais – beleza, grandiosidade, raridade etc. Incluíram-se aí iniciativas para proteger exemplares “carismáticos” da flora e da fauna, como árvores de grande porte e animais com forte apelo estético – baleias, herbívoros da África, aves diversas (DORST, 1973; NASH, 1982).

De acordo com Nash (1982), houve também preocupação com a manutenção dos mananciais e com o controle da qualidade da água servida às populações urbanas. A preocupação com o abastecimento público exigia o trato prudente ou mesmo a recuperação de extensas áreas de bacias hidrográficas, áreas essas que os habitantes das cidades passaram também a usufruir como opções de lazer e como laboratório de pesquisas. O replantio de uma parte da Floresta da Tijuca, praticamente dentro da cidade do Rio de Janeiro, entre 1861 e 1889, aproximadamente, é um exemplo brasileiro desse processo, em que a preocupação com a oferta de água para uma grande população urbana gerou a gestão especial de uma área que, muitos anos mais tarde, se transformou num parque nacional (DEAN, 1996; DRUMMOND, 1997).

Mesmo com esses antecedentes, o marco fundador mais reconhecido da moderna política de UCs foi a criação, em 1872, do Parque Nacional de Yellowstone nos EUA. Dos fins do século XIX até hoje, os parques nacionais multiplicaram-se por todo o planeta e são hoje o tipo mais conhecido e tradicional de espaço natural protegido. Não obstante, como dito, outras categorias foram surgindo (refúgios de vida silvestre, florestas nacionais, reservas biológicas, etc.), com os mais variados objetivos de preservação e conservação, e de controle da exploração dos recursos (NASH, 1982; RUNTE, 1979; MCCORMICK, 1992).

No Brasil, a primeira proposta registrada de criação de parques nacionais foi em 1876. O engenheiro André Rebouças (1838-1898) revelou ótima premonição, ao sugerir que fossem criados parques nacionais em dois locais: um na Ilha do Bananal, rio Araguaia, e outro em Sete Quedas, rio Paraná (DEAN, 1996; PÁDUA, 2002). Muitos anos depois, foram de fato criados parques nacionais nesses dois locais – o Parque Nacional do Araguaia, em 1959, e o

Parque Nacional de Sete Quedas, em 1961 – embora este último tenha sido destruído, em 1980, para dar lugar ao lago da barragem da Usina Hidrelétrica de Itaipu.

Por outro lado, os cientistas Alberto Loefgren (1854-1918) e Herman von Ihering (1850-1930) obtiveram mais sucesso que Rebouças, já no início do século XX. O primeiro conseguiu que fosse estabelecida, em terras adquiridas pelo governo federal, a seu conselho, uma estação biológica situada na localidade de Itatiaia, no estado do Rio de Janeiro, onde mais tarde, em 1937, foi criado o Parque Nacional de Itatiaia, o primeiro do Brasil. Ihering estabeleceu, com recursos próprios, a Estação Biológica do Alto da Serra, situada na crista da Serra do Mar, acima da cidade de Cubatão, e a doou ao governo do Estado de São Paulo – a área administrada, atualmente, pelo Instituto de Botânica de São Paulo, é uma UC de proteção integral, a Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba (DEAN, 1996; DRUMMOND et al., 2006 e 2010; FRANCO e DRUMMOND, 2009).

Em 1934, o Decreto no 23.793, o antigo Código Florestal, foi o primeiro texto legal brasileiro a prever a criação de parques nacionais, estaduais e municipais. Ele classificava as florestas nativas (e não nativas) em quatro tipos: “protetoras” e “remanescentes” (ambas sob regime de preservação permanente), e “modelo” e “produtivas” (ambas passíveis de exploração comercial). As florestas protetoras foram um antecedente das chamadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), mais tarde consagradas pelo novo Código Florestal, Lei no 4.771, 15 de setembro de 1965, como um tipo de área protegida. As florestas modelo seriam aquelas manejadas e/ou plantadas para fins comerciais. Foram um prenúncio das florestas nacionais e das grandes extensões de florestas plantadas em terras particulares, a partir da década de 1970, para fins comerciais.

Com base no Código Florestal de 1934, foram criados, ao longo de três décadas, vários parques nacionais, florestas nacionais e florestas protetoras de mananciais e encostas – estas últimas mais conhecidas pelo nome não oficial de “Florestas Protetoras da União” (DRUMMOND; BARROS-PLATIAU, 2006). O mencionado novo Código Florestal, de 1965, e o Código de Fauna (Lei no 5.197, de 3 de janeiro de 1967) trouxeram como novidade principal a criação de UCs de uso indireto (parques nacionais, estaduais, municipais e reservas biológicas), que não permitiam o uso dos recursos naturais, e as de uso direto (florestas nacionais e parques de caça), que permitiam a exploração direta dos recursos naturais (DRUMMOND; BARROS-PLATIAU, 2006).

Novas categorias de UCs foram instituídas pela Lei no 6.902, de 27 de abril de 1981: as estações ecológicas e as áreas de proteção ambiental. O Decreto no 89.336, de 31 de janeiro de 1984, criou duas categorias a mais: as reservas ecológicas e as áreas de relevante interesse

ecológico. Estas últimas foram reconhecidas como UCs pela Resolução nº 12, de 14 de dezembro de 1987, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

As reservas extrativistas surgiram em 1987, com base na Portaria 627 do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), mas só foram reconhecidas como UCs por intermédio do Decreto 98.897, de 30 de janeiro de 1990. Após várias iniciativas similares, porém inconclusivas, do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), foi instituída, pelo Decreto 1.992, de 5 de junho de 1996, a categoria reserva particular do patrimônio natural, modalidade de UC criada em terras particulares, por iniciativa dos seus proprietários (DRUMMOND; BARROS-PLATIAU, 2006).

Assim, o Brasil chegou à década de 1990 com uma pluralidade de categorias de áreas naturais protegidas a título ambiental, ao mesmo tempo em que se firmava em escala internacional um consenso em torno da importância da proteção da biodiversidade e das paisagens nativas. Os diferentes tipos de UCs nasceram a partir de vários fatores, inclusive a sintonia de cientistas e administradores com as mudanças no panorama mundial da conservação ambiental, a ampliação do interesse social na questão, pressões internacionais e a concorrência entre organismos gestores e as suas diferentes políticas. Faltavam, no entanto, leis e diretrizes de gerenciamento que garantissem eficácia a essa variedade de categorias. A situação exigia um esforço de sistematização (PÁDUA, 1997; BARROS, 2000).

Somente a partir da Constituição Federal de 1988, o Brasil concebeu um Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), cujo processo de elaboração e negociação durou mais de 10 anos e gerou uma grande polêmica entre os ambientalistas. A partir do SNUC, que definiu critérios mais objetivos para a criação e gestão de áreas protegidas, ocorreu o reconhecimento de áreas prioritárias em vários momentos e instâncias: na Amazônia, em 1990, na Mata Atlântica do Nordeste, em 1993, e no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) entre 1998 e 2000 (COUTO et al., 2010).

Conforme as sugestões do PROBIO, a partir de 2001, o governo federal começa a criar novas unidades de conservação, dentre as quais se destacam a Estação Ecológica da Serra Geral, no Estado do Tocantins e parte da Bahia, com aproximadamente 716 mil hectares, e o Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, a maior unidade de proteção integral do Cerrado e também a maior área extra-amazônica, com aproximadamente 733 mil hectares distribuídos entre Bahia, Maranhão, Tocantins e Piauí (AGUIAR e CAMARGO, 2004; BENSUSAN, 2006; SANO et al., 2008). Apesar destas iniciativas, o número de unidades de

conservação no país é ainda muito aquém do necessário, segundo provisões da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), da qual o Brasil é signatário (MMA, 2006; SANO et al., 2008).

3.1.2. Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)

Segundo o SNUC, as Unidades de Conservação (UCs) são divididas em dois grupos, unidades de proteção integral, com o objetivo de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto de seus recursos naturais; e unidades de uso sustentável, em que se pode ter a conservação da natureza em conjunto com o uso sustentável de parte de seus recursos (artigo 7º) (BRAGA, 2010).

As unidades de proteção integral são compostas pela Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre (artigo 8º). Por sua vez, o grupo das unidades de uso sustentável é constituído pela Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (artigo 14). A Lei do SNUC estabelece os objetivos, características e formas de uso permitidas a todas as categorias de UCs, conforme mostradas na Tabela 3.1 (BRAGA, 2010)

A função básica de UCs é separar elementos de biodiversidade de processos que ameacem sua existência na natureza. O grau a que essas unidades cumprem tal função depende em quão bem elas atingem dois objetivos (MARGULES e PRESSEY, 2000). O primeiro é representatividade, uma meta ligada à necessidade de as UCs representarem ou amostrarem toda a variedade de biodiversidade, idealmente em todos os níveis de organização. O segundo é persistência, pois, uma vez criadas, as reservas devem promover a sobrevivência a longo prazo das espécies e dos outros elementos da biodiversidade que elas mantêm por meio da manutenção dos processos naturais e de populações viáveis e por meio da exclusão de ameaças. Para atingir esses objetivos, o planejamento para a conservação deve lidar não somente com a localização da área a ser protegida, em relação a padrões naturais físicos e biológicos, mas também com o desenho da área, que deve incluir variáveis tais quais tamanho, conectividade e alinhamento do limite com, por exemplo, divisores de água (MARGULES e PRESSEY, 2000).

Tabela 3.1 - Categorias de Unidades de Conservação que compõem o SNUC.

Grupo	Categoria	Objetivos	Posse e domínio	Outras características
Proteção Integral	Estação Ecológica (ESEC)	Preservação da natureza e realização de pesquisas científicas	Público	Proibida a visitação pública, exceto a com fins educacionais. Pesquisa científica com prévia autorização da administração da UC.
	Reserva Biológica (REBIO)	Preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações, exceto ações de recuperação e manejo.	Público	Proibida a visitação pública, exceto a com fins educacionais. Pesquisa científica com prévia autorização da administração da UC.
	Parque Nacional (PARNA), Parque Estadual ou Parque Natural Municipal	Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, sendo admitida a realização de pesquisas científicas e atividades de educação ambiental, recreação e ecoturismo.	Público	Visitação pública sujeita às normas do plano de manejo. Pesquisa científica com prévia autorização da administração da UC.
	Monumento Natural (MN)	Preservação de sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.	Público e privado, desde que com uso compatível com os objetivos da UC.	Visitação pública sujeita às normas do plano de manejo.
	Refúgio de Vida Silvestre (RVS)	Proteção de ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.	Público e privado, desde que com uso compatível com os objetivos da UC.	Visitação pública sujeita às normas do plano de manejo. Pesquisa científica com prévia autorização da administração da UC.
Uso Sustentável	Área de Proteção Ambiental (APA)	Proteção da biodiversidade, disciplinar o processo de ocupação humana e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.	Público e privado	Pesquisa científica e visitação pública sujeitas às normas do órgão gestor da UC ou do proprietário, quando for o caso.
	Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)	Área com características naturais extraordinárias ou com exemplares raros da biota regional, que visa manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo compatível com a	Público e privado, desde que com uso compatível com os objetivos da UC.	

		conservação da natureza.		
	Floresta Nacional (FLONA), Floresta Estadual ou Municipal	Área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas, voltada para o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica.	Público	Visitação pública sujeita às normas do plano de manejo. Pesquisa científica com prévia autorização da administração da UC.
	Reserva Extrativista (RESEX)	Área utilizada por populações extrativistas tradicionais, visando proteger os meios de vida e a cultura dessas populações e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade. A exploração madeireira só é admitida em bases sustentáveis e de forma complementar às atividades extrativistas.	Público	Visitação pública, desde que compatível com os interesses locais e é sujeita às normas do plano de manejo. Pesquisa científica com prévia autorização da administração da UC. A exploração de recursos minerais e a caça são proibidas.
	Reserva de Fauna (REFAU)	Área natural com populações animais de espécies nativas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnicos científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.	Público	Visitação pública, desde que compatível com os interesses locais e é sujeita às normas do plano de manejo. Pesquisa científica com prévia autorização da administração da UC. A caça é proibida.
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)	Área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais. Visa preservar da natureza e garantir as condições e recursos para a manutenção do modo de vida das populações tradicionais.	Público	Visitação pública, desde que compatível com os interesses locais e é sujeita às normas do plano de manejo. Pesquisa científica com prévia autorização da administração da UC.
	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Área privada, gravada com perpetuidade, visando a conservação da diversidade biológica.	Privado	Só é permitido o uso para pesquisa científica, visitação para educação ambiental e ecoturismo, conforme regulamento da UC.

Fonte: Dados compilados pela autora da Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Adaptado de BRAGA, (2010)

Em relação à área total do Bioma Cerrado, as UCs de proteção integral federais e estaduais representam 2,48% (ARRUDA et al., 2008). UCs de uso sustentável, federais e estaduais, representam 0,03% e assim os índices de áreas protegidas estão abaixo das médias brasileira (3,52%) e mundial (10%, percentual previsto na CDB) e não dão garantia de sustentabilidade à biodiversidade na atual conjuntura do Cerrado (ARRUDA et al., 2008). Se somadas às terras indígenas (4,08%), consideradas de menor contribuição para a conservação da biodiversidade por já terem sido alcançadas pela fronteira agropecuária, o total de áreas protegidas chega a 6,48% (ARRUDA et al., 2008).

3.2 - SELEÇÃO DE ÁREAS PARA A CONSERVAÇÃO

A biologia da conservação busca definir parâmetros para identificar áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. Alguns critérios baseiam-se na identificação das espécies cujas características exigem intervenção urgente. Dessa forma, os programas de conservação devem levar em conta a vulnerabilidade das espécies e os requisitos para a sua proteção. As áreas destinadas à proteção da biodiversidade devem garantir a sustentabilidade das populações e manter o fluxo gênico entre elas. Para tanto, amostras de ecossistemas devem ter o tamanho suficiente e a qualidade adequada para que a espécie sobreviva (GANEM, 2011).

Crítérios para a definição do tamanho e da forma ideal das áreas destinadas à conservação foram estabelecidos com base na relação espécie-área, retirada da teoria da biogeografia de ilhas. Embora esses critérios sejam úteis, a aplicação dogmática da teoria da biogeografia de ilhas como diretriz para políticas de conservação pode criar problemas. É preciso levar em conta que, em muito casos, a perda de habitats é tão drástica que não resta alternativa senão proteger os poucos fragmentos de vegetação nativa remanescentes (GANEM, 2011)

Para Scariot et al. (2003), é essencial que a análise assuma a escala da paisagem, porque numa metapopulação, algumas populações podem estar se extinguindo em um fragmento e repovoando outros. Portanto, é o conjunto de fragmentos que conta para determinar a persistência de determinadas populações na paisagem.

Pinto et al. (2006) apontaram que um bom método para a seleção de áreas para a conservação da biodiversidade é a análise de lacunas, que permite a avaliação integrada de mapas de áreas protegidas e de distribuição de espécies. A sobreposição identifica áreas onde ocorrem espécies não protegidas e aponta áreas onde novas unidades de conservação devem ser instituídas.

Outra estratégia muito utilizada na biologia da conservação é a de *hotspots*, baseada nas espécies endêmicas. O modelo apoia-se na idéia de que a distribuição da biodiversidade no planeta não é uniforme, sendo maior em determinadas regiões que concentram grande número de espécies endêmicas. Ao mesmo tempo, essas áreas são as que mais sofrem, atualmente, com a destruição de habitats. O conceito *hotspot* faz a intersecção de endemismo com ameaça (MITTERMEIER, 1999; ALHO, 2005; PIMM, 2006). As espécies endêmicas, por terem distribuição mais restrita e serem mais especializadas, são mais vulneráveis às alterações ambientais provocadas pelas atividades humanas do que as espécies de distribuição mais ampla. O endemismo de plantas é escolhido como primeiro critério, porque elas dão suporte às demais formas de vida (MITTERMEIER, 1999).

Ganem (2011), afirmou que o modelo mais adequado combina a implantação de uma malha de unidades de conservação com o manejo integrado de bacias hidrográficas, favorecendo a conectividade de habitats dentro e entre bacias hidrográficas. Por outro lado, Cavalcanti (2006) destacou que, embora a carência de conhecimento sobre a biodiversidade fragilize o processo decisório sobre a seleção de áreas a proteger, é necessário o bom planejamento da política de conservação. As medidas de conservação têm que ser articuladas e priorizadas, tendo em vista a urgência das ações e a limitação dos recursos.

Nesse sentido, um instrumento recente de planejamento ambiental tem sido a ecologia da paisagem, que visa investigar a heterogeneidade espacial para definir padrões de habitat com base em aspectos geomorfológicos, de cobertura vegetal e de ocupação humana. Estudos de ecologia da paisagem permitem a definição de unidades naturais da paisagem e auxiliam na conservação da biodiversidade e no manejo de recursos naturais. O ponto central dessa abordagem é o reconhecimento de que “o funcionamento de uma unidade depende das interações que ela mantém com as unidades vizinhas” (METZGER, 2001, p. 5), o que permite uma visão integradora dos diferentes tipos de habitat e das suas relações com as ações humanas (GANEM, 2011).

Essa perspectiva integradora está presente também no manejo ou gestão biorregional, outra ferramenta da conservação. A biorregião é um espaço geográfico que abriga um ou vários ecossistemas, incluindo as atividades produtivas e todas as populações humanas residentes ou que dependem dos recursos naturais da área. O manejo biorregional deve abranger regiões extensas e biologicamente viáveis, capazes de sustentar padrões

migratórios das populações animais e vegetais e de absorver impactos das mudanças globais. A estratégia deve abranger zonas-núcleo selvagens, ligadas entre si por corredores de vegetação natural ou recomposta, ficando ambos (zonas núcleo e corredores) imersos em uma matriz de usos e padrões diversos de posse da terra (MILLER, 1997).

Ganem (2011) apontou que a ecologia da paisagem e a gestão biorregional caminham na mesma direção, qual seja, a de que a manutenção da diversidade biológica deve ser planejada numa perspectiva abrangente, que interligue paisagens naturais a paisagens manejadas. UCs e outras áreas protegidas devem ser integradas à matriz circundante de forma a possibilitar a conservação em unidades maiores de habitats. Esse enfoque também faz parte do conceito de corredores de biodiversidade, que podem ser compreendidos como “grandes polígonos contíguos de escala regional, que incluem ecossistemas e espécies prioritárias para conservação de determinado bioma e onde áreas protegidas estão conectadas entre si na matriz da paisagem” (CAVALCANTI, 2006, p. 349). O objetivo dos corredores de biodiversidade é “manter a integridade da biota regional em grandes unidades da paisagem” (CAVALCANTI, 2006, p. 350).

Finalmente, cabe mencionar o levantamento das Áreas Prioritárias para a Conservação (APCs), realizado pelo Ministério do Meio Ambiente. O projeto teve início em 1998 e os seus resultados foram atualizados em 2005 (BRASIL, 2007). Ele teve o objetivo de identificar as regiões onde o Poder Público deve, preferencialmente, concentrar as suas ações com vistas à conservação, bem como orientar as demais políticas públicas. Trata-se de um mapeamento que permite visualizar não apenas as áreas mais conservadas, mas também as tendências de ocupação (GANEM, 2011). Os alvos e metas foram definidos em reuniões técnicas específicas para cada bioma, envolvendo representantes governamentais, acadêmicos e entidades ambientalistas. Adotou-se como base o Mapa de Biomas do Brasil do IBGE de 2004. Ao todo, foram identificadas 1.555 áreas prioritárias, além das 1.129 áreas já protegidas. Todas foram reconhecidas por meio da Portaria MMA, de 23 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007).

3.3 - BIOMA CERRADO

3.3.1 - O Cerrado e a mudança no uso da terra

O Cerrado, contido em quase sua totalidade no Brasil, representa 9% da área total global de savanas tropicais. O bioma Cerrado compreende uma área de 2.039.387 km² e abrange 10 estados e o Distrito Federal (IBGE, 2004). Representa a segunda maior formação vegetal

brasileira e está situado entre 3° e 24° de latitude sul e entre 42° a 60° de longitude oeste (SILVA et al., 2008).

Sua maior parte está localizada no Planalto Central Brasileiro (LIMA et al., 2008), ocupando aproximadamente 25 % do território nacional. Sua localização lhe confere grande importância, pois abriga as três maiores bacias hidrográficas da América do Sul e compõe parte do “corredor de vegetação xérica”, que inclui ainda a Caatinga no nordeste brasileiro e o Chaco no Paraguai-Bolívia-Argentina, além de ligar as duas principais áreas de floresta tropical úmida sul-americanas: Floresta Amazônica e Floresta Atlântica (COLE 1986; FELFILI et al., 2005).

A maior parte da paisagem do Cerrado é ocupada pelas fisionomias de Cerrado *sensu lato* (Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado Sentido Restrito e Cerradão), que tem sua distribuição condicionada principalmente pela precipitação sazonal (RIBEIRO e WALTER, 1998) (Figura 3.1), fertilidade e drenagem do solo, regime de fogo e flutuações climáticas do Quaternário (OLIVEIRA-FILHO e RATTER, 2002), fatores estes mencionados como condicionantes principais das savanas mundiais (FURLEY et al., 1992).

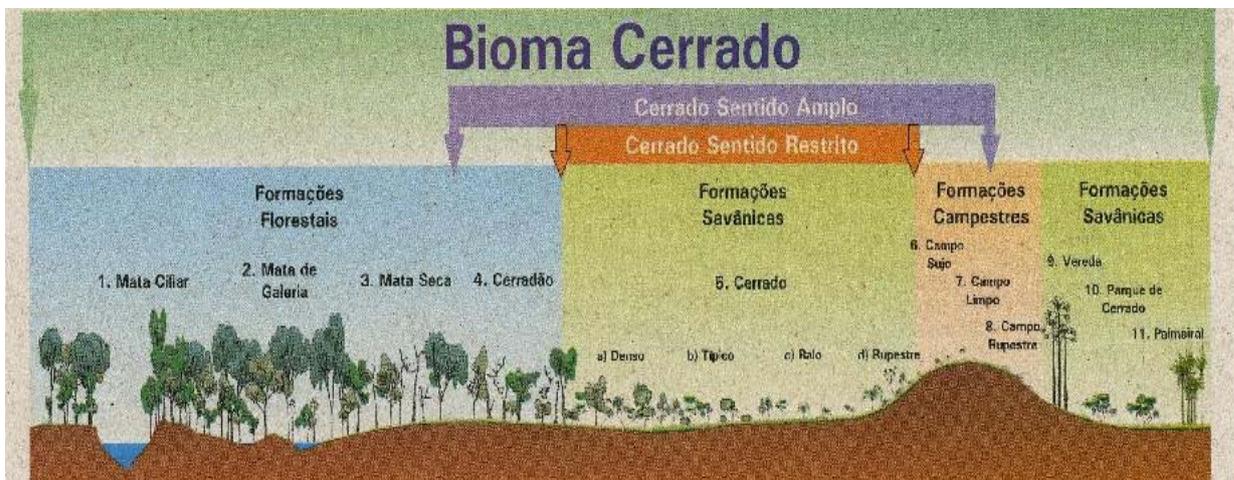


Figura 3.1- Principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Fonte: RIBEIRO e WALTER (2008)

É um dos biomas mais ricos e diversos do mundo (LEWINSOHN e PRADO, 2002; FELFILI et al., 2004), possui riqueza biológica estimada em 160 mil espécies de plantas, fungos e animais (RATTER et al., 1997). Apesar da elevada biodiversidade, o Cerrado passa, ao longo das últimas décadas, por rápido processo de degradação ambiental, sendo considerado um dos 34 *hotspots* mundiais (MITTERMEIER et al., 2005).

A presença de características naturais favoráveis, aliadas aos investimentos públicos em infra-estrutura, propiciaram um ambiente ideal para a intensa ocupação agropastoril que o transformou na principal fronteira de expansão agrícola brasileira (KLINK e MACHADO, 2005; MIZIARA e FERREIRA, 2008). Dados recentes colhidos pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA) mostram que os remanescentes do Cerrado passou de 55,73% em 2002 para 51,16% em 2009, tendo como base a área total do bioma de 2.039.386 km² ou, aproximadamente, 204 milhões de hectares. Em números absolutos, o Cerrado teve sua cobertura vegetal original e secundária reduzida de 1.136.521 km² para 1.043.346,02 km². Ou seja, reduziu-se aproximadamente 8,2% entre os anos de 2002 a 2009, perdendo 92.711,87 km² de sua cobertura vegetal, o que representa uma taxa média de 13.245 km²/ano (Figura 3.2) (IBAMA, 2011).

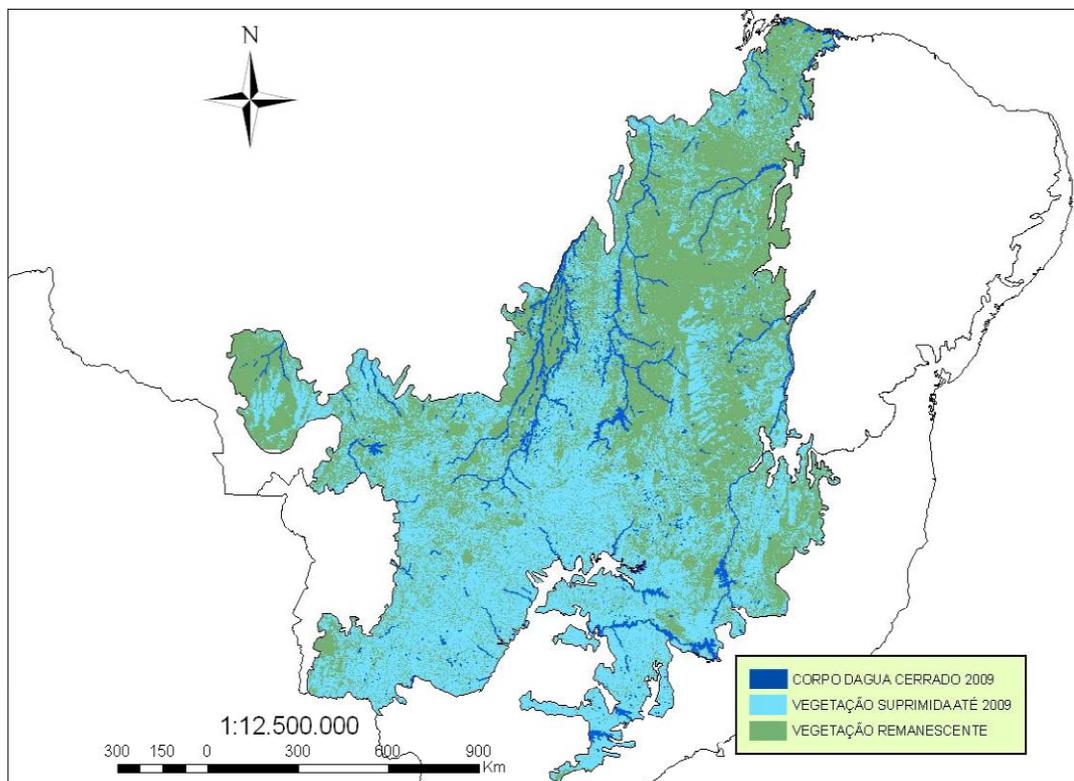


Figura 3.2 - Mapa do Bioma Cerrado, contendo a distribuição espacial das áreas com vegetação nativa (verde), áreas de supressão acumulada até 2009 (ciano) e corpos d'água (azul). Fonte: IBAMA (2011)

3.3.2 - Parques Nacionais do Cerrado

Os Parques Nacionais (PARNAs) são UCs de proteção integral, com objetivo de preservar ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas entre outros (SNUC, 2000). Quanto ao Cerrado, apenas

1,3% do bioma encontra-se protegido na categoria de Parque Nacional (PARNA), privilegiando a conservação das formações savânicas (66,7%), seguida das florestais (23,4%) e campestres (9,1%). Segundo Pinto et al. (2009), no Bioma Cerrado, aproximadamente 1.700.000 hectares de formações savânicas, 764.000 hectares de formações florestais e 413.000 hectares de formações campestres estão protegidos dentro de 13 PARNAs (Tabela 3.2). Pinto et al. (2009) apontaram que algumas UCs se destacam por proteger uma formação específica, como é o caso do PARNA das Emas (74,6% campestres).

Levando em consideração que a pressão antrópica no Bioma Cerrado vem aumentando, o que significa substituição de formações campestres, savânicas e até florestais, por áreas destinadas à agropecuária, é importante realizar pesquisas multitemporais sobre a dinâmica da vegetação nos PARNAs, para posterior avaliação de como as mudanças do uso da terra e do clima afetam as funções biológicas, químicas e físicas dos ecossistemas do Cerrado (PINTO et al., 2009).

Tabela 3.2 - Localização, ano de criação e área dos Parques Nacionais do Cerrado analisados neste trabalho.

