REVISTA DA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

## SITIENTIBUS

## CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ARTIGO

**ESTUDO DOS EFEITOS DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA NA VEGETAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BARREIRAS - BA***STUDY OF THE EFFECTS OF CLIMATE SEASONALITY IN THE VEGETATION OF THE MUNICIPALITY OF BARREIRAS - BA*

ELANE FIÚZA BORGES

Doutora, Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: elaneborges@gmail.com

CAMILA SOUZA DOS ANJOS LACERDA

Doutora, Instituto Federal Sul de Minas, campus Inconfidentes. E-mail: camilasanjos@gmail.com

**RESUMO**

Este artigo apresenta um estudo sobre os efeitos da sazonalidade climática no comportamento espectral dos principais alvos do município de Barreiras-BA, sendo eles: vegetação de encostas e vales, vegetação de cerrado e agricultura. Foi analisada uma série histórica de 20 anos, na qual testes estatísticos foram aplicados a partir dos índices derivados das imagens de satélite dos anos de 1988, 1998 e 2008. Os testes estatísticos realizados para as classes temáticas selecionadas totalizam nove amostras, sendo que oito apresentaram médias do índice de vegetação diferentes do período seco em relação ao chuvoso, o que corresponde a 91%, e apenas uma amostra (classe de agricultura do ano de 1998) apresentou médias iguais, permitindo afirmar que apenas 9% não indicaram comportamento espectral no período chuvoso diferente do período seco. Tal resultado corrobora os efeitos da sazonalidade climática na área de estudo.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Índice de Vegetação, Oeste da Bahia.

**ABSTRACT**

This paper presents a study on the effects of climatic seasonality on the spectral behavior of the main targets of the municipality of Barreiras-BA, being: vegetation of slopes and valleys, cerrado vegetation and agriculture. A historical series of 20 years was analyzed, in which statistical tests were applied from the indexes derived from the satellite images of the years 1988, 1998 and 2008. The statistical tests performed for the selected thematic classes totaled nine samples, eight of which presented mean vegetation index, different from the rainy season, which corresponds to 91%, and only one sample (agriculture class of 1998) presented the same means, allowing to state that only 9% did not indicate spectral behavior in the rainy season different from dry season. This result corroborates the effects of climatic seasonality in the study area.

**Keywords:** Remote Sensing, Vegetation Index, West of Bahia.

**INTRODUÇÃO**

O Cerrado brasileiro apresenta o clima Tropical Continental, e sofre grande influência dos efeitos da continentalidade, o que atribui a esta região elevadas

temperaturas, sendo a média anual de 25 °C, com máxima de até 40 °C e mínima de até 10 °C. O clima do cerrado caracteriza-se pela presença de duas estações bem definidas: inverno seco e verão chuvoso, com precipitação pluviométrica anual oscilando entre 1.200 a 1.800 mm.



Corroborar com a sensação de desconforto térmico a baixa umidade relativa do ar, comum na estação seca.

O município de Barreiras (Figura 1), inserido neste domínio morfoclimático, agrega um conjunto de características, principalmente no que tange a topografia local, que colaboram para a existência de um microclima singular e acirram as condições de temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar. A cidade de Barreiras encontra-se contornada pelas Serras do Mimo e da Bandeira, que atuam como barreira orográfica impedindo a passagem dos ventos carregados de umidade e algumas massas de ar.

O domínio morfoclimático do Cerrado tem se constituído no grande celeiro brasileiro de produção agrícola nas últimas décadas e, portanto sofrido grandes e rápidas mudanças em sua cobertura vegetal em função do crescimento da fronteira agrícola (e.g. Pires e Santos, 2000; Silva, 2003; Ab'Sáber, 2007).

O desenvolvimento de sensores remotos capazes de registrar o comportamento espectral da vegetação tem subsidiado diversas pesquisas acerca desta temática, inclusive associando a reflectância da superfície vegetada à sazonalidade climática.

A vegetação do Cerrado apresenta peculiaridades como a capacidade da perda de folhas no período de estiagem, caracterizada, portanto como decídua ou semi-decídua. Como este bioma possui uma grande diversidade fitofisionômica com muitas peculiaridades, as respostas espectrais observadas pelos sensores podem apresentar características distintas (e.g. Fernandes, 2006; Ribeiro e Walter, 1998).

O comportamento da vegetação de cerrado em relação às chuvas é muito rápido comparado as outras fitofisionomias brasileiras, devido ao processo de adaptação natural de longo período de estiagem e curto período chuvoso durante o ano, tendo neste, chuvas torrenciais e concentradas, o que implica em curto intervalo de tempo para a vegetação rebrotar.