Parque Nacional	Estado	Ano de Criação	Área (hectares)
Araguaia	TO	1959	557.708
Brasília	DF	1961	31.895
Cavernas do Peruaçu	MG	1999	56.664
Chapada das Mesas	MA	2005	160.601
Chapada dos Guimarães	MT	1989	32.776
Chapada dos Veadeiros	GO	1972	65.038
Emas	GO	1972	133.064
Grande Sertão Veredas	MG	2004	231.668
Nascentes rio Parnaíba	PI	2002	733.162
Sempre-Vivas	MG	2002	124.555
Serra da Bodoquena	MS	2000	77.232
Serra da Canastra	MG	1972	198.380
Serra do Cipó	MG	1987	31.733

Informação disponível no endereço eletrônico do ICMBIO: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros.html>. Acesso: 18/04/2012.

3.4 - MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO E SENSOR MODIS

O monitoramento global da vegetação, para compreensão de seu papel em relação às mudanças ambientais e climáticas, tem influenciado o uso de dados de sensores remotos orbitais como uma fonte importante de informação, haja vista proverem a necessária visão temporal da superfície terrestre (ANTUNES e ESQUERDO, 2009).

Entre os sensores orbitais com dados disponibilizados para a comunidade científica, destaca-se o MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), o qual pode, efetiva e sistematicamente, auxiliar no monitoramento de todo o bioma Cerrado. Com base nos produtos deste sensor, tal como o MOD13 (índices de vegetação NDVI e EVI) e MOD15 (Índice de Área Foliar - LAI e Fração Fotossinteticamente Ativa da Vegetação - fAPAR), a análise de alvos como a vegetação natural, pastagem e cultura agrícola passam a ser realizadas numa escala multitemporal, melhorando o entendimento deste bioma no que diz respeito à sua estrutura, funcionamento e papel ecológico (FERREIRA et al., 2005).

O MODIS é um dos cinco instrumentos do satélite TERRA, formalmente conhecido como EOS-AM. Os outros sensores a bordo deste satélite são: CERES, ASTER, MISR e MOPITT. O sensor MODIS foi projetado para satisfazer os requerimentos de três campos de estudos: atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para estes objetivos e uma cobertura global quase diária (a cada 1-2 dias) (JUSTICE et al., 2002).

O sensor MODIS possui 36 bandas espectrais, sendo 2 com resolução espacial de 250m, 5 com 500m e 29 com 1.000m no nadir, cobrindo uma faixa de 2.330 km de largura (Tabela 2.3) (Huete et al., 2002). A distribuição das 36 bandas espectrais, ao longo do espectro eletromagnético, em função de comprimentos de ondas diferenciados, permitiu o desenvolvimento de 44 produtos, utilizados por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento (Tabela 3.4).

Este sensor possui um maior número de bandas espectrais que os outros imageadores de baixa - média resolução espacial já lançados. (SOARES et al., 2007) (Figura 3.3). No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) possui em Cuiabá (MT) uma estação de recepção de dados do sensor MODIS, que cobre boa parte da América do Sul (RAFAELLI et al., 2006).

3.4.1 - Produto MOD 13

O MOD 13 apresenta os produtos relativos aos índices de vegetação (Tabela 3.4). O MODIS possui dois índices de vegetação, o índice da diferença normalizada (NDVI) e o

índice de vegetação realçado (EVI), que são produzidos globalmente com 1 km e 500 m de resolução e composições no período de 16 dias. Enquanto o NDVI é sensível à clorofila, o EVI é mais sensível a variações na resposta estrutural do dossel, incluindo o índice de área foliar (LAI), a fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (HUETE et al., 2002). Estes dois índices se complementam em estudos globais da vegetação e fornecem informações sobre detecção de mudanças vegetais e parâmetros biofísicos do dossel.

O NDVI é uma relação entre medidas espectrais (reflectância - r) de duas bandas, a do infravermelho próximo (800-1100 nm) e a do vermelho (600-700 nm), e visa eliminar diferenças sazonais do ângulo do Sol e minimiza os efeitos da atenuação atmosférica, observados para dados multitemporais. Os valores obtidos com o NDVI são contidos em uma mesma escala de valores, entre -1 e 1, utilizando-se a seguinte equação (3.1):

$$\text{NDVI} = (r_{\text{IVP}} - r_{\text{V}}) / (r_{\text{IVP}} + r_{\text{V}}) \quad (3.1)$$

Tabela 3.3 - Especificações Técnicas do Satélite Terra/Sensor MODIS

Especificações Técnicas	
Órbita do satélite Terra	705 Km, síncrona com o Sol, polar; 10:30 a.m descendente
Cobertura de repetição do satélite Terra	Diária, a norte da latitude 30° e a cada dois dias, para latitudes inferiores a 30°
Resolução espacial do sensor MODIS	250 m (2 bandas), 500 m (5 bandas), 1000 m (29 bandas) no nadir
Precisão radiométrica do sensor MODIS	5% Absoluto, <3 mm; 1% Absoluto, >3 mm; 2% de reflectância
Alcance espectral do sensor MODIS	0,4 –14,4 mm
Quantização do sensor MODIS	12 bits
Taxa de Dados do satélite Terra	6,2 Mbps (média), 10,8 Mbps (dia), 2,5 Mbps (noite)
Força do satélite Terra	162,5 W (média para uma órbita), 168,5 W (pico)

Fonte: Adaptada de Justice et al. (2002, p.4).

Tabela 3.4 - Produtos da superfície terrestre gerados pelo sensor MODIS

ESDT	PRODUTOS
PRODUTOS RELACIONADOS AO BALANÇO ENERGÉTICO	
MOD 09	Reflectância de superfície
MOD 11	Temperatura da superfície da Terra e emissividade
MOD 43	BRDF/Albedo
MOD 10 e 29	Cobertura de neve e extensão de gelo na superfície do mar
PRODUTOS VOLTADOS À VEGETAÇÃO	
MOD 13	Grades de índices de vegetação (Máximo NDVI e EVI integrado)
MOD 15	Índice de área foliar (LAI) e FAPAR
MOD 17	Fotossíntese líquida e produtividade primária
PRODUTOS VOLTADOS À COBERTURA TERRESTRE	
MOD 12	Cobertura da terra e mudança na cobertura da terra
MOD 14	Anomalias termais, fogo e queima de biomassa
MOD 44	Conversão da cobertura vegetal

Fonte: Adaptada de JUSTICE et al. (2002, p.4).

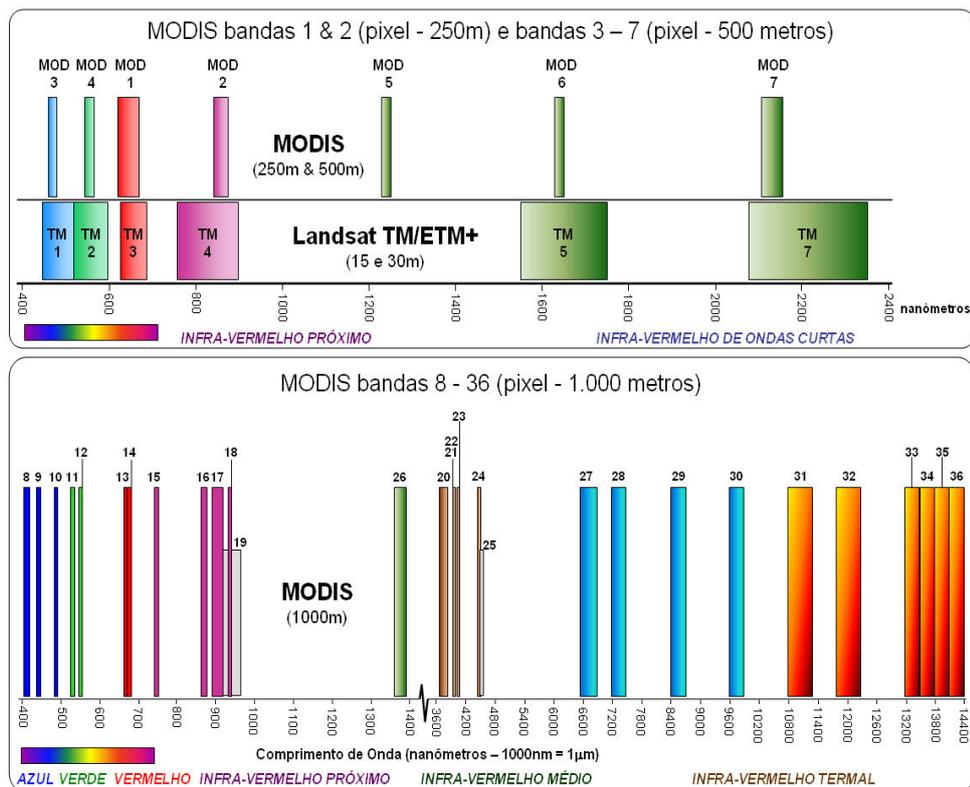


Figura 3.3 - Quadro sinóptico sobre as resoluções espectrais e espaciais do sensor MODIS e comparação com os sensores TM/Landsat-5 e ETM+/Landsat-7 (Fonte: SOUSA FILHO, 2004)

Uma peculiaridade atribuída ao NDVI é a rápida saturação, o que o torna insensível ao aumento da biomassa vegetal a partir de determinado estágio de desenvolvimento. O índice de vegetação melhorado (EVI) foi desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação, melhorando a sensibilidade em regiões com maiores densidades de biomassa, além do monitoramento da vegetação através de uma ligação do sinal de fundo do dossel e a redução das influências atmosféricas. O EVI pode ser calculado através da seguinte equação (3.2) (JUSTICE et al., 1998):

$$EVI = 2,5 (NIR - Vermelho) / (L + NIR + C1\ vermelho - C2\ azul) \quad (3.2)$$

Onde L é fator de ajuste para o solo; e C1 e C2 são coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera. Os valores dos coeficientes adotados pelo algoritmo do EVI são: L=1, C1=6, C2=7,5 e o fator de ganho G= 2.5 (HUETE et al., 1997; JUSTICE et al., 1998).

Estes produtos fornecem comparações consistentes de dados temporais e espaciais das condições da vegetação global, de modo a monitorar a atividade fotossintética da vegetação em suporte à detecção de mudança e interpretações biofísicas e da fenologia (WANG et al., 2003).

3.5 - MONITORAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM

O satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) é um projeto em parceria entre a NASA e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA) e foi lançado em 27 de novembro de 1997, com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos, além de verificar como a mesma influencia o clima global (KUMMEROW et al. 2000).

O satélite possui órbita oblíqua não-heliossíncrona bastante baixa (inicialmente 350km, desde 2001 cerca de 403km), de forma que o período de translação é bastante curto (91 minutos), permitindo resoluções espacial e temporal comparativamente altas. Os instrumentos a bordo do TRMM são: imageador de microondas (TMI), radar de precipitação (PR), radiômetro no visível e no infravermelho (VIRS), sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens (CERES), e sensor para imageamento de relâmpagos (LIS).

O sensor de microondas (TMI) é o principal instrumento na medição de precipitação, obtida através da lei inversa de Planck e correlação com temperatura de topo de nuvem. O instrumento imageia com um ângulo NADIR de 49°, o que resulta em um ângulo de incidência na superfície terrestre de 52,8°. Para refinar as estimativas, afetadas pelas

diferentes formações de nuvens, faz-se uso do radar de precipitação (PR), que é o primeiro radar meteorológico a ser lançado a bordo de um satélite, permitindo produzir mapas tridimensionais de estruturas precipitantes. Esse radar é capaz de detectar taxas de precipitação muito baixas, da ordem de menos de 0.7mm (COLLISCHONN, 2006). A Figura 3.4 mostra uma representação esquemática do processo de aquisição de dados do TRMM.

As grandezas primárias medidas pelos instrumentos TMI, PR e VIRS são, respectivamente, temperatura, potência e radiância. A partir de combinações sucessivas entre essas medidas e seu cruzamento com produtos de outros satélites, são obtidas as estimativas referentes à precipitação, cuja resolução temporal e espacial depende do refinamento da estimativa. Para refinar as medições, existe um programa de validação em campo (Ground Validation ou GV), contando com radares meteorológicos em diversas estações ao longo da faixa intertropical (COLLISCHONN, 2006).

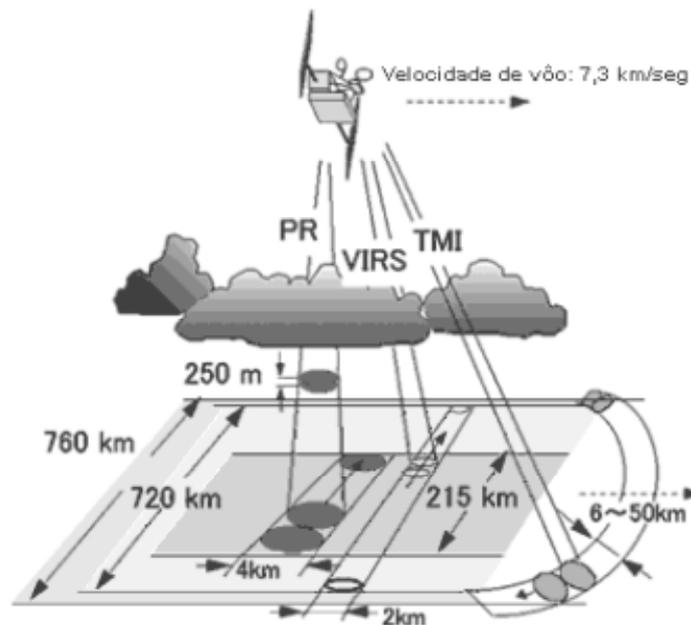


Figura 3.4 - Representação esquemática da aquisição de dados pelo sensor de microondas (TMI, varredura verde), radiômetro (VIRS, varredura amarela) e radar meteorológico (PR, varredura vermelha) do satélite TRMM (Adaptado de NASA <http://daac.gsfc.nasa.gov/>)

3.5.1 - Produtos do satélite TRMM

São diversos os produtos de estimativa de chuva resultantes da missão TRMM (KUMMEROV et al., 1998), que são processados pelo *TRMM Science Data and Information System (TSDIS)* e disponibilizados operacionalmente pelo *Gooddard Distributed Active Archive System (DAAC)*. As estimativas de chuva podem ser fornecidas com resolução espacial de $0,25^\circ$, sobre a banda de latitude 50°N-S , com resolução temporal das mais

variadas. Esses produtos utilizam combinações de diferentes fontes com a finalidade de obter estimativas mais precisas de chuva (ARAUJO, 2006). A Tabela 3.5 lista alguns produtos disponíveis da missão TRMM.

Tabela 3.5 – Descrição dos produtos 3A25, 3A46, 3B42 e 3B43 de estimativa de chuva por satélite TRMM.

Produto	Descrição	Data inicial
3A25	Estimativa de chuva mensal estimada pelo <i>Precipitation Radar</i> , com resoluções de 5°x5° ou 0,5° x 0,5°, para a banda de latitude 40° N-S	01/12/97
3A46	Taxa de chuva global mensal, com resolução de 1°x1°, estimada pelo SSM/I	01/01/98
3B42	Taxa de chuva global de 3 horas, a partir de sensores infravermelhos, com resolução de 0,25°x0,25°	01/12/97
3B43	Taxa de chuva global mensal, a partir de sensores infravermelhos, SSM/I e pluviômetros, com resolução de 0,25° x 0,25°	01/01/98

Fonte: NASA (2011)

Jobard (2001) realizou um estudo comparativo entre diversos produtos de estimativa de chuva, incluindo o 3B42, descrito na Tabela 3.5, e dados de redes densas de pluviômetros localizados na África. Esse estudo foi apresentado detalhadamente por Ramage et al. (2000). Como resultado, foram verificados coeficientes de correlação da ordem de 0,72, 0,76 e 0,79 para escalas de cinco, dez e trinta dias, respectivamente, com resolução espacial de 2,5° x 2,5°. Já para a resolução de 1°x1°, os coeficientes aumentaram para 0,79 e 0,86, para escalas de dez e trinta dias, respectivamente. Isso demonstra que quanto mais refinada for a escala (1°x1°), maior será a correlação da estimativa de chuva por satélite com a chuva monitorada na superfície, devido à maior amostragem da chuva pelo satélite na região de estudo (ARAUJO, 2006).

Chokngamwong e Chiu (2004) compararam os produtos 3B42 e 3B43 com dados de uma rede pluviométrica na Tailândia, numa resolução de 1° x 1°, contendo cerca de dois pluviômetros por ponto de malha. Como resultado, encontraram um viés de 4 mm.mês para o 3B43, e de 28 mm.mês para o 3B42, demonstrando que os produtos que utilizam informações de múltiplas fontes (caso do 3B43), representam melhores estimativas.

Nicholson et al. (2003) realizaram um estudo de validação de alguns produtos TRMM para o ano de 1998, em uma rede altamente densa contendo 920 pluviômetros na África, numa malha com resolução de 2,5°. Os resultados mostraram que os produtos TRMM apresentaram excelente aderência com os dados de superfície para a escala acumulada de cinco meses (maio a setembro) e para o mês de agosto, sendo este o mês mais úmido da série. O erro médio quadrático apresentado foi de 0,6 mm.dia para a resolução de cinco meses e 1 mm.dia para agosto, e o viés foi praticamente nulo. A performance para a resolução espacial de 1° foi excelente para escala de cinco meses e boa para o mês de agosto. Isso demonstra que os diversos produtos de estimativa de chuva apresentam grande potencial para a Hidrologia tanto para períodos mais úmidos, quanto para períodos cobrindo diferentes estações do ano (ARAUJO, 2006).

Em função de ser o satélite mais bem equipado em termos de instrumentos para estimativa de precipitação, o satélite TRMM fornece estimativas mais precisas do que as técnicas indiretas baseadas em imagens de outros satélites (BARRERA, 2005), sendo usado inclusive para validação dessas técnicas. Também Nicholson (2005) afirmou que o projeto TRMM resultou em medidas consideravelmente mais confiáveis do que as estimativas feitas até então. A figura 3.5 mostra a sequência de procedimentos para geração das diferentes estimativas do TRMM.

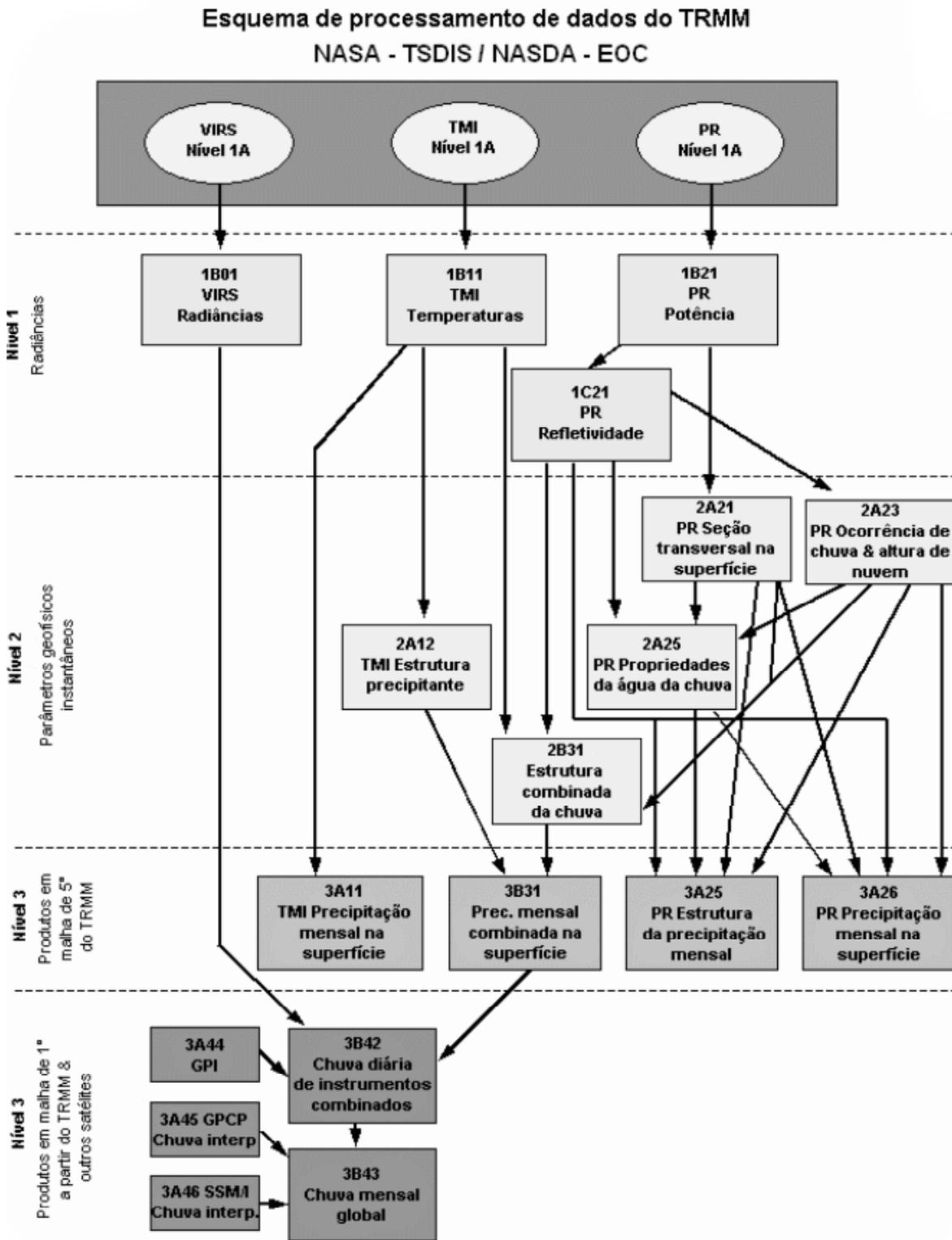


Figura 3.5 - Fluxograma de dados para geração de estimativas do projeto TRMM. Fonte: Adaptado de COLLISCHON (2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - ÁREA DE ESTUDO

Como área de estudo, consideraram-se os PARNAs localizados no bioma Cerrado, segundo o mapa dos biomas brasileiros (IBGE, 2004). Cabe ressaltar que os PARNAs dos Lençóis Maranhenses e da Serra das Confusões, apesar de estarem situados no polígono do bioma (IBGE, 2004), não foram considerados por não representarem vegetação típica do Cerrado (IBAMA, 2011). Os parques localizados fora do perímetro do Cerrado e que contemplam a vegetação de transição com outros biomas também não foram considerados neste estudo, como são os casos dos PARNAs do Pantanal Matogrossense (MT) e de Pacaas Novos (RO) (IBAMA, 2011). Portanto, os 13 PARNAs analisados foram: Araguaia, Brasília, Cavernas do Peruaçu, Chapada das Mesas, Chapada dos Guimarães, Chapada dos Veadeiros, Emas, Grande Sertão Veredas, Nascentes do Rio Parnaíba, Sempre-Vivas, Serra da Bodoquena, Serra da Canastra e Serra do Cipó (Figura 4.1).

4.2 - CLASSES DE VEGETAÇÃO

As classes de vegetação consideradas para este estudo foram as formações campestres, savânicas e florestais, segundo o sistema de classificação da vegetação do bioma Cerrado proposto por Ribeiro e Walter (1998; 2008) (Figura 2.1). As formações campestres, segundo Ribeiro e Walter (1998; 2008), correspondem a áreas com espécies herbáceas, eventualmente com algumas espécies arbustivas, mas sem espécies arbóreas na paisagem e com menos de 5% de cobertura arbustiva. As formações savânicas correspondem a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de dossel contínuo, apresentando cobertura arbórea de 5% a 70%. As formações florestais englobam áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel contínuo ou descontínuo e cobertura arbórea maior que 70%.

O polígonos utilizados para extrair os dados EVI fazem parte dos resultados do mapeamento das formações campestre, florestal e savânica dos PARNAs do Cerrado, realizado por Pinto et al. (2009). O tamanho em hectares de cada uma das formações é apresentado na Tabela 4.1.

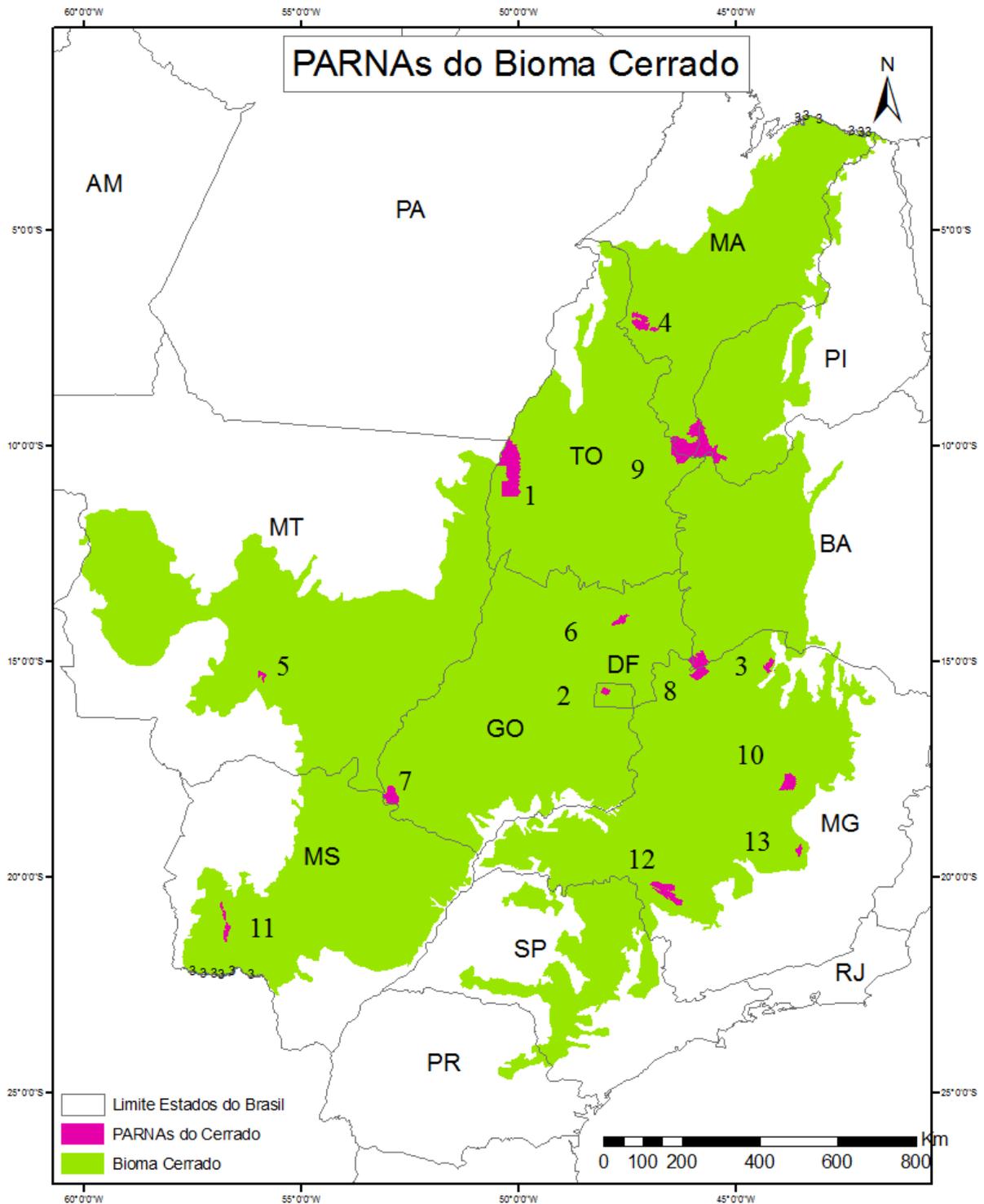


Figura 0.1 - Localização geográfica do bioma Cerrado no território brasileiro (acima) e dos 13 Parques Nacionais analisados: 1 = Araguaia/TO; 2 = Brasília/DF; 3 = Cavernas do Peruaçu/MG; 4 = Chapada das Mesas/MA; 5 = Chapada dos Guimarães/MT; 6 = Chapada dos Veadeiros/GO; 7 = Emas/GO; 8 = Grande Sertão Veredas/MG-BA; 9 = Nascentes do Rio Parnaíba/MA-PI-TO; 10 = Sempre-Vivas/MG; 11 = Serra da Bodoquena/MS; 12 = Serra da Canastra/MG; e 13 = Serra do Cipó/MG;. O polígono cinza corresponde à área do bioma Cerrado, conforme proposta do IBGE (2004). Linhas em cinza representam os limites estaduais.

Tabela 0.1. Área das formações campestre, florestal e savânica dos PARNAs do bioma Cerrado. Fonte: Pinto et al. (2009).

Parque Nacional	Área (hectares)	Formações		
		Campestre	Savânica	Florestal
Araguaia	557.708	0	344.119	207.634
Brasília	31.895	10.137	16.143	3.572
Cavernas do Peruaçu	56.664	0	32.972	20.814
Chapada das Mesas	160.601	45.356	81.152	33.019
Chapada dos Guimarães	32.776	9.834	15.243	6.246
Chapada dos Veadeiros	65.038	7.078	49.673	7.698
Emas	133.064	99.325	26.845	6.895
Grande Sertão Veredas	231.668	0	185.310	46.096
Nascentes rio Parnaíba	733.162	0	563.718	164.997
Sempre-Vivas	124.555	37.541	70.898	15.792
Serra da Bodoquena	77.232	9.924	39.862	26.123
Serra da Canastra	198.380	12.541	152.204	33.528
Serra do Cipó	31.733	4.010	24.002	3.721
Total	2.571.579	235.746	1.728.544	607.289

Fonte: Adaptado de Pinto et al. (2009).

4.3 - IMAGENS MODIS E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EVI

Em relação às imagens MODIS, foram considerados os cinco *tiles* MODIS (H12V10, H12V11, H13V09, H13V10 e H13V11) correspondentes à área do Cerrado (Figura 4.2). Especificamente, foram utilizados os 23 *composites* para cada ano, relativos ao período 2001 a 2010, totalizando 250 cenas.

A primeira etapa de processamento das imagens MODIS consistiu na re-projeção e geração de mosaicos dos cinco *tiles*, entre os 250 *composites*, através do programa MRT 4.0 (*Modis Reprojection Tool*) (Figura 4.3). Cada um dos mosaicos EVI foram filtrados com base nas respectivas imagens *Pixel Reliability* e recortados conforme os limites das classes de interesse.

Em função das imagens MODIS EVI disponibilizadas pelo produto MOD13Q1 serem baseadas em um algoritmo principal (que utiliza a banda do azul) e, também, um algoritmo alternativo (*backup* algoritmo), sempre que a banda azul não apresenta qualidade satisfatória (i.e. contaminação atmosférica), optou-se pela geração de imagens EVI com base em um

único algoritmo, o *backup* algoritmo (Jiang *et al.*, 2008), através da função *band math*, no software *Environment for Visualizing Images* (ENVI 4.7), obtidas a partir da Equação 4.1 (e após o reescalonamento dos valores de reflectância das bandas RED e NIR).

$$EVI = \left(\frac{NIR - RED}{NIR + RED + 1} \right) \times 2,5 \quad (4.1)$$

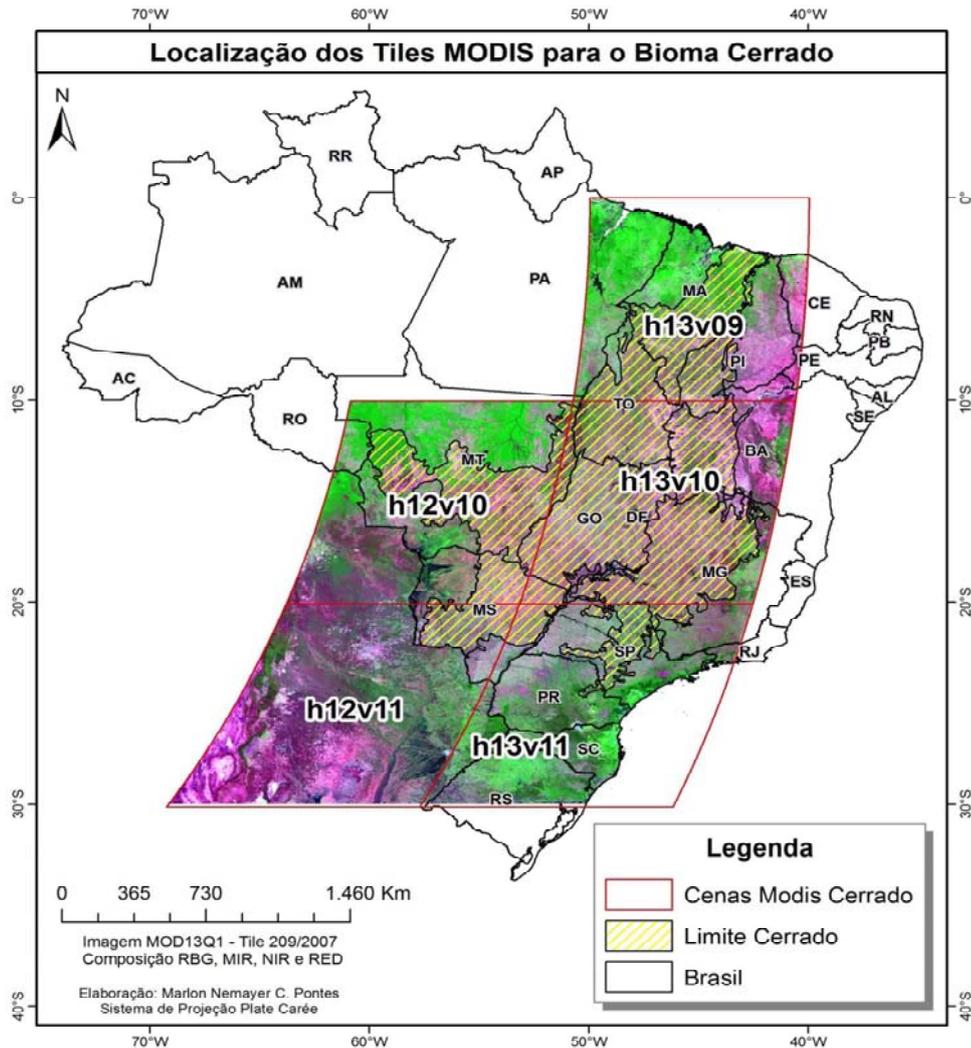


Figura 0.2 - Localização dos *tiles* MODIS para o bioma Cerrado

A partir dos *composites* gerados para os 10 anos de estudo, foram extraídos os valores de EVI para cada um dos PARNAs do Cerrado (Figura 4.4). Os valores utilizados para as análises foram os valores médios de EVI das formações campestre, florestal e savânica. Para isto, utilizou-se como base os polígonos resultantes do mapeamento das formações vegetais realizado por Pinto *et al.* (2009).

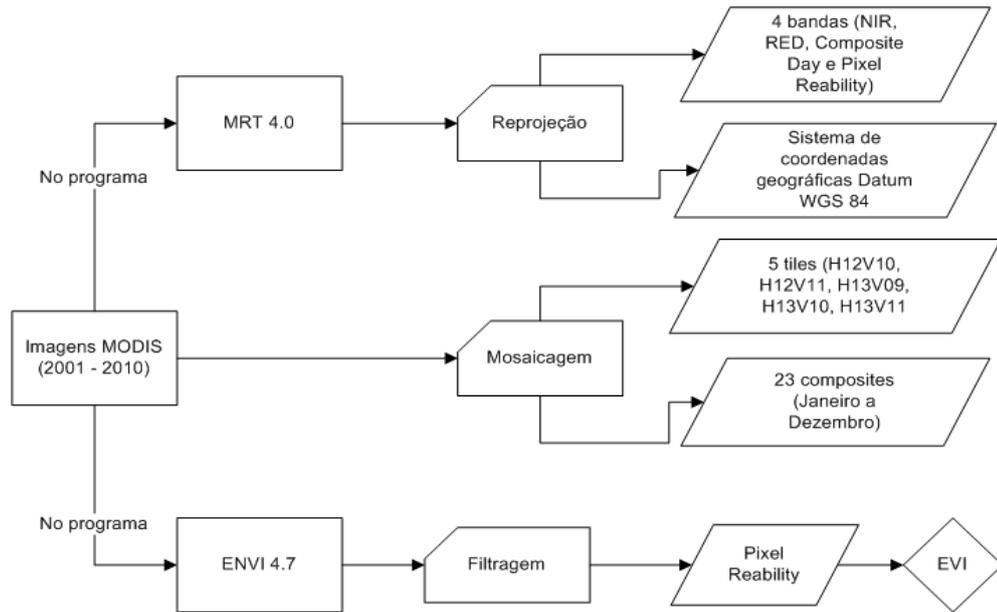


Figura 0.3 - Processamento de imagens MODIS. Fonte: LAPIG - UFG. Adaptado de PONTES (2010).

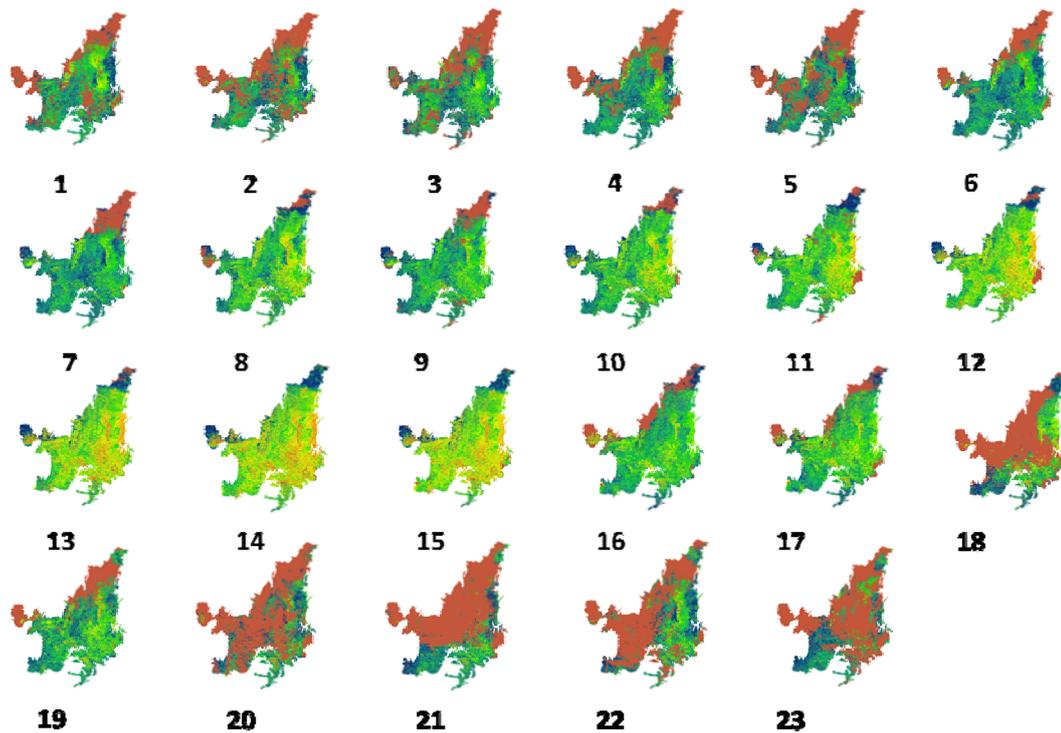
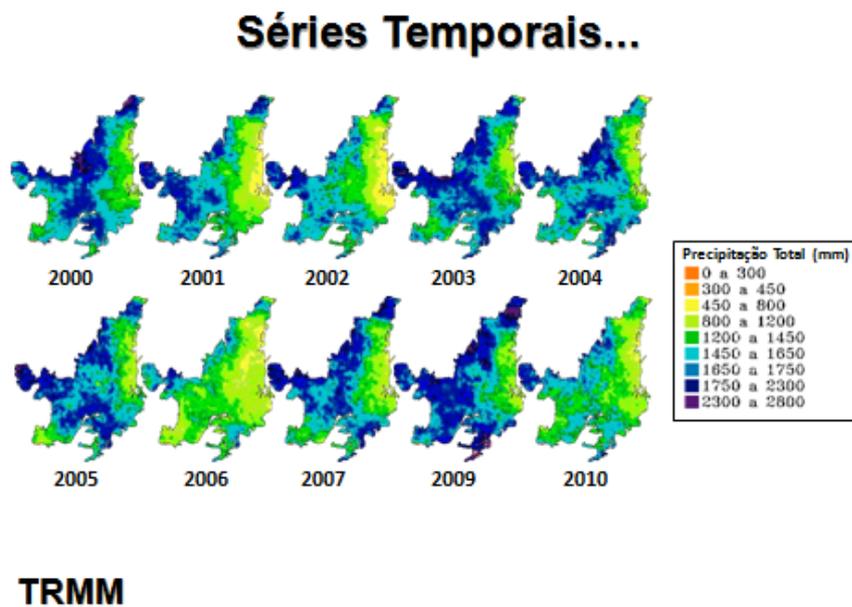


Figura 0.4- Exemplo de composição colorida dos 23 *composites* das imagens MODIS de 2001 (imagens a cada 16 dias): 1 - 2 = Janeiro; 3 - 4 = Fevereiro; 5 - 6 = Março; 7 - 8 = Abril; 9 - 10 = Maio; 11 - 12 = Junho; 13 - 14 = Julho; 15 - 16 = Agosto; 17 - 18 = Setembro; 19 = Outubro; 20 - 21 = Novembro; 22 - 23 = Dez. As cores quentes representam os valores mais baixos e as cores mais frias (azul) representam os valores mais altos de EVI. No caso da cor vermelha escura, esta representa às áreas onde não pode-se extrair valor EVI, devido talvez a presença de nuvens na época de chuvas, o que diminui a qualidade das imagens.

4.4 - IMAGENS TRMM E ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO

A estimativa de precipitação utilizada foi derivada dos dados TRMM, produto 3B43, com resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ e resolução temporal mensal, e que correspondem ao acumulado mensal de precipitação estimada, ajustada a partir de dados de uma rede mundial de postos pluviométricos. Este produto é gerado por um algoritmo que estima a precipitação global combinando estimativas de múltiplos sensores orbitais passivos e ativos (SIMPSON et al., 1996).



TRMM

Figura 0.5 - Composição colorida das imagens de precipitação do bioma Cerrado de 2001 a 2010. Satélite TRMM. Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), Universidade Federal de Goiás, 2011.

Em relação às imagens TRMM, foram consideradas as imagens de 2001 a 2010 correspondentes à área do Cerrado (Figura 4.5). Especificamente, foram utilizados 12 *composites* para cada ano, totalizando 120 imagens. Todas as imagens TRMM foram previamente processadas no LAPIG da UFG e estão disponíveis no *site* deste laboratório (www.lapig.iesa.ufg.br). O *software* ENVI 4.7 foi usado para obter os dados médios mensais de precipitação TRMM dos PARNAs do Cerrado.

4.5 - CLASSIFICAÇÃO DOS PARNAS A PARTIR DO EVI

Com o intuito de estabelecer uma classificação dos PARNAs, em função da maior ou menor biomassa expressada pelo EVI, se decidiu agrupar os dados espectrais por estação chuvosa e seca, e posteriormente, calcular as médias de EVI para cada formação vegetal.

Deste modo, foi adotada, como estação chuvosa, o semestre de outubro a abril, período em que geralmente a precipitação média mensal é superior a 100 mm (ASSAD, 1993). A estação seca escolhida, conseqüentemente, foi entre maio e setembro. Por fim, obteve-se uma média EVI de cada formação para a estação seca, e outra média EVI de cada formação para a estação chuvosa no período 2001 a 2010.

Quanto à classificação dos PARNAs do Cerrado, foi utilizado um teste paramétrico - Teste ANOVA de um critério (Tukey) - para calcular a análise de variância entre os valores médios mensais de EVI das formações campestre, florestal e savânica dos PARNAs do Cerrado, nos períodos de seca e chuva.

A designação ANOVA deriva da expressão inglesa *ANalysis Of VAriance*, chamando-se *F-teste* em homenagem a *Fisher*. Destina-se a comparar mais de duas amostras cujos dados devem ser mensurados em escala intervalar ou de razões. A designação *um critério* é pelo fato de se comparar somente as variações entre os tratamentos, cujo resultado é traduzido no valor do *F-teste*, complementando-se com o exame, *a priori* (*Bonferroni*) ou *a posteriori* (*Tukey* ou teste *t de Student*), das diferenças entre as médias amostrais. As amostras podem ser do mesmo tamanho ou desiguais (AYRES et al., 2007).

Para este teste estatístico decidiu-se adotar como hipótese nula (H0) que: a média mensal de EVI das formações campestre, florestal e campestre dos PARNAs, na estação seca, quanto na estação chuvosa, não é diferente em função da biomassa verde presente em cada uma das formações. Por outro lado, adotou-se como hipótese alternativa (H1) que: a média mensal de EVI das formações campestre, florestal e savânica, é diferente devido à disponibilidade hídrica nas estações seca e chuvosa, podendo classificar os PARNAs em função da maior ou menor biomassa verde.

O valor alfa escolhido *a priori* informa que a probabilidade obtida na comparação entre as médias pelo teste de *Tukey* deve ser igual ou inferior a 0.01, para que a diferença seja estatisticamente significativa.

5. RESULTADOS

5.1 - DESCRIÇÃO DA DINÂMICA ESPECTRAL E DA PRECIPITAÇÃO

A descrição e análises dos dados EVI das formações dos PARNAs do Cerrado e da precipitação obtida a partir do satélite TRMM, foi feita a partir das Figuras 5.1 a 5.13, devido à sua melhor interpretação.

PARNA Araguaia. A dinâmica espectral das formações florestal e savânica teve um comportamento similar ao longo dos 10 anos. Os valores de EVI da formação savânica oscilaram entre 0,20 e 0,45, mas, em março de 2002 e 2004, os valores foram inferiores (Figura 5.1). A formação florestal teve valores mais altos, oscilando entre 0,40 e 0,65. De modo geral, não se observou uma curva espectral padrão para o EVI, mas ressaltou uma leve declinação da curva a partir de julho-agosto, para ambas as formações. De igual forma, observou-se um aumento na resposta espectral a partir de outubro de quase todos os anos. Entre os meses de outubro e novembro de 2001, 2005 e 2010, não se obtiveram dados de EVI das formações.

Quanto aos dados de precipitação, observou-se que a estação seca teve uma duração de 5 meses (maio a setembro). No entanto, os resultados mostraram que, em 2003 e 2007, a seca foi mais severa (6 meses) (Figura 5.1). Por outro lado, a precipitação máxima atingiu quase 450 mm no mês de janeiro de 2002 e 2004. No período entre junho e agosto de quase todos os anos, a precipitação teve valores próximos a zero.

PARNA Brasília. De modo geral, os resultados mostraram um padrão da curva espectral da vegetação ao longo dos anos. Entretanto, foi observado que a curva foi quase igual para as formações savânica e campestre. Quanto à sazonalidade, os resultados mostraram que o EVI das três formações teve um comportamento sazonal ao longo do ano, oscilando entre 0,20 (seca) e 0,51 (chuva). Em janeiro de 2004 e 2005, não se obtiveram dados EVI, o que pode ser consequência da presença de nuvens na época chuvosa.

Os dados de precipitação mostraram que, na maioria dos anos, a estação seca começou no mês de abril e se estendeu até setembro ou outubro. O ano 2007 se destacou por causa da seca severa entre março e outubro. Fevereiro de 2004 foi o mês com valor mais alto de precipitação (452 mm), enquanto que os meses de junho e julho tiveram os valores mais baixos de precipitação ao longo dos 10 anos (Figura 5.2).

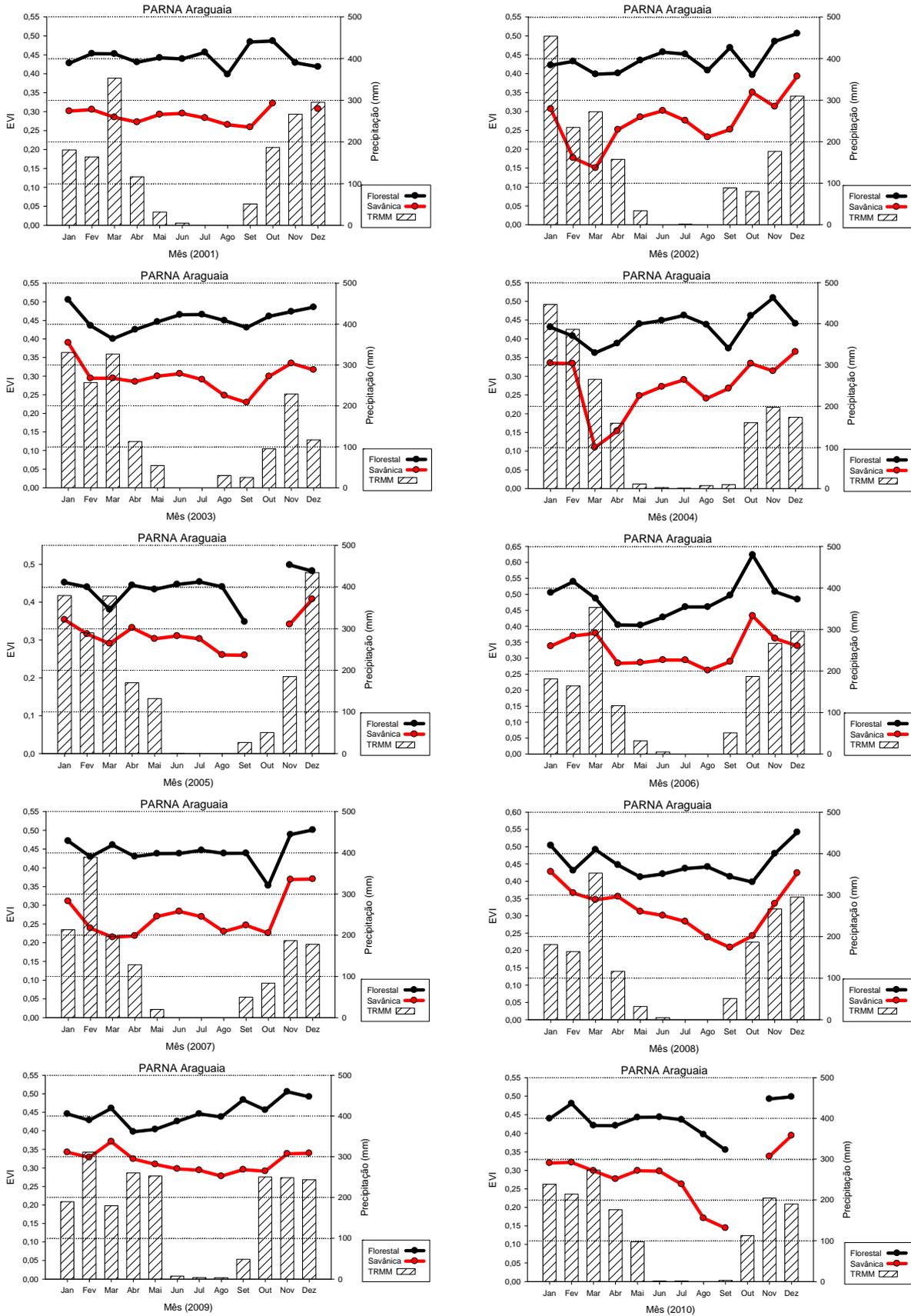


Figura 0.1 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Araguaia. Série temporal de 2001 a 2010.

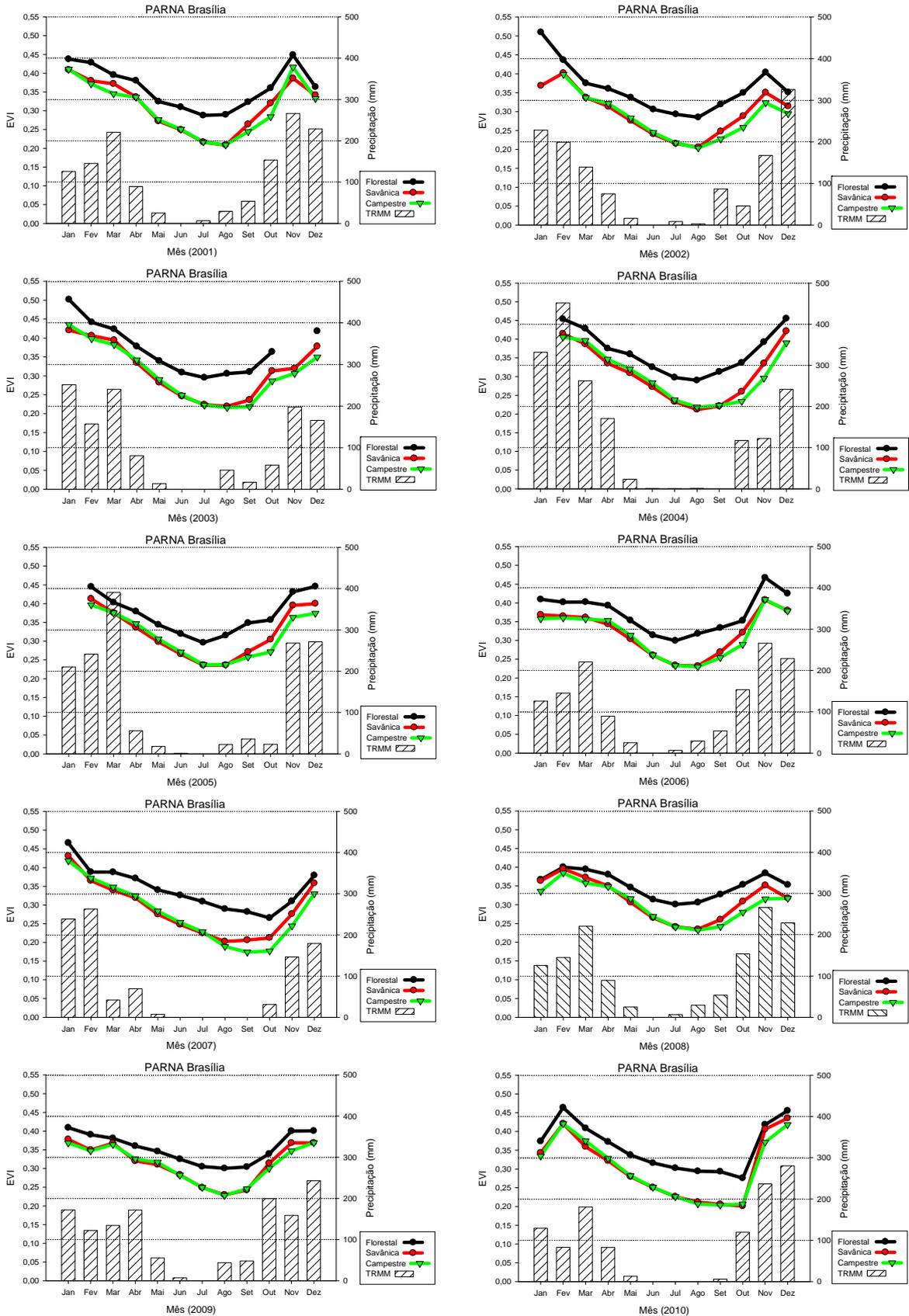


Figura 0.2 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Brasília. Série temporal de 2001 a 2010.

PARNA Cavernas do Peruaçu. Os valores de EVI obtidos indicaram um padrão na dinâmica espectral ao longo do tempo, com declinações entre maio e agosto. A partir de outubro, foi observado um aumento da precipitação e do EVI. As curvas mostraram que a formação savânica teve uma resposta espectral mais rápida, tanto para aumentar quanto para diminuir, em relação à quantidade de precipitação. O EVI da formação florestal variou entre 0,29 (seca) e 0,61 (chuva). Já o EVI da formação savânica variou entre 0,23 (seca) e 0,64 (chuva) (Figura 5.3).

Quanto aos dados de precipitação, os resultados indicaram que a seca foi de quase 8 meses ao longo de quase todos os anos, começando geralmente em abril e terminando em setembro ou outubro (Figura 5.3). O período de chuvas, além de ser curto, não apresentou valores muito altos ao longo do tempo, exceto em dezembro de 2002, quando alcançou precipitação máxima de 391 mm.

PARNA Chapada dos Guimarães. Os resultados mostraram que o EVI da formação florestal variou entre 0,27 (seca) e 0,59 (chuva) (Figura 5.4). A curva EVI das formações savânica e campestre teve a mesma dinâmica de oscilação, tendo inclusive valores um pouco mais baixos. No entanto, as três curvas foram quase iguais ao longo do tempo, mostrando o que seria uma resposta homogênea da vegetação, em função do aumento ou diminuição da precipitação. Nesse sentido, a formação savânica pareceu ser mais sensível à disponibilidade de água no ambiente. Em setembro de 2005, novembro de 2009 e outubro de 2010 não se obtiveram dados espectrais de nenhuma das formações.

Os dados de precipitação indicaram que a estação seca usualmente teve início em maio e se estendeu até setembro. Para os anos de 2002, 2003 e 2010, os valores pluviométricos foram baixos durante quase o ano inteiro (Figura 5.4).

PARNA Chapada das Mesas. Este parque mostrou uma diferença clara na resposta espectral da formação florestal em relação às outras duas formações. No entanto, a diferença entre os valores EVI das formações campestre e savânica foi mínima, mostrando curvas espectrais similares. O EVI destas formações variou entre 0,22 na seca e 0,53 na chuva. Segundo a Figura 5.5, a formação florestal mostrou ser mais sensível quanto à disponibilidade de água no ambiente, tendo aumento mais bruscos em função do aumento da precipitação. Em alguns anos não se obtiveram dados EVI na época de transição seca-chuva.

Quanto aos valores pluviométricos, observou-se que a estação seca teve início em maio ou junho, terminando geralmente em setembro ou outubro (Figura 5.5).

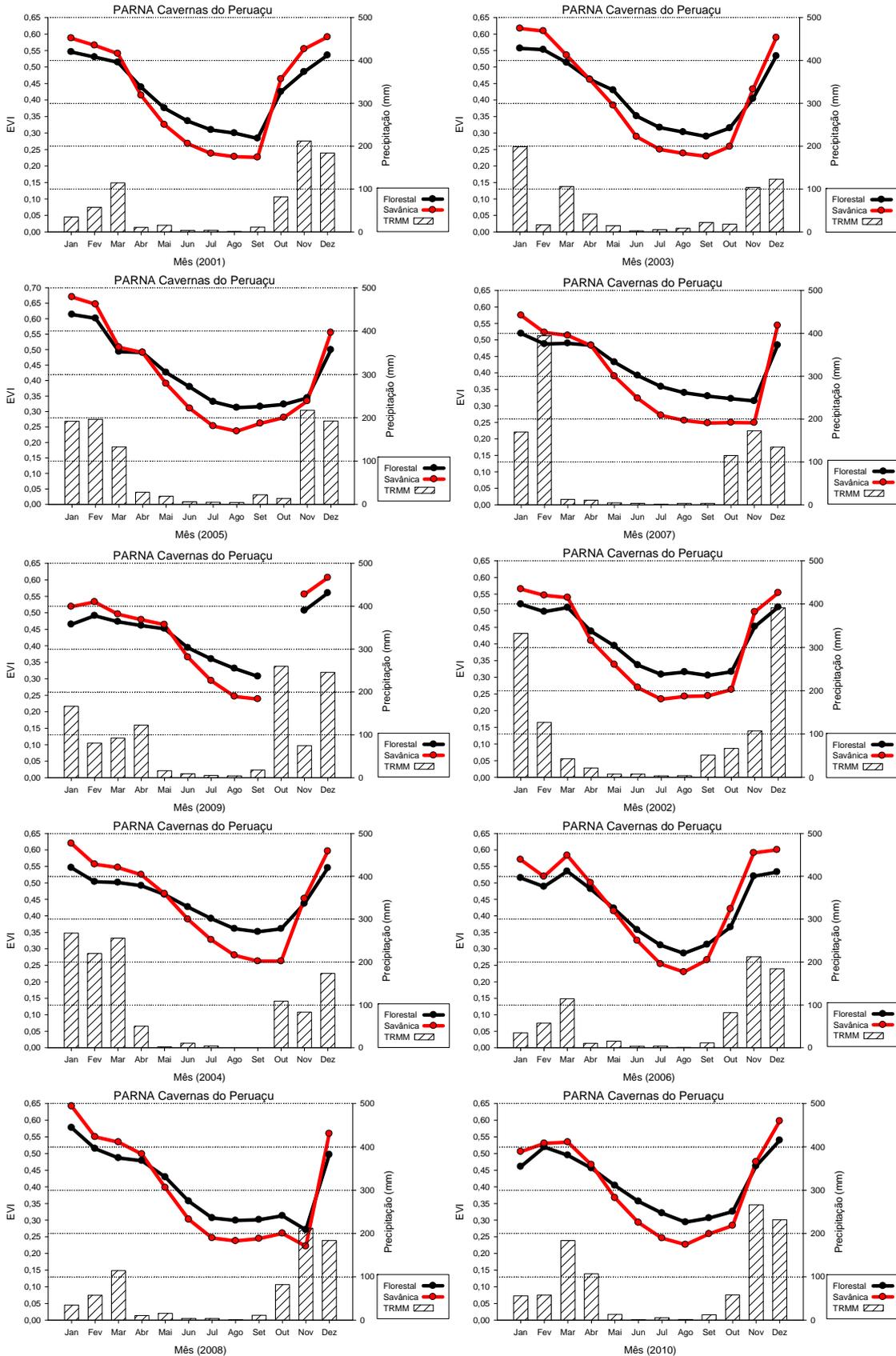


Figura 0.3 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Cavernas do Peruçu. Série temporal de 2001 a 2010.

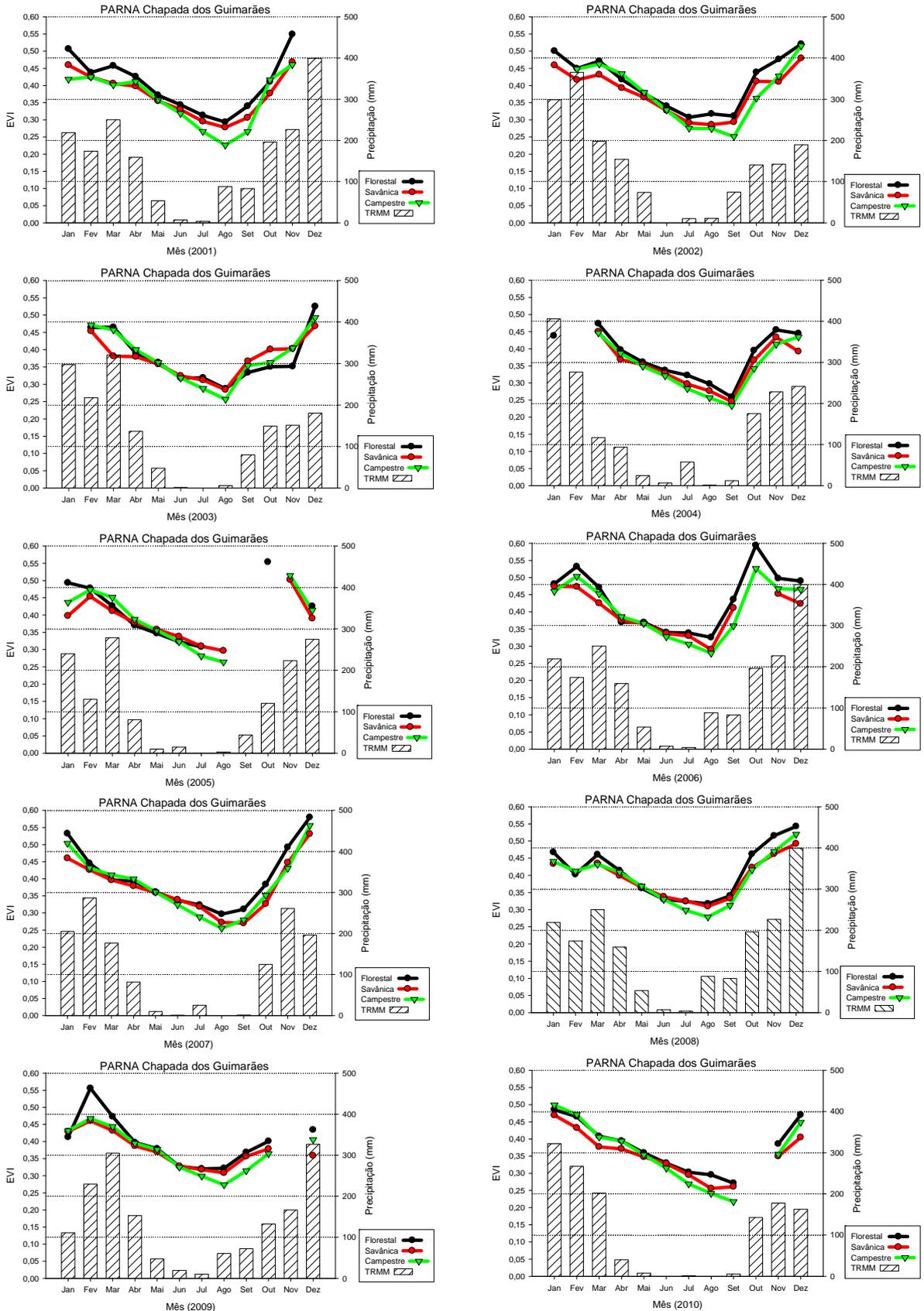


Figura 0.4 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Chapada dos Guimarães. Série temporal de 2001 a 2010.

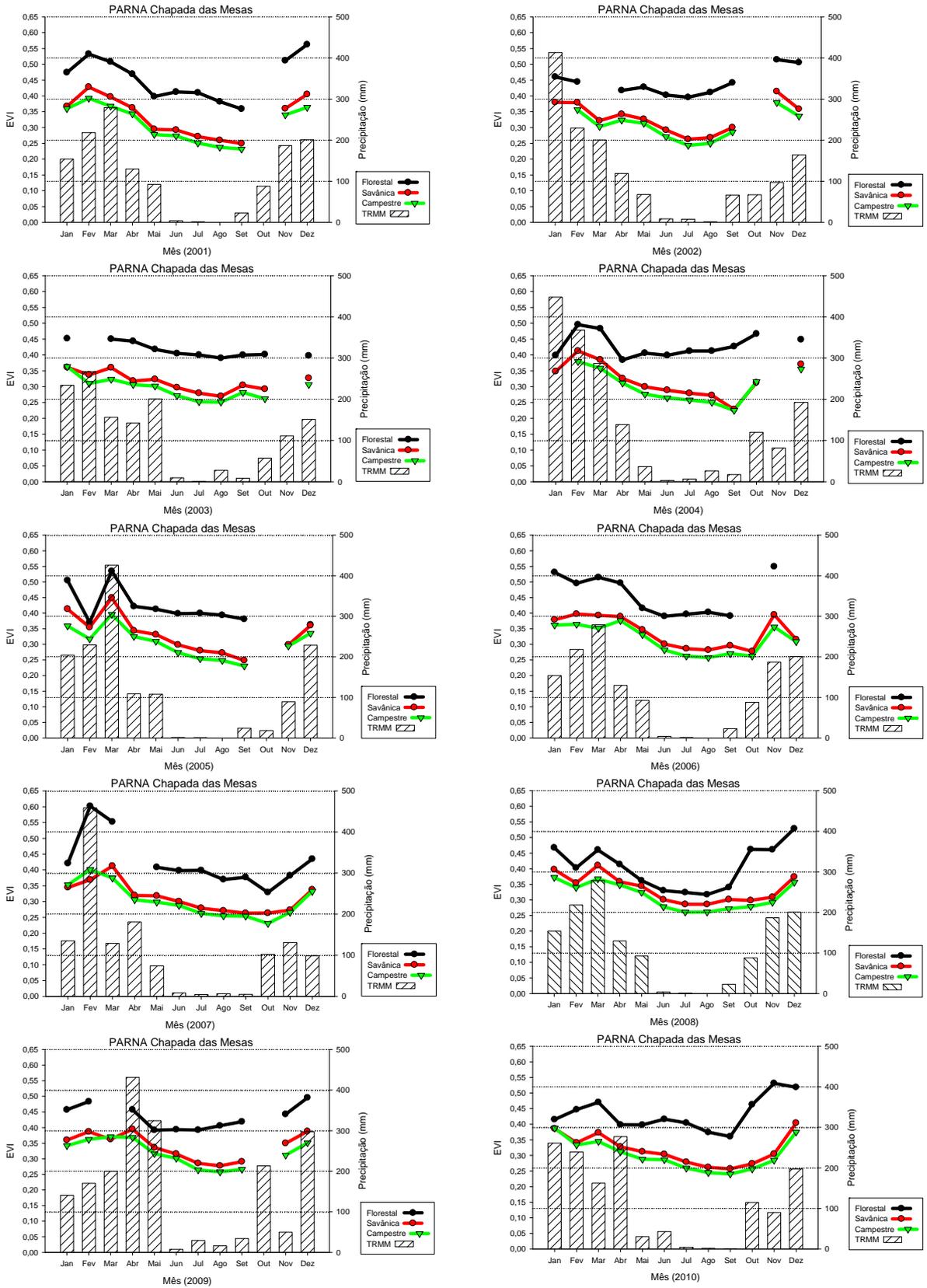


Figura 0.5 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Chapada das Mesas. Série temporal de 2001 a 2010.

PARNA Chapada dos Veadeiros. Os resultados mostraram um comportamento sazonal da vegetação em função da precipitação. Observou-se uma tendência do comportamento espectral da vegetação em função da quantidade de água no ambiente, isto é, quanto maior a precipitação maior o EVI da vegetação. Por outro lado, as respostas espectrais das três formações foram similares, variando entre 0,21 (seca) e 0,46 (chuva). Em novembro de 2001 e outubro de 2010, não se obtiveram dados espectrais para nenhuma das formações vegetacionais.

A estação seca teve início em abril e se estendeu até o mês de setembro na maioria dos anos. No entanto, a seca de 2007 sobressaiu pela sua longa duração (8 meses). Os valores mais baixos (próximos a zero) foram entre junho e agosto ao longo de quase todos os anos (Figura 5.6).

PARNA das Emas. Os resultados observados ressaltaram claramente a influência da precipitação na resposta espectral das três formações vegetacionais (Figura 5.7). Este foi outro dos parques cuja resposta espectral teve um padrão espectral ao longo do tempo. No entanto, observou-se que a curva EVI das formações florestal e savânica foi similar. O EVI das três formações atingiu seus valores máximos entre dezembro e janeiro, no meio da estação chuvosa. O ano 2010 sobressaiu por causa da queda brusca do EVI no mês de agosto.

O início da seca variou entre abril e maio, e o fim entre agosto e setembro. Por outro lado, os anos 2001, 2006 e 2008 se destacaram por ter períodos secos curtos, entre junho e agosto. A seca mais longa foi em 2005 (7 meses) e a mais severa em 2010 (Figura 5.7).

PARNA Grande Sertão Veredas. Neste parque não se observou um padrão espectral claro das formações vegetacionais. Quanto ao EVI da formação florestal, os resultados mostraram que variou entre 0,29 (seca) e 0,46 (chuva) (Figura 5.8). Já o EVI da formação savânica teve uma oscilação entre 0,24 (seca) e 0,41 (chuva). Por outro lado, cabe ressaltar que o EVI não teve declínios fortes durante a estação seca, mesmo durante períodos de seca severas como as de 2002, 2004 e 2007.

Os dados de precipitação mostraram que o início da seca foi geralmente em abril e se estendeu até setembro ou outubro na maioria dos anos. De igual forma, observou-se que os anos 2004 e 2007 apresentaram valores baixos de precipitação e uma seca mais forte que se estendeu por 8 meses (Figura 5.8).

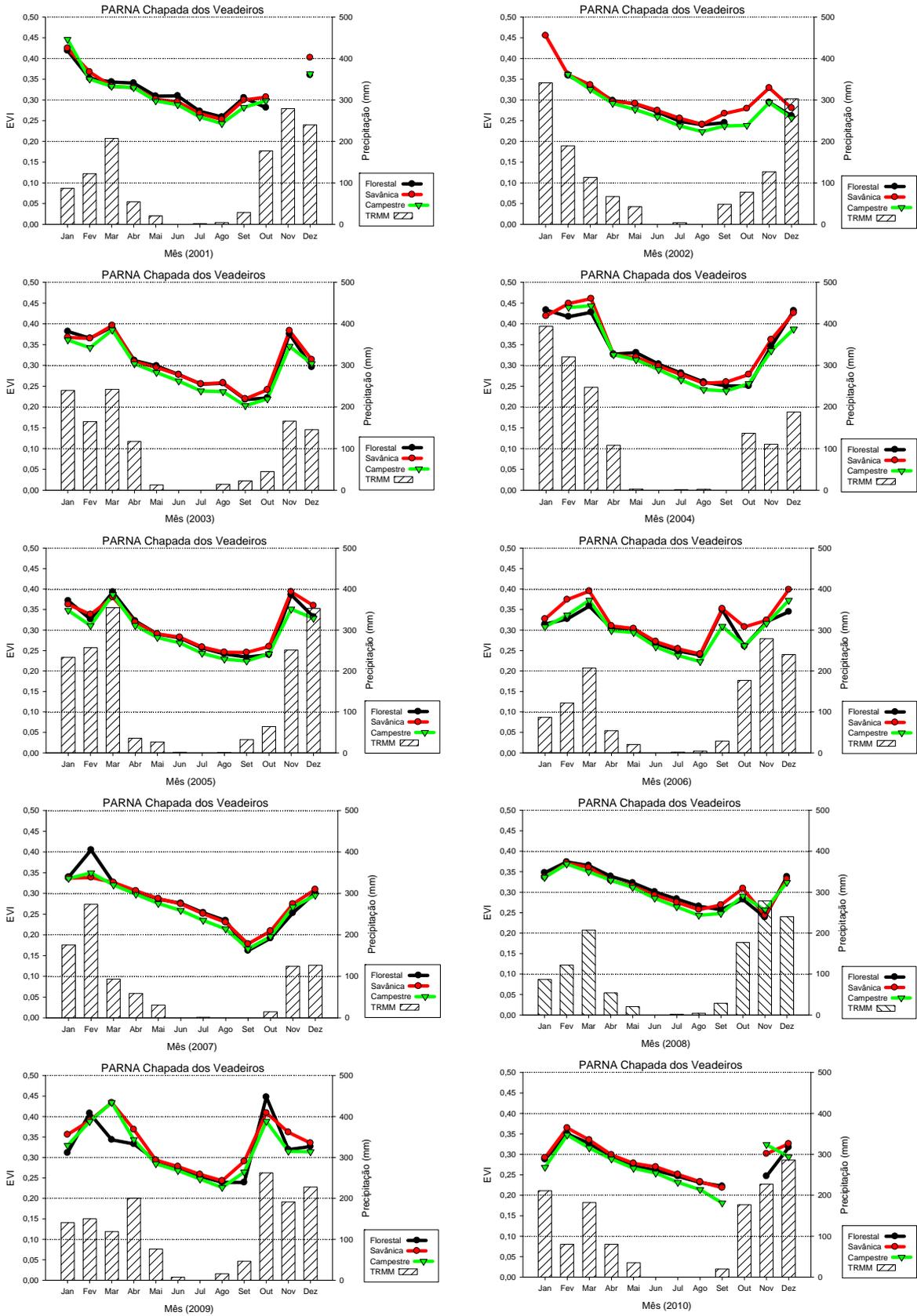


Figura 0.6 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Chapada dos Veadeiros. Série temporal de 2001 a 2010.

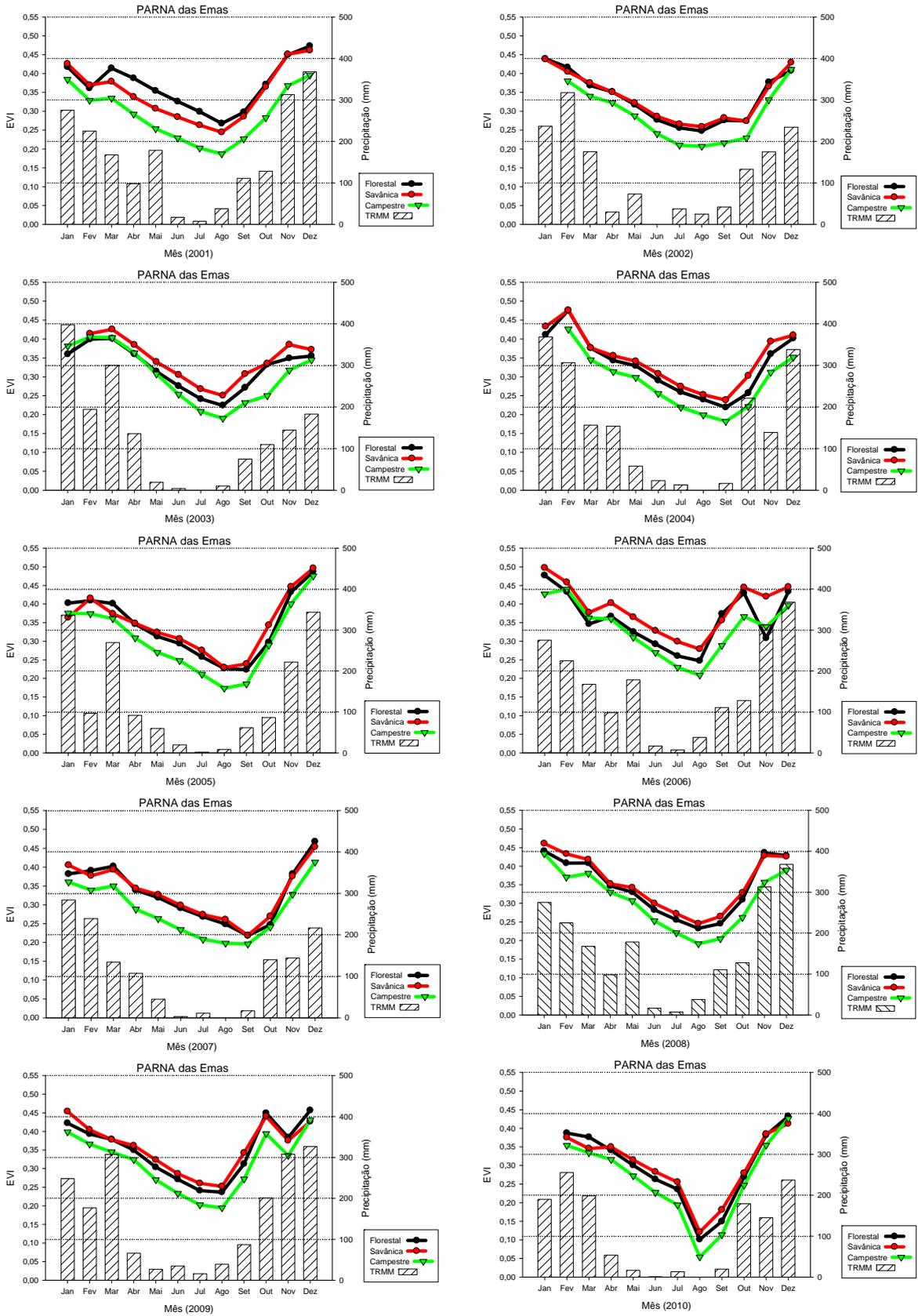


Figura 0.7 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA das Emas. Série temporal de 2001 a 2010.

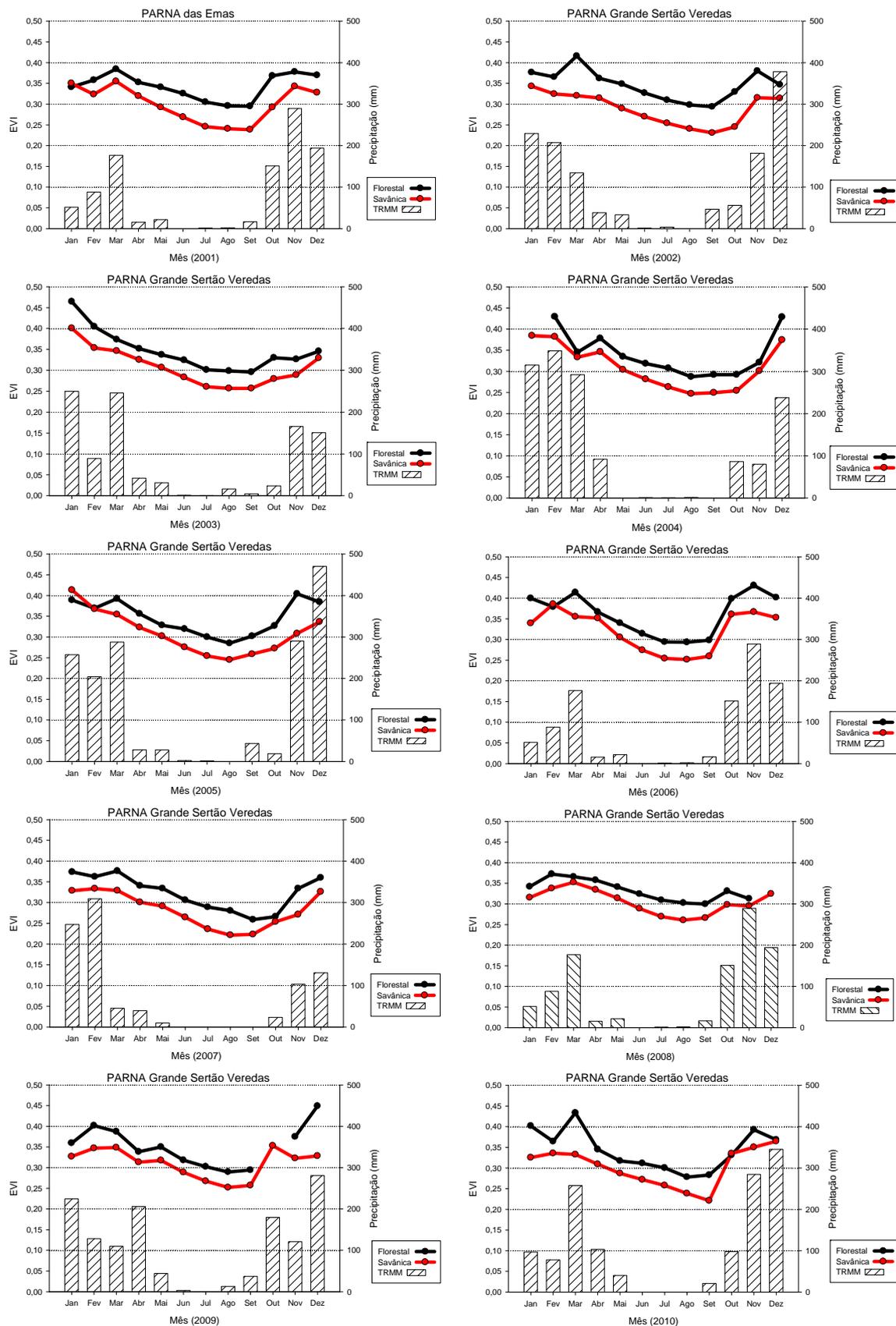


Figura 0.8 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Grande Sertão Veredas. Série temporal de 2001 a 2010.

PARNA Nascentes do rio Parnaíba. Segundo o mapeamento feito por Pinto et al. (2009), este parque possui formações florestal e savânica. Porém, houve problemas com o polígono da formação florestal e foi impossível obter dados espectrais para a mesma. Quanto à formação savânica, os resultados mostraram que o EVI oscilou entre 0,22 (seca) e 0,39 (chuva), mas sem declínios fortes na curva espectral (Figura 5.9). Este tipo de vegetação respondeu claramente à disponibilidade de água no ambiente, acompanhando a dinâmica sazonal da precipitação.

Os valores de precipitação indicaram que a seca se estendeu desde abril até setembro ou outubro ao longo do período de estudo. No entanto, alguns anos tiveram padrões diferentes, como 2004, com valores baixos até o mês de dezembro, 2007 com uma seca mais severa que durou 9 meses (março a novembro) e 2009 com a seca mais curta (4 meses) (Figura 5.9).

PARNA das Sempre-Vivas. O EVI da formação florestal variou entre 0,30 (seca) e 0,48 (chuva) (Figura 5.10). Já o EVI das formações savânica e campestre foi similar, variando entre 0,22 (seca) e 0,41 (chuva), gerando curvas espectrais semelhantes ao longo do tempo. No entanto, observou-se que os valores foram similares durante a estação seca e que, com o aumento da precipitação na estação chuvosa, o EVI da formação savânica aumentou mais do que a campestre. As três formações tiveram uma curva espectral em função da dinâmica da precipitação.

Quanto aos dados de precipitação, foi evidente que este parque teve vários anos com períodos secos longos. Em 2001, 2006 e 2008, a seca começou em janeiro e durou até setembro. Em 2002 e 2007, o período seco teve início em março e finalizou em novembro (Figura 5.10).

PARNA Serra da Bodoquena. Segundo a Figura 5.11, o EVI para as três formações foi similar, variando entre 0,27 (seca) e 0,71 (chuva). Não obstante, a leve diferença entre as formações se deu com o aumento da precipitação. Observou-se que as formações florestal e savânica tiveram um aumento na resposta espectral maior do que a campestre. De igual forma, foi notável a influência da disponibilidade hídrica no comportamento da vegetação. Finalmente, em agosto de quase todos os anos, o EVI atingiu seu valor mínimo e, no auge do período chuvoso (dezembro - janeiro), atingiu seu valor máximo.

A precipitação evidenciou que este parque teve vários anos com períodos de seca curtos. Por outro lado, em 2002 e 2007, a seca se estendeu por quase 8 meses. Os dados indicaram um padrão atípico em 2004, com um período seco entre julho e setembro e, depois, com períodos secos curtos, em janeiro e março (Figura 5.11).

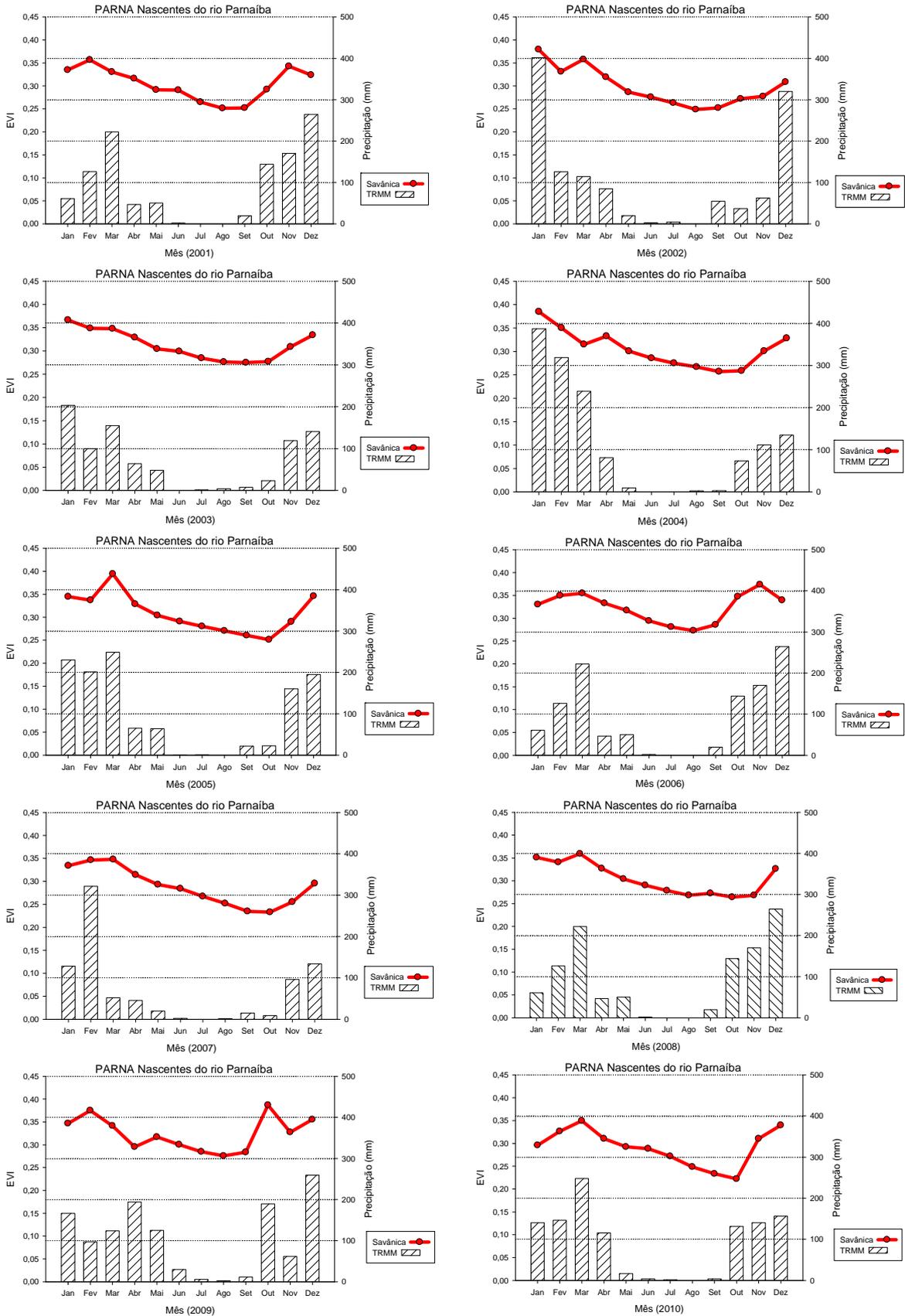


Figura 0.9 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Nascentes do rio Parnaíba. Série temporal de 2001 a 2010.

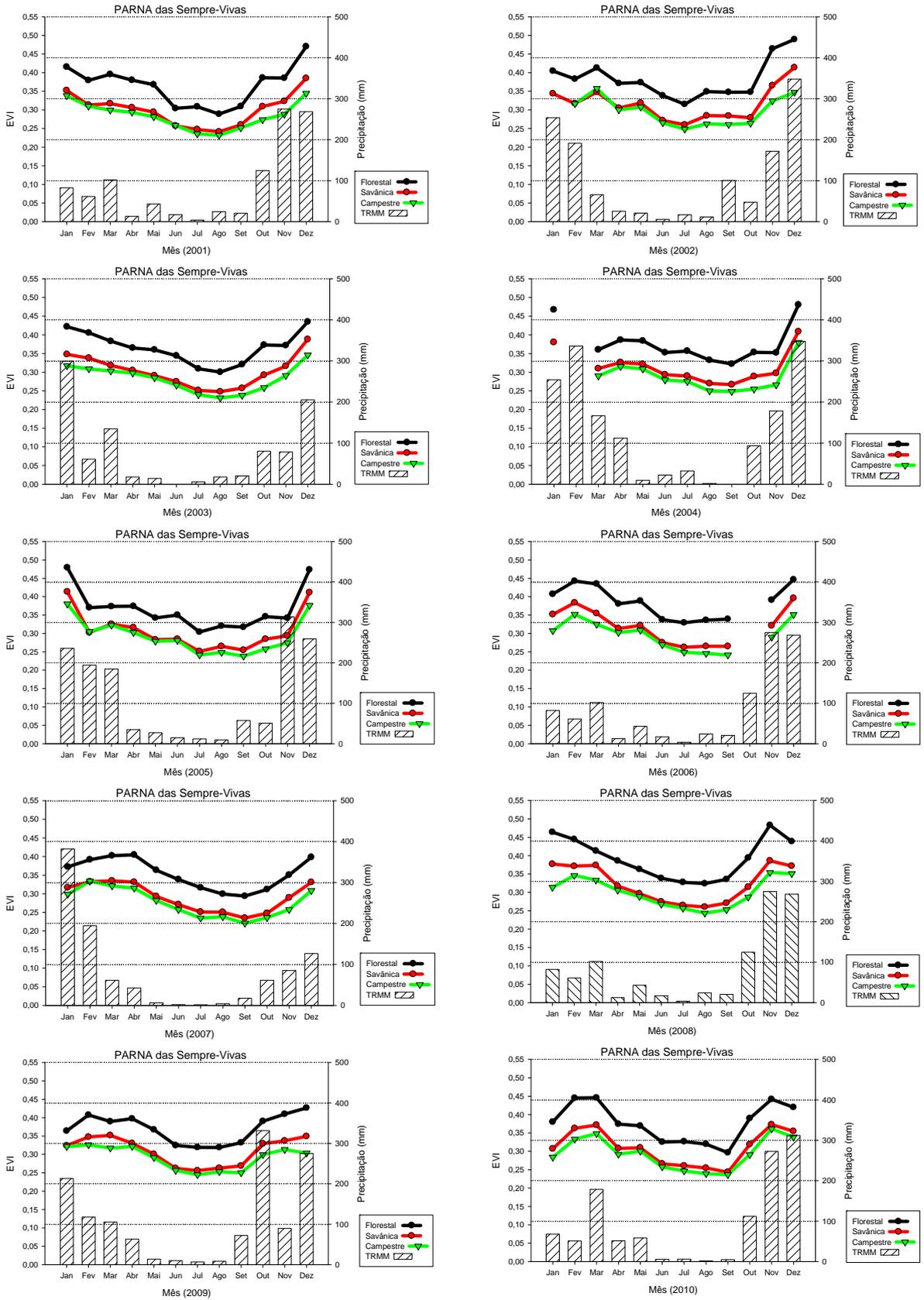


Figura 0.10 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA das Sempre-Vivas. Série temporal de 2001 a 2010.

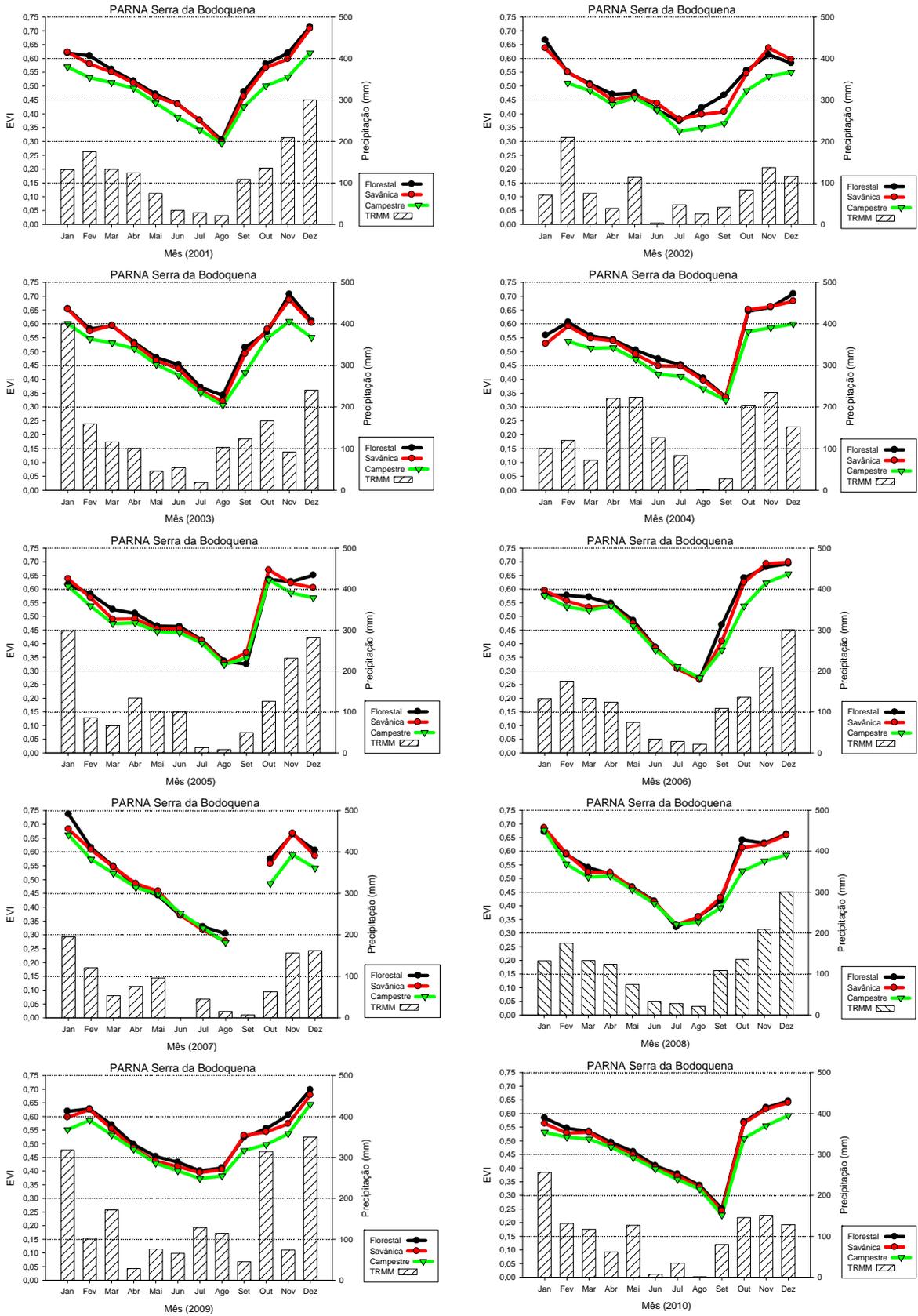


Figura 0.11 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Serra da Bodoquena. Série temporal de 2001 a 2010.

PARNA Serra da Canastra. Os resultados mostraram uma dinâmica diferente do EVI em relação aos outros parques. As curvas espectrais das formações florestal e campestre foram quase iguais. Entretanto, o EVI da formação campestre foi um pouco superior ao EVI da formação florestal, variando entre 0,28 (seca) e 0,54 (chuva) (Figura 5.12). Por outro lado, as três formações tiveram uma dinâmica espectral em função da disponibilidade de água no ambiente.

Quanto aos dados de precipitação, os resultados mostraram que o período se deu entre abril e setembro. Os valores indicaram uma precipitação máxima de 476 mm em janeiro de 2003 e uma mínima de 0 a 27 mm em junho de quase todos os anos (Figura 5.12).

PARNA Serra do Cipó. Neste parque, os resultados EVI mostraram curvas espectrais com diferenças entre as três formações ao longo do tempo. A formação florestal teve valores que variaram entre 0,30 (seca) e 0,55 (chuva), a campestre com valores variando entre 0,26 (seca) e 0,43 (chuva), e finalmente a savânica com valores variando entre 0,22 (seca) e 0,41 (chuva) (Figura 5.13). Os resultados mostraram que a dinâmica da curva espectral se deu em função à quantidade de precipitação.

Em relação aos valores de precipitação, os dados indicaram que a seca teve início em diferentes épocas do ano ao longo do período de estudo (março, abril e maio) e geralmente se estendeu até os meses de setembro ou outubro. O ano de 2007 sobressaiu por ter o período seco mais longo (8 meses) (Figura 5.13).

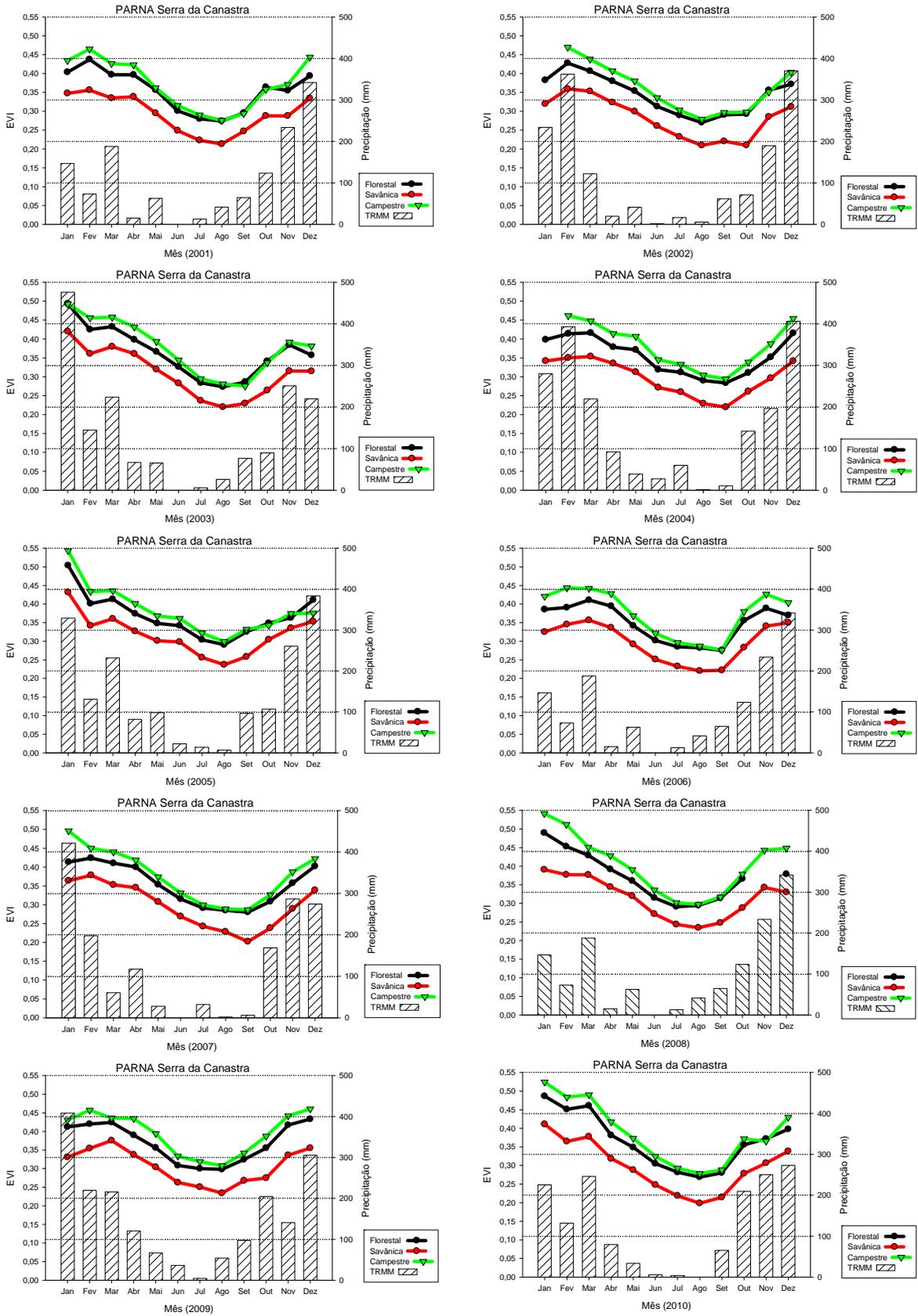


Figura 0.12 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Serra da Canastra. Série temporal de 2001 a 2010.

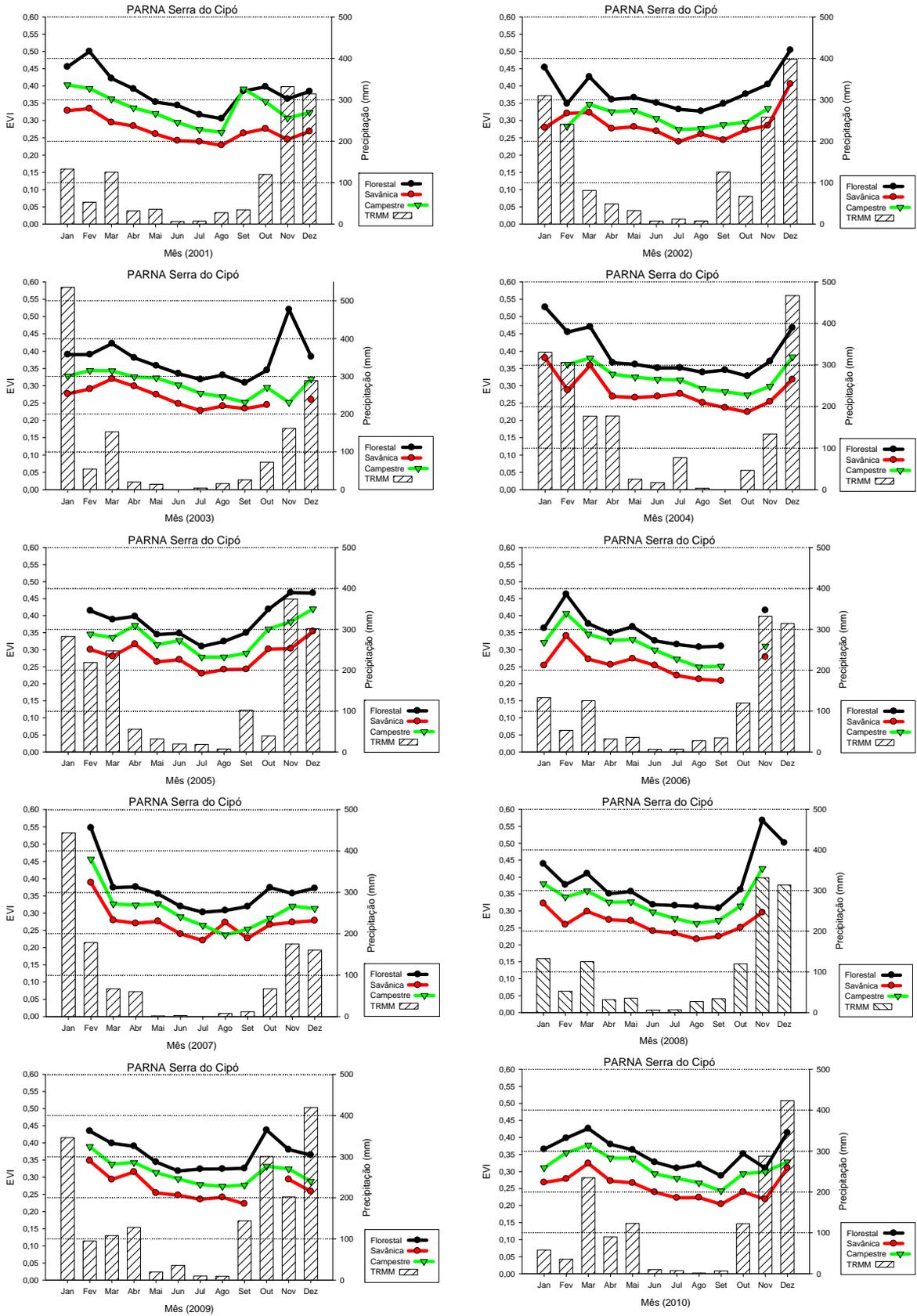


Figura 0.13 - Dados EVI e TRMM das formações vegetais do PARNA Serra do Cipó. Série temporal de 2001 a 2010.

5.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS PARNAS SEGUNDO O EVI

Os resultados obtidos a partir do teste paramétrico ANOVA foram organizados por tipo de formação, com o intuito de facilitar a explicação dos mesmos. De modo geral, foi aceita a hipótese testada (H1), encontrando diferenças entre as médias mensais de EVI, na estação seca e na estação chuvosa dos PARNAs do Cerrado. As tabelas com os resultados brutos da análise de variância e as médias brutas por formação - estação, são encontrados no Anexo A.

Formação campestre. As médias mensais de EVI no período chuvoso foram maiores no PARNA Serra da Bodoquena, seguido por Serra da Canastra e Chapada dos Guimarães. Os outros PARNAs apresentaram valores intermediários e não foram estatisticamente diferentes entre si, com exceção de Chapada dos Veadeiros e Sempre-Vivas que tiveram valores de EVI significativamente menores na chuva em relação aos outros parques ($p < 0,01$) (Tabela 5.1).

Para a estação seca, a dinâmica foi parecida. As médias mensais de EVI do PARNA Serra da Bodoquena também foram as maiores, seguido por Chapada dos Guimarães e Serra da Canastra. Quanto aos outros PARNAs, alguns apresentaram valores intermediários e não foram diferentes entre si. No entanto, Chapada dos Veadeiros e Sempre-Vivas, Brasília e Emas tiveram, respectivamente, valores de EVI significativamente menores em relação aos outros parques ($p < 0,01$) (Tabela 5.2).

Tabela 0.1 - Formação campestre dos PARNAs do Cerrado na estação chuvosa. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).

Parque Nacional	média 2001 -2010	Grupos segundo a diferença significativa
Serra da Bodoquena	0,5473	A
Chapada dos Guimarães	0,4361	B
Serra da Canastra	0,4309	B
Emas	0,3583	C
Brasília	0,3515	C D
Serra do Cipó	0,3416	C D
Chapada das Mesas	0,3389	C D
Chapada dos Veadeiros	0,3330	D
Sempre Vivas	0,3153	D

Tabela 0.2 - Formação campestre dos PARNAs do Cerrado na estação seca. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).

Parque Nacional	média 2001 - 2010	Grupos segundo a diferença significativa			
Serra da Bodoquena	0,3772	A			
Serra da Canastra	0,3222	B			
Chapada dos Guimarães	0,3063	B	C		
Serra do Cipó	0,2906	C			
Chapada das Mesas	0,2695	C			D
Sempre -Vivas	0,2591	D			
Chapada dos Veadeiros	0,2537	D			
Brasília	0,2477	D			E
Emas	0,2261	E			

Formação florestal. O PARNA Serra da Bodoquena destacou-se por ter as maiores médias mensais de EVI no período chuvoso, seguido por Cavernas do Peruaçu e Chapada das Mesas. Os outros PARNAs apresentaram valores intermediários e não foram estatisticamente diferentes entre si, com exceção dos PARNAs Emas, Grande Sertão Veredas e Chapada dos Veadeiros que tiveram valores de EVI significativamente menores na chuva em relação aos outros parques ($p < 0,01$) (Tabela 5.3).

Quanto à estação seca, as maiores médias mensais de EVI foram no PARNA Araguaia, seguido por Serra da Bodoquena e Chapada das Mesas. Já os outros PARNAs apresentaram valores intermediários e não foram diferentes entre si, com exceção de Emas e Chapada dos Veadeiros que tiveram valores de EVI significativamente menores em relação aos outros parques ($p < 0,01$) (Tabela 5.4).

Formação savânica. As médias mensais de EVI no período chuvoso foram maiores no PARNA Serra da Bodoquena, seguido por Cavernas do Peruaçu, Chapada dos Guimarães e Emas. Os outros PARNAs apresentaram valores intermediários e não foram diferentes entre si, com exceção de Nascentes do rio Parnaíba, Araguaia e Serra do Cipó que tiveram valores de EVI significativamente menores na chuva em relação aos outros parques ($p < 0,01$) (Tabela 5.5).

Para a estação seca, as médias mensais de EVI do PARNA Serra da Bodoquena foram as maiores, seguido por Chapada dos Guimarães e cavernas do Peruaçu. Quanto aos outros PARNAs, apresentaram valores intermediários e não foram diferentes entre si. No entanto, os PARNAs Grande Sertão Veredas, Serra da Canastra, Brasília e Serra do Cipó tiveram,

respectivamente, valores de EVI significativamente menores na estação seca em relação aos outros parques ($p < 0,01$) (Tabela 5.6).

Tabela 0.3 - Formação florestal dos PARNAs do Cerrado na estação chuvosa. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).

Parque Nacional	média 2001 -2010	Grupos segundo a diferença significativa			
Serra da Bodoquena	0,5968	A			
Cavernas do Peruaçu	0,4837	B			
Chapada das Mesas	0,4636	B	C		
Araguaia	0,4551	C			
Chapada dos Guimarães	0,4539	C			
Serra do Cipó	0,4077	D			
Sempre -Vivas	0,4035	D			
Serra da Canastra	0,4027	D			
Brasília	0,3990	D			
Emas	0,3908	D E			
Grande Sertão Veredas	0,3720	E			
Chapada dos Veadeiros	0,3345	F			

Tabela 0.4 - Formação florestal dos PARNAs do Cerrado na estação seca. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).

Parque Nacional	média 2001 -2010	Grupos segundo a diferença significativa			
Araguaia	0,4374	A			
Serra da Bodoquena	0,4041	B			
Chapada das Mesas	0,3936	B			
Cavernas do Peruaçu	0,3496	C			
Sempre -Vivas	0,3330	C D			
Serra do Cipó	0,3322	C D			
Chapada dos Guimarães	0,3304	C D			
Brasília	0,3147	D			
Grande Sertão Veredas	0,3085	D			
Serra da Canastra	0,3083	D			
Emas	0,2701	E			
Chapada dos Veadeiros	0,2673	E			

Tabela 0.5- Formação savânica dos PARNAs do Cerrado na estação chuvosa. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).

Parque Nacional	média 2001 -2010	Grupos segundo a diferença significativa		
Serra da Bodoquena	0,5874	A		
Cavernas do Peruaçu	0,5127	B		
Chapada dos Guimarães	0,4208	C		
Emas	0,3977	C		
Chapada das Mesas	0,3598	D		
Brasília	0,3555	D	E	
Chapada dos Veadeiros	0,3461	D	E	
Serra da Canastra	0,3408	D	E	
Sempre -Vivas	0,3389	D	E	
Grande Sertão Veredas	0,3342	D	E	
Nascentes do rio Parnaíba	0,3286		E	
Araguaia	0,3169		E	F
Serra do Cipó	0,2924			F

Tabela 0.6- Formação savânica dos PARNAs do Cerrado na estação seca. Grupos gerados pela diferença entre as médias mensais de EVI (teste ANOVA - Tukey).

Parque Nacional	média 2001 -2010	Grupos segundo a diferença significativa		
Serra da Bodoquena	0,3948	A		
Chapada dos Guimarães	0,3211	B		
Cavernas do Peruaçu	0,2917	C		
Chapada das Mesas	0,2897	C	D	
Emas	0,2822	C	D	
Nascentes do rio Parnaíba	0,2780	C	D	
Araguaia	0,2735	C	D	
Sempre -Vivas	0,2713	C	D	
Chapada dos Veadeiros	0,2691	C	D	
Grande Sertão Veredas	0,2654		D	
Serra da Canastra	0,2531		D	
Brasília	0,2483		D	
Serra do Cipó	0,2454		D	

6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

6.1 - DESCRIÇÃO DOS PARNAS A PARTIR DE DADOS EVI E TRMM

De modo geral, o EVI das formações vegetacionais dos PARNAs do cerrado apresentou uma flutuação temporal periódica que coincidiu com a flutuação temporal da precipitação. Desta forma, os picos de EVI ocorreram entre os meses de novembro e janeiro, o que concorda com resultados encontrados por Goltz et al. (2007), que afirmaram que é nessa época do ano em que o desenvolvimento vegetativo atinge a plenitude. Os valores mais baixos observados na estação seca e mais altos na estação úmida são esperados e concordam com o que já foi descrito por outros autores para o Cerrado, como Ferreira et al. (2003). Segundo Carvalho et al. (2008), esse padrão ocorre porque os índices são proporcionais à atividade fotossintética, apresentando valores maiores quando a atividade fotossintética é maior e há mais biomassa verde.

Este resultado tem uma importância muito grande em termos de manejo e gestão das áreas protegidas, uma vez que, segundo Huete et al. (2002), o EVI representa a produtividade primária do sistema, base da produtividade dos demais segmentos da cadeia alimentar. Viglizzo & Frank (2006) afirmaram que este tipo de informação pode também auxiliar nos trabalhos de valoração tanto econômica quanto ecológica de uma região. No entanto, estudos complementares com outros produtos como MOD13 (NDVI), MOD15 (índice de área foliar) e MOD17 (produtividade primária líquida), podem e devem ser desenvolvidos com o intuito de obter dados mais consistentes sobre as áreas protegidas e/ou com potencial de conservação.

Por outro lado, a flutuação do EVI ao longo do ano também expressa o comportamento fenológico da vegetação. Canavesi et al. (2005), afirmaram que essas características podem ser identificadas como: (1) aumento da atividade fotossintética, (2) máximo vigor vegetativo e (3) região de estresse fisiológico. Portanto, o máximo vigor vegetativo é caracterizado por uma atividade fotossintética máxima, o qual seria expresso nos resultados deste trabalho como o valor máximo de EVI encontrado no período chuvoso dos PARNAs.

De acordo com Ponzoni (2001), a resposta da vegetação nessa fase é um alto conteúdo de clorofila nas folhas, absorvendo grandes quantidades de energia na região do vermelho. Já no infravermelho, a folha saudável apresenta uma alta reflectância devido ao arranjo dos espaços intercelulares e conteúdo de água nas folhas. A radiação que penetra na folha é espalhada em grande parte devido à combinação da reflexão celular interna, decorrente das irregularidades das paredes externas das células e da diferença entre os índices de refração ar/água (1 e 1,33 respectivamente) nas células túrgidas.

Quando a folha passa por um estresse hídrico, no caso, o período seco, há perda de parte da clorofila, o que dá a aparência amarela das folhas. O pico de reflectância não ocorre mais no verde, ele caminha para a região do vermelho, aumentando a reflectância nessa faixa do espectro (PONZONI, 2001). Na região do infravermelho, a vegetação em situação de estresse pode refletir menos devido a alterações nos índices de refração ou pela perda da estrutura interna da folha decorrente da falta de água. Segundo Jensen (1996), essa diferença nas curvas da vegetação seca e saudável é que permite a aplicação de índices de vegetação para o monitoramento de mudanças na paisagem.

Outra questão importante que se observou nos resultados foi o comportamento espectral das formações florestais, que indicou uma menor variação sazonal relativa devido talvez à maior presença tanto de biomassa verde quanto estrutural ao longo do ano. Ferreira et al (2006) afirmaram que, de modo geral, à medida que se desloca em direção à fitofisionomias mais arborescentes, há uma tendência crescente de diferenciação entre os padrões de resposta temporal dos índices de vegetação, mais relacionados a parâmetros superficiais da vegetação (ex. % de cobertura verde).

De acordo com Ratana et al. (2005), o efeito de verdejamento tende a ser menor para as formações herbáceas do que para fitofisionomias de estrato arbóreo devido ao fluxo mais acelerado de crescimento que ocorre com as espécies arbóreas, o que concorda com os baixos valores de EVI encontrados na formação campestre dos PARNAs, a qual, segundo Ribeiro & Walter (1998; 2008), corresponde a áreas com espécies herbáceas, eventualmente com algumas espécies arbustivas, mas sem espécies arbóreas na paisagem e com menos de 5% de cobertura arbustiva. Portanto, o EVI poderia ser considerado como uma ferramenta eficiente para identificar as fitofisionomias, o que por sua vez, permitiria identificar áreas com maior diversidade vegetacional.

Entretanto, os resultados mostraram que, em alguns PARNAs como Chapada dos Veadeiros e Serra da Bodoquena, as curvas espectrais das três formações vegetacionais tiveram comportamentos similares. Além destes, a formação campestre da Serra da Canastra mostrou valores de EVI maiores do que a florestal. Esses resultados podem ter sido influenciados por fatores bióticos e abióticos próprios de cada área, e portanto, se faz necessário pesquisas mais detalhadas.

Por fim, quanto à resposta espectral da vegetação observada nos PARNAs, é importante mencionar que a mesma pode ter um retardo temporal com relação à precipitação, o que explicaria a diferença nas flutuações de EVI ao longo do ano para cada um dos parques. Uma pesquisa feita por Adami et al. (2008) encontraram correlação positiva entre EVI de amostras

da vegetação do Cerrado e a precipitação no período de chuva. Os resultados apontaram que o tempo necessário, para que a vegetação alcançasse o máximo de resposta espectral, tinha coincidido com o tempo em que a precipitação havia alcançado o seu máximo. Segundo os autores, diversas fitofisionomias que recebem diferentes quantidades de chuva, em locais distintos, respondem diferentemente quanto ao retardo na resposta espectral. Resultados semelhantes foram apresentados graficamente por Antunes & Esquerdo (2007) e Goltz et al. (2007).

Nesse sentido, Ribeiro et al. (2009) encontraram que a vegetação necessita de certo período para responder às adversidades climáticas, isto é, há necessidade de que ocorra um intervalo de tempo entre a época chuvosa e um acúmulo de biomassa verde, por exemplo. Essa defasagem temporal entre causa (chuva) e efeito (acúmulo de biomassa verde) é necessária para a recuperação da capacidade fotossintética e produção de carboidratos estruturais destinados à formação de folhas. Portanto a defasagem deve ser considerada quando se tem como objetivo estabelecer uma relação numérica entre vegetação e variáveis climáticas.

Quanto à precipitação observada nos PARNAs, os resultados mostraram claramente a dinâmica sazonal do bioma Cerrado, identificando o começo e fim dos períodos seco e chuvoso e ressaltando sua influência na dinâmica espectral do EVI, o que concorda com a literatura. Segundo Larcher (2000), fatores climáticos, como temperaturas excessivamente altas ou baixas e precipitação deficiente, são significativas fontes de estresse abiótico. Lee et al. (2002) afirmaram que mudanças sazonais na disponibilidade dos recursos naturais atuam de forma potencializadora ou limitante no crescimento da vegetação, alterando a taxa de acumulação de biomassa e a taxa de senescência, ressaltando a importância da utilização dos dados de precipitação.

No bioma Cerrado, variações meteorológicas como a pluviosidade, são acompanhadas por mudanças fisiológicas da vegetação. De acordo com Rizzini (1976), as plantas tendem a perder uma parte da biomassa (senescência ou abscisão foliar) no período que precede a época de estresse. Essa perda de folhas ocorre anualmente, mas de maneira gradual, não ficando o conjunto totalmente desfolhado. Isto explicaria a dinâmica observada na curva espectral do EVI, que mostrou valores baixos no início da estação seca para todos os PARNAs (Gráficos 5.1 a 5.13).

Pode-se observar também que o satélite TRMM é capaz de representar a sazonalidade, fazendo uma distinção evidente entre o período seco e o período chuvoso. Isso já é um indício forte de que o dado de satélite é relativamente consistente, sendo possível inferir aspectos do

regime hidrológico a partir do mesmo. Isto concorda com uma pesquisa feita por Collischonn (2006), na qual se afirmou que o satélite acompanha a variação sazonal da precipitação, distinguindo meses úmidos de meses secos. Segundo o autor, uma vantagem adicional das estimativas de precipitação por satélite é o número insignificante de falhas nas séries temporais, além de destacar que esse tipo de dado é consistente, conseguindo reproduzir corretamente a oscilação temporal e espacial das precipitações. Também afirmou que é razoável supor que a estimativa de satélite pode: (i) complementar as informações da rede pluviométrica quando existem falhas; (ii) suprir com dados a cobertura de áreas deficientes em termos espaciais e temporais; (iii) melhorar a estimativa da variabilidade espacial. Nesse contexto, pode-se afirmar que os dados TRMM obtidos para este trabalho podem ser vistos como dados consistentes que podem servir para representar a sazonalidade dos PARNAs do Cerrado.

Entretanto, a baixa resolução espacial do satélite TRMM não permitiu estabelecer uma correlação com os dados EVI, o que se torna uma desvantagem na hora de utilizar este tipo de dados de precipitação em áreas potenciais de conservação com tamanho inferior à sua resolução. Diversos autores (TUCCI 1993; JOYCE et al., 2004; ARAUJO, 2006) apontaram que o sensoriamento remoto da chuva está sujeito a erros causados por diversos fatores, desde os erros instrumentais, como por exemplo, erros de calibração do equipamento, as medições de ruídos, até a alta complexidade e variabilidade na relação de medida dos parâmetros da chuva. Além disso, esses instrumentos podem estar medindo naturezas diferentes do fenômeno da precipitação que está realmente ocorrendo numa região.

Finalmente, pode-se afirmar que a sazonalidade climática constatada por este estudo, analisada em conjunto com dados multitemporais EVI permite afirmar que o acúmulo de biomassa verde (representada pelos valores máximos encontrados nas séries EVI) está relativamente sincronizado com a precipitação, havendo maior acúmulo durante o verão (período chuvoso) e caducifolia durante o inverno (período seco), o que concorda com os resultados encontrados por Ribeiro et al. (2009), os quais analisaram as correlações entre dados multitemporais EVI de uma área de cultivo agrícola e outra de floresta natural com as variáveis climáticas (pluviosidade, temperatura, fotoperíodo e umidade relativa) segundo diferentes níveis de defasagem temporal.

6.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS PARNAS A PARTIR DO EVI

Os resultados do teste paramétrico indicaram diferentes agrupamentos em função da média de EVI segundo a estação e a formação vegetacional (Tabelas 5.1 a 5.6). Entretanto,

tendo em conta que o máximo vigor vegetativo é alcançado no período chuvoso e que a formação florestal indica menor variação sazonal relativa, devido talvez à maior presença tanto de biomassa verde quanto estrutural ao longo do ano, se decidiu destacar a classificação dos PARNAs do Cerrado de acordo ao EVI da formação florestal na estação chuvosa.

Portanto, os resultados em função do EVI indicaram a seguinte ordem de classificação: Serra da Bodoquena (maior média de EVI), Cavernas do Peruaçu, Chapada das Mesas, Araguaia, Chapada dos Guimarães, Sempre-Vivas, Serra do Cipó, Serra da Canastra, Brasília, Emas, Grande Sertão Veredas e Chapada dos Veadeiros (menor média de EVI) (Tabela 5.3).

Os resultados corroboram o valor do PARNA Serra da Bodoquena (grupo A) (Tabela 5.3), o qual é tido como área prioritária para a conservação do Cerrado e Mata Atlântica, dado que está situada em zona de contato entre esses biomas, sendo aí encontradas a vegetação do tipo savana e floresta estacional semidecidual (MACHADO et al., 2004b).

Sano et al. (2009) destacaram a importância da criação de novos PARNAs que contemplem formações florestais, como as que predominam em Serra da Bodoquena, e formações campestres, como as que predominam no PARNA das Emas, que por sua vez, é o único PARNA do Cerrado onde predomina uma fitofisionomia pouco representada em Parques Nacionais.

Um segundo grupo destaca os PARNAs Cavernas do Peruaçu e Chapada das Mesas (grupo B) (Tabela 5.3). O primeiro, é umas das três unidades de conservação que protegem a bacia do Rio Peruaçu com uma área de aproximadamente 56.800 ha e ocupando parte dos territórios dos municípios de Januária, Itacarambi e São João das Missões. Além de abrigar elevada biodiversidade, o Vale do Peruaçu possui um conjunto de cavernas e sítios arqueológicos que é extremamente importante nacional e internacionalmente, havendo poucos locais no mundo que reúnam estes atrativos de modo tão magnífico (MMA/IBAMA, 2005).

Segundo Ferreira et al. (2008), devido ao relativo isolamento e à existência de um importante mosaico de unidades de conservação, a região norte de Minas Gerais ainda mantém áreas significativas de vegetação nativa, num rico ecótono de Cerrado e Caatinga. Isto concorda com a classificação obtida a partir do EVI, a qual destaca o valor do PARNA Cavernas do Peruaçu em termos de biomassa da vegetação.

Quanto ao PARNA Chapada das Mesas, localizado no norte do bioma, especificamente no estado do Maranhão, se destaca por estar em uma área de transição com a floresta amazônica. Essa característica agrega valor ecológico a esta unidade de conservação. Porém, é difícil encontrar na literatura estudos com relação ao estado de conservação deste parque, os quais poderiam utilizar ferramentas como o EVI, com o intuito de compreender a dinâmica da

vegetação, além de fornecer informação relevante para a gestão e o planejamento ambiental da região.

Igualmente, a classificação segundo a média de EVI, mostrou grupos intermediários (grupos C e D) com destaque para o PARNA Araguaia, o qual também se localiza em área de transição. De acordo com Sano et al. (2009), o PARNA do Araguaia localiza-se numa das regiões mais bem preservadas do Cerrado, de difícil acesso e distante dos grandes centros urbanos e consumidores. Entretanto, Machado et al. (2004b) afirmaram que o parque enfrenta problemas como conflitos devidos à sobreposição de sua parte sul pelo Parque Indígena do Araguaia, onde índios caçam e pescam, pastoreio sazonal pelo gado das áreas vizinhas, pesca predatória, captura de ovos de tartaruga e a presença de outros caçadores.

Embora os PARNAs objeto deste estudo estejam situados em contextos regionais de uso e ocupação da terra diferentes, como o PARNA das Emas, em região de intensiva produção agrícola, e o PARNA Chapada dos Veadeiros, em região de acesso mais difícil, pode se inferir que o teste paramétrico utilizado consegue diferenciar os PARNAs em função do EVI e, portanto, esta ferramenta poderia ser utilizada em áreas potenciais de conservação, estabelecendo uma ordem de importância em função da maior ou menor biomassa da vegetação e da riqueza estrutural expressada através deste índice.

Contudo, como já foi mencionado, é importante realizar estudos complementares utilizando outros produtos MODIS, com o intuito de obter dados mais consistentes. Além disso, é importante mencionar que a metodologia utilizada para estabelecer esta classificação dos PARNAs deve ser considerada como experimental, pois existem outros testes estatísticos que podem gerar outro tipo de classificação das áreas de conservação.

6.3 - EVI, SAZONALIDADE E GESTÃO DE UCS

Existe uma ampla discussão sobre os critérios mais adequados que devem ser adotados para a seleção de áreas a serem protegidas. Existem critérios considerando a biogeografia, conservação genética das espécies, os ecossistemas e até mesmo aspectos políticos voltados para a questão do turismo. É claro que a definição de um método e critério depende do objetivo a ser alcançado nos espaços territoriais protegidos.

Tendo em vista que os recursos para a conservação da biodiversidade são escassos, é necessário escolher áreas prioritárias para o investimento e atuação do Poder Público e da sociedade civil. Entretanto, é importante enfatizar que, conforme lembrou Bensusan (2006), o senso de oportunidade acaba sendo considerado juntamente com os critérios técnicos de seleção de locais para o estabelecimento de UCS.

Ganem (2011) concordou no sentido de que quando há uma área contendo ecossistemas significativos, disponível para a criação de uma área protegida, aproveita-se para estabelecer a sua proteção, independente de cumprir todos os critérios técnicos adotados. Para a autora, tal procedimento pode ser questionável a princípio, entretanto, posteriormente, percebe-se que ele é justificável e recomendável, tendo em vista a necessidade de um maior número de áreas protegidas para auxiliar no aumento de ambientes preservados e na conexão entre as áreas, para uma efetiva conservação da biodiversidade.

Neste contexto, é possível identificar três aspectos principais envolvidos na seleção de UCs: ecológicos, econômicos e político-institucionais. De acordo com Morsello (2008), o aspecto ecológico, objeto do presente trabalho, é considerado o principal objetivo na proteção da biodiversidade, implicando na localização das áreas protegidas em áreas de alto valor para a conservação. Do mesmo modo, a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e abordagens com base nas teorias da Ecologia de Paisagem são importantes no planejamento das UCs e no monitoramento das atividades de conservação (DOBROVOLSKI et al., 2006), além de ter vantagens como o baixo custo e acessibilidade dos dados.

Por tudo isto, os resultados deste trabalho permitiram avaliar a eficiência do EVI como um instrumento para diferenciar os PARNAs com maior densidade de biomassa da vegetação, expressado, nesta análise, pela média de EVI da formação florestal no período chuvoso. Além disso, junto com os dados de precipitação TRMM, o EVI conseguiu caracterizar de forma eficiente a sazonalidade dos PARNA do Cerrado.

Não obstante, deve-se ter em conta que, como foi observado nos resultados, o Cerrado não é homogêneo e que cada microambiente pode apresentar peculiaridades que influenciam no perfil sazonal de respostas fotossintéticas, mesmo que haja similaridade florística entre as diversas regiões.

Quanto à sazonalidade, diversos autores (FERREIRA et al., 2003; FERREIRA et al., 2004; RATANA e HUETE, 2004; BECERRA e ALVALÁ, 2006; BECERRA et al., 2009) discutiram a importância da análise temporal ou sazonal da vegetação de cerrado a partir de séries temporais de índices espectrais de vegetação, como também, a inclusão de dados de precipitação, na interpretação do comportamento sazonal da vegetação na região do bioma Cerrado, o qual permite compreender de forma mais exata a dinâmica sazonal das diferentes classes de uso e cobertura da terra.

Mesmo assim, a sazonalidade não é tido em conta como um critério de classificação, na hora de analisar savanas como o Cerrado, ainda que represente uma das feições mais essenciais para definir uma savana, pois as mudanças cíclicas ao longo do ano no ambiente

influenciam os ritmos biológicos das plantas que acompanham essas flutuações externas (SARMIENTO, 1983). Na realidade, as savanas são classificadas seguindo apenas uma abordagem estrutural e fisionômica, com base em parâmetros como altura, abertura do dossel e disposição dos elementos lenhosos (e.g., EITEN, 1979; COUTINHO, 1990; RIBEIRO e WALTER, 1998).

Entretanto, os dados multitemporais de EVI e de precipitação TRMM poderiam ser utilizados como fonte de informação para classificar as UCs de acordo com a sazonalidade, uma vez que, como foi observado nos resultados, os dados conseguiram identificar os períodos de seca ou estresse hídrico e, por sua vez, os períodos de umidade suficiente, expressados no máximo vigor vegetativo.

Este tipo de informação pode ser relevante na gestão das atuais UCs, já que, de acordo com alguns autores (CLELAND et al., 2007; SCHWARTZ et al., 2007), a caracterização da sazonalidade de uma região, associado a compreensão dos ciclos fenológicos, a partir de estudos em campo e medidas orbitais, se constitui em um importante indicador sobre como os ecossistemas estão respondendo às mudanças ambientais e climáticas em curso.

Da mesma forma, informação proveniente de índices de vegetação pode ser usada, por exemplo, para monitorar desmatamentos e mudanças no uso da terra (FERREIRA et al., 2005; GOMES et al., 2006) ou para identificar habitats adequados para a preservação de espécies (KERR e OSTROVSKY, 2003; WESSELS et al., 2004; KOY et al., 2005).

Alternativamente, uma das ações específicas no âmbito da gestão e planejamento ambiental poder ser o uso dos dados de sazonalidade para implementar a classificação ecológica de savanas, proposta por Sarmiento (1984). O autor dividiu as savanas em quatro grandes classes, de acordo com a sazonalidade: (a) savana semi-sazonal, que ocorrem sob um clima principalmente chuvoso, com um ou dois períodos curtos de seca; (b) savana sazonal, com uma estação com umidade suficiente nas camadas superiores do solo - mas sem alagamento - alternando-se com uma outra estação com déficit hídrico acentuado; (c) savanas hiperestacionais, com dois estresses contrastantes, um induzido pela seca e outro induzido por alagamento; e (d) savanas pantanosas, nas quais, o período de excesso de água dura o ano todo.

Uma questão importante, nos estudos de sazonalidade, além do tipo de vegetação são as características do solo no ecossistema. Em geral, os solos do Cerrado são bem drenados e a seca é o principal fator anual de estresse ambiental. Segundo alguns autores (NARDOTO et al. 1998; JACKSON et al. 1999) a seca reduz a disponibilidade de água nas camadas superficiais do solo, enquanto as camadas mais profundas permanecem. Deste modo, essa

sazonalidade pode limitar o estabelecimento de plantas lenhosas, já que as plântulas germinadas na estação chuvosa devem ser capazes de atravessar o período seco subsequente, quando a disponibilidade de água nas camadas superficiais é reduzida (NARDOTO et al., 1998; KANEGAE et al., 2000).

Finalmente, é importante mencionar que, ao analisar as contribuições do Sensoriamento Remoto para realização de análises ambientais, como a realizada neste trabalho, deve-se considerar o mesmo como um instrumento facilitador de uma gestão do território condizente com as necessidades da conservação, e portanto, deve ser concebido como um meio e não como um fim para se atingir as respostas esperadas na pesquisa.

7. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que os dados multitemporais de EVI e TRMM foram eficientes na caracterização da dinâmica espectral e de precipitação dos PARNAs do Cerrado. A dinâmica espectral das formações vegetacionais avaliadas revela forte redução da atividade fotossintética durante a estação mais rigorosa, convergindo com as tendências exibidas pelos índices de vegetação e com as variações de precipitação.

Embora os PARNAs do Cerrado estejam situados em contextos regionais de uso e ocupação da terra diferentes, além de apresentar peculiaridades que influenciam no perfil sazonal de respostas fotossintéticas, os PARNAs do Cerrado foram classificados em função do EVI das formações vegetacionais, isto é, de acordo com valor em termos da maior quantidade de biomassa expressada pela média de EVI.

Quanto ao EVI e à sazonalidade, corroborou-se a eficiência e importância destes no sentido de serem fontes de dados relevantes na caracterização de áreas de conservação, e portanto, a relevância que poderiam ter como indicadores de mudanças ambientais e climáticas. Consequentemente, esse tipo de informação pode ser relevante na gestão e planejamento ambiental das atuais unidades de conservação e, por sua vez, ajudar na seleção de novas áreas de conservação.

Por fim, pode-se afirmar que a sazonalidade climática constatada por este estudo, analisada em conjunto com dados multitemporais EVI, permite afirmar que o acúmulo de biomassa verde (representada pelos valores máximos encontrados nas séries EVI) está relativamente sincronizado com as precipitação, havendo maior acúmulo durante o período chuvoso e caducifolia durante o período seco. Os dados obtidos indicam potencialidades da utilização dos dados do sensor MODIS para o monitoramento sazonal contínuo das formações vegetacionais, assim como também, potencialidades no sentido de ser uma ferramenta eficiente para selecionar áreas com potencial de conservação da biodiversidade vegetal.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica sazonal das coberturas vegetais em áreas de savanas precisa ser medida de forma precisa e acurada, pois é de fundamental importância entender o funcionamento deste tipo de ecossistemas e implementar práticas de desenvolvimento sustentável e estabelecer estratégias de conservação em áreas prioritárias. Contudo, até o momento, nenhum estudo em escala de semidetalhe e abrangência regional foi realizado com vistas a se avaliar o potencial do índice de área foliar (LAI) e da fração de radiação fotossinteticamente ativa absorvida (fAPAR) em responder à sazonalidade do Cerrado.

Por fim, espera-se que estudos complementares considerem dados de campo, com intuito de obter dados mais consistentes sobre a dinâmica da vegetação e suas respostas às mudanças climáticas e ambientais, e portanto, que essa informação possa ser utilizada na gestão territorial e no planejamento ambiental, através da avaliação de alternativas voltadas a uma ocupação mais eficiente e sustentável das áreas já convertidas, bem como na identificação de regiões naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMI, M.; FREITAS, R. M. de; PADOVANI, C. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; MOREIRA, A. M. **Estudo da dinâmica espaço-temporal do bioma Pantanal por meio de imagens MODIS**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.43, n.10, p.1371-1378, out.2008
- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (Orgs.) **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 249p, 2004.
- AYRES, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. de A. S. dos. **Bioestat: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Belém. Pará. 2007
- ALHO, C. J. R. **Desafios para a conservação do cerrado, em face das atuais tendências de uso e ocupação**. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (org.). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: MMA, p. 376-381. 2005.
- ANTUNES, J.F.G.; ESQUERDO, J.C.D.M. **Monitoramento agrícola usando análise harmônica de séries temporais de dados NDVI/AVHRR-NOAA**. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009. Natal, Brasil,. Anais, INPE, p. 49-55. 2009
- ANTUNES, J.F.G.; ESQUERDO, J.C.D.M. **Geração automática de produtos derivados de imagens AVHRR-NOAA para monitoramento de áreas inundáveis do Pantanal**. Revista Brasileira de Cartografia, v.59, p.115-122, 2007.
- ARAUJO, A, N. **Simulação hidrológica com o uso de chuva estimada por satélite**. 2006. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ARAÚJO, M. A. R. **Unidades de conservação no Brasil: da República a Gestão de Classe Mundial**. Belo Horizonte: Segrac, 2007.
- ARAÚJO, S. M. V. G.; GANEM, R. S.; VIANA, M. B.; PEREIRA JR., J.; JURAS, I. A. G. M. **A questão ambiental e a Constituição de 1988: reflexões sobre alguns pontos importantes**. In: Ensaio sobre impactos da Constituição Federal de 1988 na sociedade brasileira. Brasília: Ed. Câmara, 2008, p. 599-620.
- ARPONEN, A.; HEIKKINEN, R. K.; THOMAS, C. D.; MOILANEM, A. **The Value of Biodiversity in Reserve Selection: Representation, Species Weighting, and Benefit Functions**. Conservation Biology 19: 2009-2014, 2005.
- ARRUDA, M. B. **Corredores Ecológicos no Brasil: o enfoque ecossistêmico na implementação da Convenção da Biodiversidade**. In: ARRUDA, Moacir Bueno (orgs.). Gestão integrada de ecossistemas aplicada a corredores ecológicos. Brasília: Ibama, 2006.
- ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C.E.B.; RODRIGUES, S.C.; CAMPOS, R.N.; MARTINS, R.C.; MARTINS, E.S. 2008. **Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do Bioma Cerrado**. In: SANO, S.M. (Ed.); ALMEIDA, S.P. (Ed.); RIBEIRO, J.F. (Ed.) Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. V1. Capítulo 8.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R. de; SILVA, F. A. M. da., **Veranicos na região dos Cerrados brasileiros frequência e probabilidade de ocorrência.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.28, n.9, p.993-1003, set. 1993

BARRERA, D. F. **Precipitation estimation with the hydro-estimator technique: its validation against raingage observations.** In: VII CONGRESSO DA IAHS, Foz do Iguaçu, 3-9 de abril de 2005.

BARROS, L. A. **Vocabulário das unidades de conservação do Brasil.** São Paulo: Arte & Ciência; Marília: Unimar, 2000.

BECERRA, J. A. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; ALVALÁ, R. C. dos S. **Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região de cerrado da Amazônia Legal, usando índices espectrais de vegetação.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 24, n. 2, p. 125-134, 2009.

BECERRA, J.B.; ALVALÁ, R.C.S. **Detection of Tropical Savannah (Cerrado) Physiognomies in the Legal Amazon by the Application of the Vegetation and Moisture Indices with MODIS Time Series Data.** In: THE 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY, Anais, Foz de Iguaçu. Proceedings of ICSHMO, Brazil, v. 1, p. 861-868, 2006.

BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas.** Reimpressão – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

BRAGA, V. D. **O papel dos espaços protegidos privados para a conservação da biodiversidade.** 2010. 127f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)-Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Áreas prioritárias para a conservação: uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira.** Brasília: MMA, SBF, 300 p. 2007.

BRITO, M. C. W. de. **Unidades de conservação: intenções e resultados.** São Paulo: Annablume; Fapesp, 2000

CABEZA, M. **Habitat loss and connectivity of reserve networks in probability approaches to reserve to reserve design.** Ecology Letters 6: 665-672, 2003.

CANAVESI, V.; COURA, S. M.; FORMAGGIO A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; QUIRINO, V. F. **Dinâmica espectro-temporal MODIS em região de Cerrados e intenso uso Agropecuário.** In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Goiânia, Brasil, 2005, Anais. INPE, p. 1435-1442. 2005.

CAVALCANTI, R. B. **Estratégias de conservação em nível regional: priorização de áreas e corredores de biodiversidade.** In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. Van; ALVES, M. A. S. Biologia da conservação: essências. São Carlos: Rima, p. 343-356. 2006.

CHOKNGAMWONG, R.; CHIU, S. L. **Comparisons of daily hailand rain gauge with GPCC and TRMM satellite precipitation measurements.** In: THE 2ND TRMM INTERNATIONAL SCIENCE CONFERENCE. Nara, Japão. 2004.

CLELAND, E.E.; CHUINE, I.; MENZEL, A.; MOONEY, H.A.; SCHWARTZ, M.D. **Shifting plant phenology in response to global change.** Trends in Ecology & Evolution, 22: 357–365. doi:10.1016/j.tree.2007.04.003. 2007.

COLE, M.M. **The savannas: biogeography and geobotany.** Academic Press. p. 1-58. 1986.

COLLISCHONN, B. **Uso de precipitação estimada pelo satellite TRMM em modelo hidrológico distribuído.** 2006 . Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

COUTINHO, L. M. **Fire in the ecology of the Brazilian cerrado.** In: Goldammer, J.G. (Ed.), Fire in the Tropical Biota. Springer, Berlin. 1990.

COUTO, M. S. D. da S.; FERREIRA, L. G.; HALL, B. R.; SILVA, G. J. P da; GARCIA, F. N. **Identificação de área prioritárias para a conservação da biodiversidade e paisagens no estado de Goiás: Métodos e cenários no contexto da bacia hidrográficas.** Revista Brasileira de Cartografia n.62/02. 2010.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira.** São Paulo: Cia das Letras, 1996.

DEFRIES, R.; HANSEN, A.; TURNER, B.L.; REID, R.; LIU, J. **Land use change around protected areas: management to balance human needs and ecological function.** Ecological Applications, 17(4), 2007, p.1031-1038. 2007.

DOBROVOLSKI, R.; BOTH, R.; COELHO, I. P.; STOLZ, J. F. B.; SCHÜSSLER, G.; RODRIGUES, G. G.; GUERRA, T.; HARTZ, S. M. **Levantamento de áreas prioritárias para a conservação da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS, Brasil) e seu entorno.** Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 4, n. 1-2, p. 7-14, jan/jun. 2006.

DORST, Jean. **Antes que a natureza morra.** São Paulo: E. Blucher, 1973.

DRUMMOND, J. A. **Devastação e preservação ambiental no Rio de Janeiro.** Niterói: EDUFF, 1997.

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A.; NINIS, A. B. **O estado das áreas protegidas no Brasil: 2005.** Brasília: CDS, 2006. Disponível em: http://www.unbcds.pro.br/conteudo_arquivo/150607_2F62A6.pdf. Acessado em: 23 fev 2012.

DRUMMOND, J. A.; BARROS-PLATIAU, A. F. **Brazilian environmental laws and policies: 1934-2002: a critical overview.** Law & Policy, v. 28, n. 1, Jan. 2006.

EITEN, G.. **Formas fisionômicas do cerrado.** Revista. Bras. Bot. 2, 139–148. 1979.

FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C.; SCARIOT, A. 2005. **Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento**. p: 27-44. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (orgs.). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2005

FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A.V. **Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil**. Plant Ecology 175: 37-46. 2004.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. **Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte**. Acta. Sci. Biol. Sci. Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

FERREIRA, N. C. FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R.; FERREIRA, M. E. **An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis**. International Journal of Remote Sensing, v. 28, n. 1, p 47-62. Jan. 2007.

FERREIRA, M. E.; PECCININI, A. A.; FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. **Análise da sazonalidade de paisagens antrópicas e nativas do bioma Cerrado através dos produtos MODIS índices de vegetação, área foliar e atividade fotossintética**. In: ANAIS XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Goiânia, Brasil, 2005. INPE, p. 505-512. 2005.

FERREIRA, L. G.; YOSHIOKA, H.; HUETE, A.; SANO, E. E **Optical characterization of the Brazilian Savanna physiognomies for improved land cover monitoring of the cerrado biome: Preliminary assessments from an airborne campaign over an LBA core site**. Journal of Arid Environments, v.56, n.3, p.425-447, 2004.

FERREIRA, L. G.; YOSHIOKA, H.; HUETE, A.; SANO, E. E. **Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: An analysis within the Large- Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA)**. Remote Sensing of Environment, v.87, n.4, p.534-550, 2003.

FRANCO, J. L. A.; DRUMMOND, J. A. **Proteção à natureza e identidade nacional no Brasil: anos 1920-1940**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2009.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua Conservação**. Fundação Biodiversitas. 2005.

FURLEY, P.A.; PROCTOR, J.; RATTER, J.A.. **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. Chapman & Hall, London. Furley, P.A. & Ratter, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. Journal of Biogeography 15(1): 97-108. 1992

GANEM, R. S. **Corredores ecológicos: o que são?** In: ARRUDA, M. B. (org.). Gestão integrada de ecossistemas aplicada a corredores ecológicos. Brasília: Ibama, 2006.

GANEM, R. S. (org.) **Conservação da Biodiversidade legislação e políticas públicas**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Câmara dos Deputados. Brasília. p. 434. 2011

GOLTZ, E.; BRANDÃO, D.; TOMÁS, L. R.; MANTELLI, L. R.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R. **Utilização de índices espectrais de vegetação (MODIS) na determinação de áreas suscetíveis a alagamento no Pantanal Sul-mato-grossense.** In: ANAIS 1º SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2006, Campo Grande, Brasil, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.87-95. 2006

GOMES, M. P.; SANO, E. E.; FERREIRA, L. G. **Desmatamento no Estado de Goiás: possibilidades de monitoramento com sensores orbitais de resolução espacial moderada.** Revista Brasileira de Geofísica. 2006 (in press).

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. **Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices.** Remote Sensing of Environment, v.83, p. 195-213, 2002.

HUETE, A.R.; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. **A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS.** Remote Sensing of Environment, New York, v. 59, n. 3, p. 440-451, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2004. **Mapas interativos (Mapa de Biomas) 2004..** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/mapas/>>. Acesso em 20 abr. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Parque Nacional.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/listaUcCategoria.php?abrev=PARNA>> . Acesso em: 12 dez 2011

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite:** Monitoramento do Bioma Cerrado 2008-2009. Brasília.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Unidades de Conservação.** 2012 Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros.html>>. Acesso: 18 abril 2012.

JENKINS, C. N.; PIMM, S. **Definindo prioridades de conservação em um hotspot de biodiversidade global.** In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S. (org.). Biologia da conservação: essências. São Carlos: Rima, p. 41-52. 2006.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.** Ed. 2, USA. 316 p. 1996.

JOYCE, R.J.; JANOWIAK, J.E.; ARKIN, P.A.; XIE, P. **CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution.** Journal of Hydrometeorology, (5): p. 487-503, 2004.

JUSTICE, C.O.; TOWNSHEND, J.R.G.; VERMOTE, E.F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R.E.; SALEOUS, N.; ROY, D.P.; MORISETTE, J.T. **An overview of MODIS Land data**

processing and product status. Remote Sensing of Environment, v. 83, n, 1-2, p. 3 –15, 2002.

JUSTICE, C. O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J. R. G.; DEFRIES, R.; ROY, D. P.; HALL, D. K.; SALOMONSON, V. V.; PRIVETTE, J. L.; RIGGS, G.; STRAHLER, A.; LUCHT, W.; MYNENI, R. B.; KNYAZIKHIN, Y.; RUNNING, S. W.; NEMANI, R. R.; ZHENGMING, W.; HUETE, A. R.; LEEUWEN, W. V.; WOLF, R. E.; GIGLIO, L.; MCCORMICK, J. **Rumo ao paraíso: história do movimento ambientalista.** Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1992.

MULLER, J. P.; LEWIS, P.; BARNSLEY, M. J. **The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research.** IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 36, 1228-1249, 1998.

K KANEGAE M. F., BRAZ V. S. & FRANCO A. C. **Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central.** Revista Brasileira de Botânica 23:459-468. 2000.

KERR, J. T.; OSTROVSKY, M. **From space to species: ecological applications for remote sensing.** Trends in Ecology and Evolution, v.18, n.6, p.299-305, 2003.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **Conservation of the Brazilian Cerrado.** Conservation Biology, v. 19 (3), p. 707-713, 2005

KOY, K.; MCSHEA, W. J; LEIMGRUBER, P; HAACK, B. N.; AUNG, M. **Percentage canopy cover – using Landsat imagery to delineate habitat for Myanmar’s endangered Eld’s deer (*Cervus eldi*).** Animal Conservation, v.8, n.3, p.289-296, 2005.

KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BARNES, W.; CHANG, A. T. C.; STOCKER, E.; ADLER, R. F.; HOU, A.; KAKAR, R.; WENTZ, F.; ASHCROFT, P.; KOZU, T. HONG, Y.; OKAMOTO, K.; IGUCHI, T.; KUROIWA, H.; IM, E.; HADDAD, Z.; HUFFMAN, G.; FERRIER, B.; OLSON, W. S.; ZIPSER, E.; SMITH, E. A.; WILHEIT, T. T.; NORTH, G. KRISHNAMURTI, T.; Nakamura, K. **The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after Two Years in Orbit.** Journal of Applied Meteorology, vol. 39, pp. 1965-1982. 2000

KUMMEROW, C.D., BARNES, W.; KOZU, T.; SHIUE, J.; SIMPSON, J. **The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensor package.** Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 15, 809-817, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RiMa, 539 p.2000.

LEE, R.; YU, F.; PRICE, K. P. **Evaluating vegetation phenological patterns in Inner Mongolia using NDVI time-series analysis.** International. Journal of Remote Sensing, v. 23, n. 12, p. 2505-2512, 2002.

LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. **Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento.** São Paulo: Contexto, 176p. 2002.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. DA. **Recursos Hídricos do Bioma Cerrado Importância e situação.** In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. R. (Ed.) Cerrado: Ecologia e Flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. cap. 4, p. 91-106, 2008.

MACHADO, R. B.; RAMOS-NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONCALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** Relatório técnico. Conservação Internacional. Brasília – DF. 2004a.

MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.M.S.; RAMOS NETO, M.B.; RODRIGUES, F.H.G.; HASS, A.; AQUINO, F.B. **Atlas de conservação da natureza brasileira: unidades federais.** / Brazilian nature conservation atlas: federal areas. Metalivros, São Paulo. 2004b.

MARGULES, C.R.; PRESSEY, R. L. **Systematic conservation planning.** Nature 405: 243-253, 2000.)

MARGULES, C.R.; PRESSEY, R. L., WILLIAMS, P. H. **Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation.** J. Bioscience 27 (Suppl. 2): 309-326, 2002.

MEDEIROS, R. A **Proteção da Natureza: das Estratégias Internacionais e Nacionais às demandas Locais.** Tese (Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ/PPG, 2003.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** Biota Neotropica, Campinas-SP, v. 1, n. 1-4, dez. 2001.

MILLER, K. R. **Em busca de um novo equilíbrio: diretrizes para aumentar as oportunidades de conservação da biodiversidade por meio do manejo biorregional.** Brasília: Ibama, 1997.

MITTERMEIER, R.A.; ROBLES, P.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J. & FONSECA, G.B. **Hotspots revisited. Conservação Internacional/CI, Agrupación Sierra Madre.** Pp. 15-96. 2005.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEIER, C. G. **Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.** México: Agrupación Sierra Madre, 1999.

MIZIARA, F. E FERREIRA, N. C. **Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no Estado de Goiás: subsídios à política ambiental.** In: Laerte Guimarães Ferreira Jr.. (Org.). A encruzilhada socioambiental: biodiversidade, economia e sustentabilidade no Cerrado. 1 ed. Goiânia: UFGv. 1, p. 107-125. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado: Programa Cerrado Sustentável – 2006.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf/arquivos/programa_bioma_cerrado.pdf>. Acesso: 05 nov. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu.** 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal**. Brasília. 1999.

MORSELLO, Carla. **Áreas protegidas públicas e privadas: seleção e manejo**. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2001.

NARDOTO, G.B., SOUZA, M.P.; FRANCO, A.C. **Estabelecimento e padrões sazonais de produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. nos cerrados do Planalto Central: efeitos do estresse hídrico e sombreamento**. Revista Brasileira de Botânica 21:313-319. 1998.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. **Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n.2, p. 207-220. 2005.

NASH, Roderick. **Wilderness and the American mind**. Yale: Yale Univ. Press, 1982.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Disponível em <<http://lake.nascom.nasa.gov/data/dataset/TRMM/>>. Acesso em dez 2011.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Banco de dados**. Disponível em < <http://daac.gsfc.nasa.gov> >

NICHOLSON, S. E.; SOME, B.; McCOLLUM, J.; NELKIN, E.; KLOTTER, D.; BERTE, Y.; DIALLO, B.M; GAYE, I.; KPABEBA, G.; NDIAYE, O.; NOUKPOZOUNKOU, J.N.; TANU, M.M.; THIAM, A.; TOURE, A.A.; TRAORE, A.K. **Validation of TRMM and other rainfall estimates with a high-density gauge dataset for West Africa. Part II: Validation of TRMM Rainfall Products**. Journal of Applied Meteorology, 10(42): p. 1355-1368, 2003.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. **Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome**. Pp: 91-120. In: Oliveira, O.S.; MARQUIS, R.J. (eds.). The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. Columbia University Press, New York. . 2002.

PÁDUA, J. A. **Um sopro de destruição: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista (1786-1888)**. Rio de Janeiro: J. Zahar Ed., 2002.

PALHARES, D.; FRANCO, A. C.; ZAIDAN, L. B. P. **Resposta fotossintéticas de plantas de cerrado nas estações seca e chuvosa**. Revista brasileira de biociências. Porta Alegre, v.8, n. 2, p. 213-220, abr.-jun. 2010.

PINTO, J. R. R.; SANO, E. E.; REINO, C. M.; PINTO, C. A. da S. **National parks in the cerrado and the types of preserved vegetation**. Revista brasileira de conservação da natureza. v. 7, n. 2. p. 149 – 163. out 2009.

PINTO, L. P.; BEDE, L.; PAESE, A.; FONSECA, M.; PAGLIA, A.; LAMAS, I. **Mata Atlântica brasileira: os desafios para a conservação da biodiversidade de um hotspot mundial**. In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S. *Biologia da conservação: essências*. São Carlos: Rima, p. 91-118. 2006.

PONZONI, F.J. **Comportamento espectral da vegetação**. In: Meneses, P.R.; Madeira Neto, J.S. *Sensoriamento Remoto: reflectância de alvos naturais*. Brasília, DF: UNB Planaltina Embrapa Cerrados, 262 p. 2001.

POSSINGHAM, H.; BALL, I.; ANDELMAN, S. **Mathematical methods for identifying representative reserve networks**. In: FERSON, S., BURGMAN, M (Orgs.). *Quantitative methods for conservation biology*. Springer-Verlag, New York, p.291-306, 2000

PROBIO. **Mapeamento da Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado (Relatório Final)** Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002//cerrado/documentos/relatorio_final>. Acesso em 30 abr. 2010.

RAFAELLI D. R.; MOREIRA, M. A.; FARIA, R. T. **Análise do potencial de dados modis para monitorar o impacto de geada em nível Estadual e em lavouras de café**. *Agricultura em São Paulo*, v. 53, n. 1, p. 5-15, jan./jun. 2006

RAMAGE, K.; JOBARD, I.; LEBEL, T.; DESBOIS, M. **Satellite estimation of 1-day to 10-day precipitation: Comparison and validation over Tropical Africa of TRMM, METEOSAT and GPCP products**. In: THE 2000 EUMETSAT METEOROLOGICAL SATELLITE DATA USER'S CONFERENCE, Bologna, Italy. p. 363-369. 2000.

RATANA, P.; HUETE, A. R.; FERREIRA, L. G. **Analysis of Cerrado physiognomies and conversion in the MODIS seasonal - temporal domain (LBA special issue)**. *Earth Interactions*. v. 9, p. 1-22, 2005.

RATANA, P.; HUETE, A. **Seasonal dynamics of native and converted cerrado physiognomies with MODIS data**. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings, Anais, IEEE International*, 4336-4339, 2004.

RATTER, J.A; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. **The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity**. *Annals of Botany* 80: 223-230. 1997.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado**. p 151-212. 2008. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*, v. 1. Planaltina: Embrapa – Cerrados. 2008

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. (Ed.) *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC. cap. 3, p. 87-166, 1998.

RIBEIRO, C. A. D.; ABRAHÃO, C. P.; XAVIE, A. C. **Correlações entre variáveis climáticas e séries multitemporais EVI em floresta natural e em cultivo agrícola**. *Cerne*. v. 15, n. 2, p. 196-204. Abril-junho 2009.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos.** São Paulo, Hucitec/EDUSP, v. 2. 1976.

RUNTE, A. **National parks: the American experience.** Nebraska: Nebraska Univ. Press, 1979.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. **Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil.** Environmental Monitoring and Assessment. V.166, n 1-4, p.113-124, 2009

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (editores técnicos). **Cerrado: ecologia e flora.** Embrapa Cerrados. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, 2008

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA JR, L. G. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados.** Planaltina: Embrapa Cerrados (Boletim de Pesquisa). 2007.

SARMIENTO, G., **The savannas of tropical America.** In: GOODALL, D.W. (Ed.), Ecosystems of the World: Tropical Savannas. Elsevier, Amsterdam, pp. 245–288. 1983.

SARMIENTO, G., **The ecology of Neotropical Savannas.** Harvard University, Cambridge. 1984.

SCARIOT, A.; FREITAS, S. R. de; NETO, E. M.; NASCIMENTO, M. T.; OLIVEIRA, L. C. de; SANAIOTTI, T.; SEVILLA, A. C.; VILLELA, D. M. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (org.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília: MMA/SBF, p. 103-123. 2003.

SCHWARTZ, M.D.; AHAS, R.; AASA, A. **Onset of spring starting earlier across the northern hemisphere.** Global Change Biology, 12:343–351. doi:10.1111/j.1365-2486.2005.01097.x. 2006.

SCOTT, J.M.; DAVIS, F.W.; MCGHIE, R.G.; WRIGHT, R.G.; GROVES, C.; ESTES, J. Nature reserves: do they capture the full range of America's biological diversity? Ecological Applications, 11(4), 2001. p. 999-1007. 2001.

SILVA, F. A. M. DA; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. **Caracterização Climática do Bioma Cerrado.** In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. R. (Ed.) Cerrado: Ecologia e Flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. cap. 3, p. 71-88, 2008

SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T.; LINS, L.V. (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2003.

SIMPSON, J., KUMMEROW, C., TAO, W.-K., ADLER, R.F. **On the tropical rainfall measuring mission (TRMM)** Meteorology and Atmospheric Physics, v. 60 n.1-3, pp. 19-36, 1996

SNUC, 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC**, lei no 9.985, de 18 de julho de 2000.

SOARES, J. V.; BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E. **Histórico e Descrição**. In: Rudolf. B. F. T.; Shimabukuro, Y. E.; Ceballos, J. C. (Org.) **O Sensor MODIS e suas Aplicações Ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Ed. Parêntese. cap. 1, p.3-21, 2007

SOUZA FILHO, C. R. **O Sensor MODIS a bordo das Plataformas Terra e Acqua**. Revista Infogeo, Curitiba PR, v. 32, p. 30-34, 2004

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade UFRGS, 1993. 943 p.

VIGLIZZO, E.F.; FRANK, F.C. **Land-use options for Del Plata Basin in South America: tradeoffs analysis based on ecosystem service provision**. Ecological Economics, v.57, p.140-151. 2006.

WANG, Z. X.; LIU, C.; HUETE, A. **From AVHRRNDVI to MODIS-EVI: Advances in vegetation index research**. Acta Ecologica Sinica, v.23, n.5, p.979-988, 2003.

WESSELS, K. J.; FRIES, R. D. de; DEMPEWOLF, J.; ANDERSON, L. O.; HANSERN, A. J.; POWELL, S. L.; MORAN, E. F. **Mapping regional land cover with MODIS data for biological conservation: Examples from the Greater Yellowstone Ecosystem, USA and Pará State, Brazil**. Remote Sensing of Environment, v.92, n.1, p.67-83, 2004.

WOLFE, R.E.; NISHIHAMA, M.; FLEIG, A.J.; KUYPER, J.A.; ROY, D.P.; STOREY, J.C.; PATT, F.S. **Achieving sub-pixel geolocation accuracy in support of MODIS land science**. Remote Sensing of Environment, v.83, p.31-49, 2002.

ANEXO A. Tabelas com médias das formações campestre, florestal e savânica dos PARNA do Cerrado, na estação chuvosa e seca, período 2001 a 2010. Dados brutos do teste paramétrico ANOVA e de médias Tukey.

Formação Campestre - estação chuvosa

Araguaia	P1
Brasília	P2
Caverna do Peruaçu	P3
Chapada dos Guimarães	P4
Chapada das Mesas	P5
Chapada dos Veadeiros	P6
Emas	P7
Grande Sertão Veredas	P8
Nascentes do Rio Parnaíba	P9
Sempre Vivas	P10
Serra da Bodoquena	P11
Serra da Canastra	P12
Serra do Cipó	P13

	P2	P4	P5	P6	P7	P10	P11	P12	P13
2001	0,36	0,42	0,36	0,36	0,35	0,31	0,54	0,42	0,36
2002	0,35	0,45	0,34	0,32	0,35	0,32	0,51	0,41	0,32
2003	0,36	0,44	0,32	0,32	0,36	0,31	0,56	0,43	0,32
2004	0,35	0,41	0,34	0,38	0,35	0,31	0,54	0,43	0,34
2005	0,36	0,44	0,33	0,33	0,38	0,32	0,55	0,42	0,36
2006	0,36	0,46	0,35	0,33	0,38	0,32	0,57	0,42	0,34
2007	0,33	0,44	0,33	0,30	0,34	0,30	0,56	0,43	0,34
2008	0,34	0,45	0,34	0,33	0,36	0,33	0,56	0,47	0,36
2009	0,35	0,42	0,35	0,36	0,37	0,32	0,55	0,44	0,34
2010	0,35	0,43	0,33	0,31	0,35	0,32	0,53	0,45	0,33

ANOVA - Tukey. Formação Campestre - estação chuvosa

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	8	0,445	0,056
Erro	81	0,019	23,8 e-05
F =	233,4286		
(p) =	< 0,0001		
P2 - Média (Coluna 1) =	0,3515		
P4 - Média (Coluna 2) =	0,4361		
P5 - Média (Coluna 3) =	0,3389		
P6 - Média (Coluna 4) =	0,3330		
P7 - Média (Coluna 5) =	0,3583		
P10 - Média (Coluna 6) =	0,3153		

P11 - Média (Coluna 7) =	0,5473		
P12 - Média (Coluna 8) =	0,4309		
P13 - Média (Coluna 9) =	0,3416		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	0,0846	17,3388	< 0,01
Médias (1 a 3) =	0,0127	2,5939	ns
Médias (1 a 4) =	0,0185	3,7924	ns
Médias (1 a 5) =	0,0068	1,4006	ns
Médias (1 a 6) =	0,0362	7,4290	< 0,01
Médias (1 a 7) =	0,1958	40,1408	< 0,01
Médias (1 a 8) =	0,0794	16,2697	< 0,01
Médias (1 a 9) =	0,0099	2,0313	ns
Médias (2 a 3) =	0,0972	19,9327	< 0,01
Médias (2 a 4) =	0,1031	21,1311	< 0,01
Médias (2 a 5) =	0,0778	15,9382	< 0,01
Médias (2 a 6) =	0,1208	24,7678	< 0,01
Médias (2 a 7) =	0,1112	22,8020	< 0,01
Médias (2 a 8) =	0,0052	1,0690	ns
Médias (2 a 9) =	0,0945	19,3701	< 0,01
Médias (3 a 4) =	0,0058	1,1984	ns
Médias (3 a 5) =	0,0195	3,9945	ns
Médias (3 a 6) =	0,0236	4,8351	< 0,05
Médias (3 a 7) =	0,2085	42,7347	< 0,01
Médias (3 a 8) =	0,0920	18,8637	< 0,01
Médias (3 a 9) =	0,0027	0,5626	ns
Médias (4 a 5) =	0,0253	5,1929	< 0,05
Médias (4 a 6) =	0,0177	3,6366	ns
Médias (4 a 7) =	0,2143	43,9331	< 0,01
Médias (4 a 8) =	0,0979	20,0621	< 0,01
Médias (4 a 9) =	0,0086	1,7610	ns
Médias (5 a 6) =	0,0431	8,8295	< 0,01
Médias (5 a 7) =	0,1890	38,7402	< 0,01
Médias (5 a 8) =	0,0725	14,8692	< 0,01
Médias (5 a 9) =	0,0167	3,4319	ns
Médias (6 a 7) =	0,2321	47,5697	< 0,01
Médias (6 a 8) =	0,1156	23,6987	< 0,01
Médias (6 a 9) =	0,0263	5,3977	< 0,01
Médias (7 a 8) =	0,1165	23,8710	< 0,01
Médias (7 a 9) =	0,2057	42,1721	< 0,01
Médias (8 a 9) =	0,0893	18,3011	< 0,01

Formação Campestre - estação seca

Araguaia	P1
Brasília	P2
Caverna do Peruaçu	P3
Chapada dos Guimarães	P4
Chapada das Mesas	P5
Chapada dos Veadeiros	P6
Emas	P7
Grande Sertão Veredas	P8
Nascentes do Rio Parnaíba	P9
Sempre Vivas	P10
Serra da Bodoquena	P11
Serra da Canastra	P12
Serra do Cipó	P13

	P2	P4	P5	P6	P7	P10	P11	P12	P13
2001	0,24	0,29	0,26	0,27	0,22	0,25	0,38	0,31	0,30
2002	0,24	0,31	0,27	0,25	0,23	0,27	0,39	0,32	0,30
2003	0,24	0,31	0,27	0,24	0,24	0,25	0,39	0,32	0,28
2004	0,26	0,29	0,25	0,27	0,23	0,27	0,40	0,34	0,31
2005	0,26	0,31	0,26	0,25	0,22	0,26	0,39	0,34	0,30
2006	0,26	0,32	0,28	0,26	0,26	0,27	0,36	0,31	0,28
2007	0,23	0,30	0,27	0,23	0,22	0,25	0,32	0,32	0,27
2008	0,26	0,32	0,28	0,27	0,24	0,26	0,39	0,33	0,29
2009	0,27	0,32	0,28	0,26	0,23	0,26	0,41	0,34	0,29
2010	0,23	0,29	0,26	0,23	0,17	0,26	0,35	0,31	0,29

ANOVA - Tukey. Formação Campestre - estação seca

FONTES DE VARIACÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	8	0,171	0,021
Erro	81	0,021	25,4 e-05
F =	84,2946		
(p) =	< 0,0001		
P2 - Média (Coluna 1) =	0,2477		
P4 - Média (Coluna 2) =	0,3063		
P5 - Média (Coluna 3) =	0,2695		
P6 - Média (Coluna 4) =	0,2537		
P7 - Média (Coluna 5) =	0,2261		
P10 - Média (Coluna 6) =	0,2591		
P11 - Média (Coluna 7) =	0,3772		
P12 - Média (Coluna 8) =	0,3222		
P13 - Média (Coluna 9) =	0,2906		
Tukey:	Diferença	Q	(p)

Médias (1 a 2) =	0,0586	11,6181	< 0,01
Médias (1 a 3) =	0,0218	4,3291	ns
Médias (1 a 4) =	0,0060	1,1870	ns
Médias (1 a 5) =	0,0216	4,2801	ns
Médias (1 a 6) =	0,0114	2,2663	ns
Médias (1 a 7) =	0,1295	25,7034	< 0,01
Médias (1 a 8) =	0,0745	14,7755	< 0,01
Médias (1 a 9) =	0,0429	8,5091	< 0,01
Médias (2 a 3) =	0,0367	7,2890	< 0,01
Médias (2 a 4) =	0,0526	10,4312	< 0,01
Médias (2 a 5) =	0,0801	15,8982	< 0,01
Médias (2 a 6) =	0,0471	9,3519	< 0,01
Médias (2 a 7) =	0,0710	14,0853	< 0,01
Médias (2 a 8) =	0,0159	3,1574	ns
Médias (2 a 9) =	0,0157	3,1091	ns
Médias (3 a 4) =	0,0158	3,1421	ns
Médias (3 a 5) =	0,0434	8,6092	< 0,01
Médias (3 a 6) =	0,0104	2,0628	ns
Médias (3 a 7) =	0,1077	21,3743	< 0,01
Médias (3 a 8) =	0,0526	10,4464	< 0,01
Médias (3 a 9) =	0,0211	4,1800	ns
Médias (4 a 5) =	0,0276	5,4671	< 0,01
Médias (4 a 6) =	0,0054	1,0793	ns
Médias (4 a 7) =	0,1236	24,5165	< 0,01
Médias (4 a 8) =	0,0685	13,5885	< 0,01
Médias (4 a 9) =	0,0369	7,3221	< 0,01
Médias (5 a 6) =	0,0330	6,5464	< 0,01
Médias (5 a 7) =	0,1511	29,9835	< 0,01
Médias (5 a 8) =	0,0960	19,0556	< 0,01
Médias (5 a 9) =	0,0645	12,7892	< 0,01
Médias (6 a 7) =	0,1181	23,4371	< 0,01
Médias (6 a 8) =	0,0630	12,5092	< 0,01
Médias (6 a 9) =	0,0315	6,2428	< 0,01
Médias (7 a 8) =	0,0551	10,9279	< 0,01
Médias (7 a 9) =	0,0867	17,1944	< 0,01
Médias (8 a 9) =	0,0316	6,2665	< 0,01

Formação Florestal - estação chuvosa

Araguaia	P1
Brasília	P2
Caverna do Peruaçu	P3
Chapada dos Guimarães	P4
Chapada das Mesas	P5
Chapada dos Veadeiros	P6
Emas	P7
Grande Sertão Veredas	P8
Nascentes do Rio Parnaíba	P9
Sempre Vivas	P10
Serra da Bodoquena	P11
Serra da Canastra	P12
Serra do Cipó	P13

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P10	P11	P12	P13
2001	0,44	0,41	0,50	0,46	0,50	0,36	0,41	0,36	0,40	0,60	0,39	0,42
2002	0,44	0,40	0,47	0,46	0,46	0,31	0,38	0,37	0,41	0,56	0,38	0,41
2003	0,45	0,42	0,49	0,43	0,44	0,34	0,37	0,37	0,39	0,61	0,42	0,40
2004	0,43	0,41	0,49	0,44	0,44	0,38	0,38	0,38	0,40	0,61	0,39	0,42
2005	0,45	0,41	0,49	0,44	0,44	0,35	0,40	0,37	0,39	0,59	0,41	0,42
2006	0,50	0,41	0,50	0,48	0,52	0,32	0,39	0,40	0,42	0,61	0,39	0,39
2007	0,46	0,37	0,45	0,46	0,45	0,30	0,38	0,35	0,38	0,61	0,39	0,41
2008	0,47	0,38	0,47	0,47	0,46	0,33	0,40	0,35	0,43	0,60	0,43	0,43
2009	0,46	0,39	0,49	0,45	0,46	0,35	0,40	0,39	0,40	0,60	0,41	0,40
2010	0,46	0,40	0,48	0,44	0,46	0,31	0,37	0,37	0,42	0,57	0,42	0,39

ANOVA - Tukey. Formação Florestal - estação chuvosa

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	11	0,500	0,045
Erro	108	0,035	32,3 e-05
F =	140,7405		
(p) =	< 0,0001		
P1 - Média (Coluna 1) =	0,4551		
P2 - Média (Coluna 2) =	0,3990		
P3 - Média (Coluna 3) =	0,4837		
P4 - Média (Coluna 4) =	0,4539		
P5 - Média (Coluna 5) =	0,4636		
P6 - Média (Coluna 6) =	0,3345		
P7 - Média (Coluna 7) =	0,3908		
P8 - Média (Coluna 8) =	0,3720		
P10 - Média (Coluna 9) =	0,4035		
P11 - Média (Coluna 10) =	0,5968		

P12 - Média (Coluna 11) =	0,4027		
P13 - Média (Coluna 12) =	0,4077		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	0,0560	9,8557	< 0,01
Médias (1 a 3) =	0,0287	5,0481	< 0,05
Médias (1 a 4) =	0,0012	0,2091	ns
Médias (1 a 5) =	0,0085	1,4989	ns
Médias (1 a 6) =	0,1206	21,2204	< 0,01
Médias (1 a 7) =	0,0643	11,3077	< 0,01
Médias (1 a 8) =	0,0831	14,6142	< 0,01
Médias (1 a 9) =	0,0516	9,0749	< 0,01
Médias (1 a 10) =	0,1417	24,9328	< 0,01
Médias (1 a 11) =	0,0523	9,2081	< 0,01
Médias (1 a 12) =	0,0473	8,3249	< 0,01
Médias (2 a 3) =	0,0847	14,9038	< 0,01
Médias (2 a 4) =	0,0548	9,6466	< 0,01
Médias (2 a 5) =	0,0645	11,3546	< 0,01
Médias (2 a 6) =	0,0646	11,3646	< 0,01
Médias (2 a 7) =	0,0083	1,4520	ns
Médias (2 a 8) =	0,0270	4,7585	< 0,05
Médias (2 a 9) =	0,0044	0,7809	ns
Médias (2 a 10) =	0,1977	34,7886	< 0,01
Médias (2 a 11) =	0,0037	0,6476	ns
Médias (2 a 12) =	0,0087	1,5308	ns
Médias (3 a 4) =	0,0299	5,2572	< 0,05
Médias (3 a 5) =	0,0202	3,5492	ns
Médias (3 a 6) =	0,1493	26,2685	< 0,01
Médias (3 a 7) =	0,0930	16,3558	< 0,01
Médias (3 a 8) =	0,1117	19,6623	< 0,01
Médias (3 a 9) =	0,0803	14,1230	< 0,01
Médias (3 a 10) =	0,1130	19,8847	< 0,01
Médias (3 a 11) =	0,0810	14,2562	< 0,01
Médias (3 a 12) =	0,0760	13,3730	< 0,01
Médias (4 a 5) =	0,0097	1,7080	ns
Médias (4 a 6) =	0,1194	21,0112	< 0,01
Médias (4 a 7) =	0,0631	11,0986	< 0,01
Médias (4 a 8) =	0,0819	14,4051	< 0,01
Médias (4 a 9) =	0,0504	8,8658	< 0,01
Médias (4 a 10) =	0,1429	25,1419	< 0,01
Médias (4 a 11) =	0,0511	8,9990	< 0,01
Médias (4 a 12) =	0,0461	8,1158	< 0,01
Médias (5 a 6) =	0,1291	22,7193	< 0,01
Médias (5 a 7) =	0,0728	12,8066	< 0,01
Médias (5 a 8) =	0,0916	16,1131	< 0,01
Médias (5 a 9) =	0,0601	10,5738	< 0,01
Médias (5 a 10) =	0,1332	23,4339	< 0,01
Médias (5 a 11) =	0,0609	10,7070	< 0,01
Médias (5 a 12) =	0,0558	9,8238	< 0,01

Médias (6 a 7) =	0,0563	9,9127	< 0,01
Médias (6 a 8) =	0,0375	6,6061	< 0,01
Médias (6 a 9) =	0,0690	12,1455	< 0,01
Médias (6 a 10) =	0,2623	46,1532	< 0,01
Médias (6 a 11) =	0,0683	12,0122	< 0,01
Médias (6 a 12) =	0,0733	12,8955	< 0,01
Médias (7 a 8) =	0,0188	3,3065	ns
Médias (7 a 9) =	0,0127	2,2328	ns
Médias (7 a 10) =	0,2060	36,2405	< 0,01
Médias (7 a 11) =	0,0119	2,0996	ns
Médias (7 a 12) =	0,0170	2,9828	ns
Médias (8 a 9) =	0,0315	5,5393	< 0,01
Médias (8 a 10) =	0,2248	39,5470	< 0,01
Médias (8 a 11) =	0,0307	5,4061	< 0,05
Médias (8 a 12) =	0,0357	6,2893	< 0,01
Médias (9 a 10) =	0,1933	34,0077	< 0,01
Médias (9 a 11) =	0,0008	0,1332	ns
Médias (9 a 12) =	0,0043	0,7500	ns
Médias (10 a 11) =	0,1940	34,1409	< 0,01
Médias (10 a 12) =	0,1890	33,2577	< 0,01
Médias (11 a 12) =	0,0050	0,8832	ns

Formação Florestal - estação seca

Araguaia	P1
Brasília	P2
Caverna do Peruaçu	P3
Chapada dos Guimarães	P4
Chapada das Mesas	P5
Chapada dos Veadeiros	P6
Emas	P7
Grande Sertão Veredas	P8
Nascentes do Rio Parnaíba	P9
Sempre Vivas	P10
Serra da Bodoquena	P11
Serra da Canastra	P12
Serra do Cipó	P13

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P10	P11	P12	P13
2001	0,44	0,31	0,32	0,33	0,40	0,29	0,31	0,31	0,32	0,41	0,30	0,34
2002	0,44	0,31	0,33	0,33	0,42	0,26	0,27	0,32	0,34	0,43	0,30	0,35
2003	0,45	0,31	0,34	0,32	0,40	0,26	0,27	0,31	0,33	0,43	0,31	0,33
2004	0,43	0,32	0,40	0,32	0,41	0,29	0,27	0,31	0,35	0,45	0,32	0,35
2005	0,43	0,32	0,35	0,33	0,40	0,26	0,26	0,31	0,33	0,41	0,32	0,33
2006	0,45	0,32	0,34	0,35	0,40	0,28	0,30	0,31	0,35	0,38	0,30	0,33
2007	0,44	0,31	0,37	0,33	0,39	0,24	0,27	0,29	0,32	0,32	0,31	0,32
2008	0,43	0,32	0,34	0,33	0,33	0,29	0,27	0,32	0,34	0,40	0,31	0,32
2009	0,44	0,32	0,37	0,34	0,40	0,26	0,27	0,31	0,33	0,44	0,32	0,33
2010	0,42	0,31	0,34	0,31	0,39	0,25	0,21	0,30	0,33	0,37	0,30	0,33

ANOVA - Tukey. Formação Florestal - estação seca

FONTES DE VARIACÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	11	0,295	0,027
Erro	108	0,037	34,0 e-05
F =	78,8642		
(p) =	< 0,0001		
P1 - Média (Coluna 1) =	0,4374		
P2 - Média (Coluna 2) =	0,3147		
P3 - Média (Coluna 3) =	0,3496		
P4 - Média (Coluna 4) =	0,3304		
P5 - Média (Coluna 5) =	0,3936		
P6 - Média (Coluna 6) =	0,2673		
P7 - Média (Coluna 7) =	0,2701		
P8 - Média (Coluna 8) =	0,3085		
P10 - Média (Coluna 9) =	0,3330		
P11 - Média (Coluna 10) =	0,4041		

P12 - Média (Coluna 11) =	0,3083		
P13 - Média (Coluna 12) =	0,3322		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	0,1227	21,0360	< 0,01
Médias (1 a 3) =	0,0878	15,0592	< 0,01
Médias (1 a 4) =	0,1070	18,3498	< 0,01
Médias (1 a 5) =	0,0438	7,5064	< 0,01
Médias (1 a 6) =	0,1701	29,1643	< 0,01
Médias (1 a 7) =	0,1673	28,6868	< 0,01
Médias (1 a 8) =	0,1288	22,0971	< 0,01
Médias (1 a 9) =	0,1044	17,8980	< 0,01
Médias (1 a 10) =	0,0332	5,7017	< 0,01
Médias (1 a 11) =	0,1291	22,1340	< 0,01
Médias (1 a 12) =	0,1052	18,0403	< 0,01
Médias (2 a 3) =	0,0349	5,9768	< 0,01
Médias (2 a 4) =	0,0157	2,6862	ns
Médias (2 a 5) =	0,0789	13,5296	< 0,01
Médias (2 a 6) =	0,0474	8,1283	< 0,01
Médias (2 a 7) =	0,0446	7,6508	< 0,01
Médias (2 a 8) =	0,0062	1,0611	ns
Médias (2 a 9) =	0,0183	3,1380	ns
Médias (2 a 10) =	0,0894	15,3344	< 0,01
Médias (2 a 11) =	0,0064	1,0980	ns
Médias (2 a 12) =	0,0175	2,9957	ns
Médias (3 a 4) =	0,0192	3,2906	ns
Médias (3 a 5) =	0,0440	7,5528	< 0,01
Médias (3 a 6) =	0,0822	14,1051	< 0,01
Médias (3 a 7) =	0,0795	13,6276	< 0,01
Médias (3 a 8) =	0,0410	7,0379	< 0,01
Médias (3 a 9) =	0,0166	2,8388	ns
Médias (3 a 10) =	0,0546	9,3575	< 0,01
Médias (3 a 11) =	0,0413	7,0748	< 0,01
Médias (3 a 12) =	0,0174	2,9811	ns
Médias (4 a 5) =	0,0632	10,8434	< 0,01
Médias (4 a 6) =	0,0631	10,8145	< 0,01
Médias (4 a 7) =	0,0603	10,3370	< 0,01
Médias (4 a 8) =	0,0219	3,7473	ns
Médias (4 a 9) =	0,0026	0,4518	ns
Médias (4 a 10) =	0,0738	12,6482	< 0,01
Médias (4 a 11) =	0,0221	3,7842	ns
Médias (4 a 12) =	0,0018	0,3095	ns
Médias (5 a 6) =	0,1263	21,6579	< 0,01
Médias (5 a 7) =	0,1235	21,1804	< 0,01
Médias (5 a 8) =	0,0851	14,5907	< 0,01
Médias (5 a 9) =	0,0606	10,3915	< 0,01
Médias (5 a 10) =	0,0105	1,8048	ns
Médias (5 a 11) =	0,0853	14,6275	< 0,01
Médias (5 a 12) =	0,0614	10,5339	< 0,01

Médias (6 a 7) =	0,0028	0,4774	ns
Médias (6 a 8) =	0,0412	7,0672	< 0,01
Médias (6 a 9) =	0,0657	11,2663	< 0,01
Médias (6 a 10) =	0,1368	23,4626	< 0,01
Médias (6 a 11) =	0,0410	7,0303	< 0,01
Médias (6 a 12) =	0,0649	11,1240	< 0,01
Médias (7 a 8) =	0,0384	6,5897	< 0,01
Médias (7 a 9) =	0,0629	10,7889	< 0,01
Médias (7 a 10) =	0,1340	22,9852	< 0,01
Médias (7 a 11) =	0,0382	6,5529	< 0,01
Médias (7 a 12) =	0,0621	10,6465	< 0,01
Médias (8 a 9) =	0,0245	4,1992	ns
Médias (8 a 10) =	0,0956	16,3955	< 0,01
Médias (8 a 11) =	0,0002	0,0368	ns
Médias (8 a 12) =	0,0237	4,0568	ns
Médias (9 a 10) =	0,0711	12,1963	< 0,01
Médias (9 a 11) =	0,0247	4,2360	ns
Médias (9 a 12) =	0,0008	0,1424	ns
Médias (10 a 11) =	0,0958	16,4323	< 0,01
Médias (10 a 12) =	0,0719	12,3387	< 0,01
Médias (11 a 12) =	0,0239	4,0936	ns

Formação Savânica - estação chuvosa

Araguaia	P1
Brasília	P2
Caverna do Peruaçu	P3
Chapada dos Guimarães	P4
Chapada das Mesas	P5
Chapada dos Veadeiros	P6
Emas	P7
Grande Sertão Veredas	P8
Nascentes do Rio Parnaíba	P9
Sempre Vivas	P10
Serra da Bodoquena	P11
Serra da Canastra	P12
Serra do Cipó	P13

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
2001	0,31	0,37	0,54	0,42	0,38	0,36	0,40	0,33	0,33	0,33	0,59	0,33	0,29
2002	0,27	0,32	0,49	0,43	0,36	0,33	0,38	0,32	0,32	0,34	0,56	0,32	0,31
2003	0,32	0,37	0,51	0,41	0,34	0,34	0,39	0,34	0,33	0,33	0,60	0,36	0,28
2004	0,26	0,36	0,53	0,40	0,36	0,39	0,40	0,35	0,32	0,34	0,60	0,33	0,29
2005	0,34	0,37	0,51	0,42	0,36	0,35	0,41	0,35	0,33	0,33	0,58	0,35	0,31
2006	0,35	0,37	0,55	0,43	0,37	0,35	0,43	0,36	0,35	0,35	0,60	0,34	0,28
2007	0,29	0,34	0,46	0,43	0,34	0,31	0,38	0,31	0,31	0,32	0,59	0,34	0,30
2008	0,37	0,36	0,50	0,44	0,36	0,33	0,41	0,33	0,32	0,36	0,60	0,36	0,29
2009	0,34	0,36	0,53	0,41	0,37	0,38	0,40	0,33	0,34	0,34	0,58	0,34	0,30
2010	0,32	0,36	0,50	0,40	0,35	0,32	0,37	0,34	0,31	0,34	0,56	0,35	0,28

ANOVA - Tukey. Formação Savânica - estação chuvosa

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	12	0,844	0,070
Erro	117	0,040	34,3 e-05
F =	204,9198		
(p) =	< 0,0001		
P1 - Média (Coluna 1) =	0,3169		
P2 - Média (Coluna 2) =	0,3555		
P3 - Média (Coluna 3) =	0,5127		
P4 - Média (Coluna 4) =	0,4208		
P5 - Média (Coluna 5) =	0,3598		
P6 - Média (Coluna 6) =	0,3461		
P7 - Média (Coluna 7) =	0,3977		
P8 - Média (Coluna 8) =	0,3342		
P9 - Média (Coluna 9) =	0,3286		
P10 - Média (Coluna 10) =	0,3389		
P11 - Média (Coluna 11) =	0,5874		

P12 - Média (Coluna 12) =	0,3408		
P13 - Média (Coluna 13) =	0,2924		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	0,0386	6,5847	< 0,01
Médias (1 a 3) =	0,1958	33,4338	< 0,01
Médias (1 a 4) =	0,1039	17,7425	< 0,01
Médias (1 a 5) =	0,0429	7,3215	< 0,01
Médias (1 a 6) =	0,0292	4,9932	< 0,05
Médias (1 a 7) =	0,0807	13,7873	< 0,01
Médias (1 a 8) =	0,0173	2,9536	ns
Médias (1 a 9) =	0,0117	1,9975	ns
Médias (1 a 10) =	0,0220	3,7537	ns
Médias (1 a 11) =	0,2705	46,1902	< 0,01
Médias (1 a 12) =	0,0239	4,0829	ns
Médias (1 a 13) =	0,0245	4,1764	ns
Médias (2 a 3) =	0,1572	26,8491	< 0,01
Médias (2 a 4) =	0,0653	11,1578	< 0,01
Médias (2 a 5) =	0,0043	0,7368	ns
Médias (2 a 6) =	0,0093	1,5915	ns
Médias (2 a 7) =	0,0422	7,2026	< 0,01
Médias (2 a 8) =	0,0213	3,6311	ns
Médias (2 a 9) =	0,0269	4,5872	ns
Médias (2 a 10) =	0,0166	2,8310	ns
Médias (2 a 11) =	0,2320	39,6055	< 0,01
Médias (2 a 12) =	0,0147	2,5018	ns
Médias (2 a 13) =	0,0630	10,7611	< 0,01
Médias (3 a 4) =	0,0919	15,6913	< 0,01
Médias (3 a 5) =	0,1529	26,1122	< 0,01
Médias (3 a 6) =	0,1666	28,4406	< 0,01
Médias (3 a 7) =	0,1151	19,6464	< 0,01
Médias (3 a 8) =	0,1785	30,4801	< 0,01
Médias (3 a 9) =	0,1841	31,4363	< 0,01
Médias (3 a 10) =	0,1738	29,6801	< 0,01
Médias (3 a 11) =	0,0747	12,7565	< 0,01
Médias (3 a 12) =	0,1719	29,3509	< 0,01
Médias (3 a 13) =	0,2203	37,6102	< 0,01
Médias (4 a 5) =	0,0610	10,4209	< 0,01
Médias (4 a 6) =	0,0747	12,7493	< 0,01
Médias (4 a 7) =	0,0232	3,9552	ns
Médias (4 a 8) =	0,0866	14,7888	< 0,01
Médias (4 a 9) =	0,0922	15,7450	< 0,01
Médias (4 a 10) =	0,0819	13,9888	< 0,01
Médias (4 a 11) =	0,1666	28,4478	< 0,01
Médias (4 a 12) =	0,0800	13,6596	< 0,01
Médias (4 a 13) =	0,1284	21,9189	< 0,01
Médias (5 a 6) =	0,0136	2,3284	ns
Médias (5 a 7) =	0,0379	6,4658	< 0,01
Médias (5 a 8) =	0,0256	4,3679	ns

Médias (5 a 9) =	0,0312	5,3241	< 0,05
Médias (5 a 10) =	0,0209	3,5679	ns
Médias (5 a 11) =	0,2276	38,8687	< 0,01
Médias (5 a 12) =	0,0190	3,2386	ns
Médias (5 a 13) =	0,0673	11,4979	< 0,01
Médias (6 a 7) =	0,0515	8,7941	< 0,01
Médias (6 a 8) =	0,0119	2,0395	ns
Médias (6 a 9) =	0,0175	2,9957	ns
Médias (6 a 10) =	0,0073	1,2395	ns
Médias (6 a 11) =	0,2413	41,1971	< 0,01
Médias (6 a 12) =	0,0053	0,9103	ns
Médias (6 a 13) =	0,0537	9,1696	< 0,01
Médias (7 a 8) =	0,0634	10,8337	< 0,01
Médias (7 a 9) =	0,0690	11,7898	< 0,01
Médias (7 a 10) =	0,0588	10,0336	< 0,01
Médias (7 a 11) =	0,1898	32,4029	< 0,01
Médias (7 a 12) =	0,0568	9,7044	< 0,01
Médias (7 a 13) =	0,1052	17,9637	< 0,01
Médias (8 a 9) =	0,0056	0,9562	ns
Médias (8 a 10) =	0,0047	0,8000	ns
Médias (8 a 11) =	0,2532	43,2366	< 0,01
Médias (8 a 12) =	0,0066	1,1293	ns
Médias (8 a 13) =	0,0418	7,1300	< 0,01
Médias (9 a 10) =	0,0103	1,7562	ns
Médias (9 a 11) =	0,2588	44,1927	< 0,01
Médias (9 a 12) =	0,0122	2,0854	ns
Médias (9 a 13) =	0,0362	6,1739	< 0,01
Médias (10 a 11) =	0,2485	42,4365	< 0,01
Médias (10 a 12) =	0,0019	0,3292	ns
Médias (10 a 13) =	0,0464	7,9301	< 0,01
Médias (11 a 12) =	0,2466	42,1073	< 0,01
Médias (11 a 13) =	0,2950	50,3666	< 0,01
Médias (12 a 13) =	0,0484	8,2593	< 0,01

Formação Savânica - estação seca

Araguaia	P1
Brasília	P2
Caverna do Peruaçu	P3
Chapada dos Guimarães	P4
Chapada das Mesas	P5
Chapada dos Veadeiros	P6
Emas	P7
Grande Sertão Veredas	P8
Nascentes do Rio Parnaíba	P9
Sempre Vivas	P10
Serra da Bodoquena	P11
Serra da Canastra	P12
Serra do Cipó	P13

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
2001	0,28	0,24	0,26	0,31	0,28	0,28	0,28	0,26	0,27	0,26	0,41	0,25	0,24
2002	0,27	0,24	0,27	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,27	0,28	0,42	0,24	0,26
2003	0,27	0,24	0,28	0,32	0,29	0,26	0,29	0,27	0,29	0,26	0,41	0,26	0,25
2004	0,26	0,25	0,35	0,30	0,27	0,28	0,28	0,27	0,28	0,29	0,42	0,26	0,26
2005	0,29	0,26	0,29	0,33	0,29	0,26	0,27	0,27	0,28	0,27	0,40	0,27	0,25
2006	0,29	0,26	0,30	0,34	0,30	0,28	0,33	0,27	0,29	0,28	0,37	0,24	0,24
2007	0,26	0,23	0,30	0,32	0,29	0,24	0,28	0,25	0,27	0,26	0,32	0,25	0,25
2008	0,27	0,26	0,29	0,33	0,30	0,28	0,29	0,28	0,28	0,27	0,40	0,26	0,24
2009	0,29	0,26	0,32	0,34	0,30	0,27	0,29	0,28	0,29	0,27	0,44	0,26	0,24
2010	0,24	0,23	0,28	0,30	0,28	0,25	0,23	0,26	0,27	0,27	0,36	0,23	0,23

ANOVA - Tukey. Formação Savânica - estação seca

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	12	0,183	0,015
Erro	117	0,035	30,1 e-05
F =	50,7628		
(p) =	< 0,0001		
P1 - Média (Coluna 1) =	0,2735		
P2 - Média (Coluna 2) =	0,2483		
P3 - Média (Coluna 3) =	0,2917		
P4 - Média (Coluna 4) =	0,3211		
P5 - Média (Coluna 5) =	0,2897		
P6 - Média (Coluna 6) =	0,2691		
P7 - Média (Coluna 7) =	0,2822		
P8 - Média (Coluna 8) =	0,2654		
P9 - Média (Coluna 9) =	0,2780		
P10 - Média (Coluna 10) =	0,2713		
P11 - Média (Coluna 11) =	0,3948		

P12 - Média (Coluna 12) =	0,2531		
P13 - Média (Coluna 13) =	0,2454		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	0,0252	4,5997	ns
Médias (1 a 3) =	0,0182	3,3251	ns
Médias (1 a 4) =	0,0476	8,6683	< 0,01
Médias (1 a 5) =	0,0162	2,9483	ns
Médias (1 a 6) =	0,0044	0,8047	ns
Médias (1 a 7) =	0,0087	1,5877	ns
Médias (1 a 8) =	0,0081	1,4837	ns
Médias (1 a 9) =	0,0045	0,8172	ns
Médias (1 a 10) =	0,0022	0,3939	ns
Médias (1 a 11) =	0,1213	22,1099	< 0,01
Médias (1 a 12) =	0,0204	3,7258	ns
Médias (1 a 13) =	0,0280	5,1125	< 0,05
Médias (2 a 3) =	0,0435	7,9247	< 0,01
Médias (2 a 4) =	0,0728	13,2680	< 0,01
Médias (2 a 5) =	0,0414	7,5480	< 0,01
Médias (2 a 6) =	0,0208	3,7950	ns
Médias (2 a 7) =	0,0339	6,1873	< 0,01
Médias (2 a 8) =	0,0171	3,1160	ns
Médias (2 a 9) =	0,0297	5,4168	< 0,05
Médias (2 a 10) =	0,0231	4,2057	ns
Médias (2 a 11) =	0,1465	26,7096	< 0,01
Médias (2 a 12) =	0,0048	0,8738	ns
Médias (2 a 13) =	0,0028	0,5128	ns
Médias (3 a 4) =	0,0293	5,3432	< 0,05
Médias (3 a 5) =	0,0021	0,3768	ns
Médias (3 a 6) =	0,0227	4,1298	ns
Médias (3 a 7) =	0,0095	1,7374	ns
Médias (3 a 8) =	0,0264	4,8088	< 0,05
Médias (3 a 9) =	0,0138	2,5079	ns
Médias (3 a 10) =	0,0204	3,7190	ns
Médias (3 a 11) =	0,1031	18,7848	< 0,01
Médias (3 a 12) =	0,0387	7,0509	< 0,01
Médias (3 a 13) =	0,0463	8,4376	< 0,01
Médias (4 a 5) =	0,0314	5,7200	< 0,01
Médias (4 a 6) =	0,0520	9,4730	< 0,01
Médias (4 a 7) =	0,0388	7,0807	< 0,01
Médias (4 a 8) =	0,0557	10,1520	< 0,01
Médias (4 a 9) =	0,0431	7,8512	< 0,01
Médias (4 a 10) =	0,0497	9,0623	< 0,01
Médias (4 a 11) =	0,0737	13,4416	< 0,01
Médias (4 a 12) =	0,0680	12,3942	< 0,01
Médias (4 a 13) =	0,0756	13,7808	< 0,01
Médias (5 a 6) =	0,0206	3,7530	ns
Médias (5 a 7) =	0,0075	1,3606	ns
Médias (5 a 8) =	0,0243	4,4320	ns

Médias (5 a 9) =	0,0117	2,1312	ns
Médias (5 a 10) =	0,0183	3,3423	ns
Médias (5 a 11) =	0,1051	19,1616	< 0,01
Médias (5 a 12) =	0,0366	6,6742	< 0,01
Médias (5 a 13) =	0,0442	8,0608	< 0,01
Médias (6 a 7) =	0,0131	2,3924	ns
Médias (6 a 8) =	0,0037	0,6790	ns
Médias (6 a 9) =	0,0089	1,6219	ns
Médias (6 a 10) =	0,0023	0,4107	ns
Médias (6 a 11) =	0,1257	22,9146	< 0,01
Médias (6 a 12) =	0,0160	2,9212	ns
Médias (6 a 13) =	0,0236	4,3078	ns
Médias (7 a 8) =	0,0169	3,0714	ns
Médias (7 a 9) =	0,0042	0,7705	ns
Médias (7 a 10) =	0,0109	1,9816	ns
Médias (7 a 11) =	0,1126	20,5222	< 0,01
Médias (7 a 12) =	0,0292	5,3135	< 0,05
Médias (7 a 13) =	0,0368	6,7002	< 0,01
Médias (8 a 9) =	0,0126	2,3009	ns
Médias (8 a 10) =	0,0060	1,0898	ns
Médias (8 a 11) =	0,1294	23,5936	< 0,01
Médias (8 a 12) =	0,0123	2,2421	ns
Médias (8 a 13) =	0,0199	3,6288	ns
Médias (9 a 10) =	0,0066	1,2111	ns
Médias (9 a 11) =	0,1168	21,2928	< 0,01
Médias (9 a 12) =	0,0249	4,5430	ns
Médias (9 a 13) =	0,0325	5,9296	< 0,01
Médias (10 a 11) =	0,1235	22,5039	< 0,01
Médias (10 a 12) =	0,0183	3,3319	ns
Médias (10 a 13) =	0,0259	4,7185	ns
Médias (11 a 12) =	0,1417	25,8358	< 0,01
Médias (11 a 13) =	0,1494	27,2224	< 0,01
Médias (12 a 13) =	0,0076	1,3866	ns