Neste contexto, o presente artigo apresenta um estudo sobre os efeitos da sazonalidade climática no comportamento espectral dos principais alvos do município em questão, (vegetação de encostas e vales, vegetação de cerrado e agricultura) durante uma série histórica de 20 anos, analisando produtos derivados das imagens de satélite dos anos de 1988, 1998 e 2008.

Para cada um destes anos, dois períodos foram selecionados para estudo, sendo um considerado como a estação chuvosa e o outro como a estação seca. Foram utilizadas cenas do sensor TM/Landsat-5, nas quais se aplicou o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e posteriormente fez-se uma análise dos resultados por meio de testes estatísticos.

A vegetação costuma ser o elemento da paisagem que responde direta e rapidamente aos fenômenos climáticos e meteorológicos, justamente por estar em contato direto com a atmosfera (Ab'Sáber, 2003). Todavia, isto só é notável pelo homem de forma muito superficial e generalizada, ou quando os efeitos são bastante agressivos. Há de se considerar que cada tipo de vegetação, associada

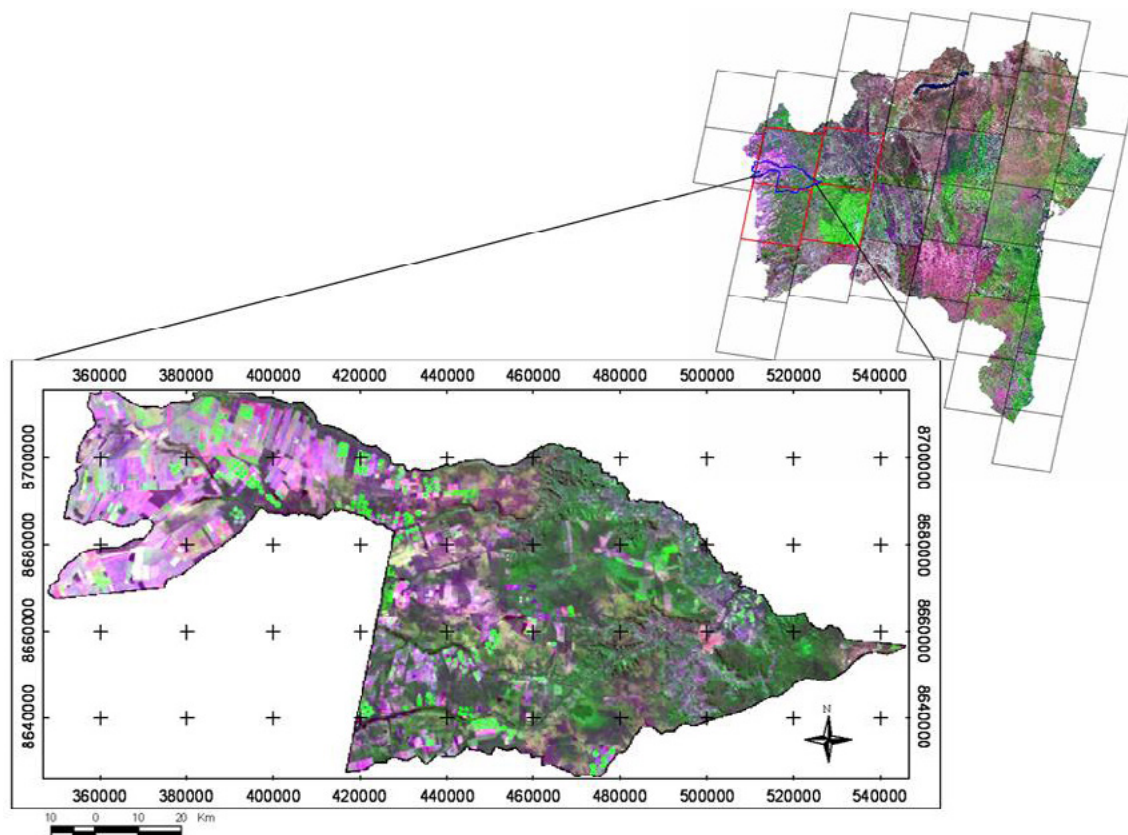


Figura 1: Localização da área de estudo.

às características fenológicas, tais como estrutura do dossel, tamanho das folhas, dimensão da estrutura (estrato arbustivo, arbóreo, florestal, entre outros), além das características de adaptação natural, são preponderantes para entender o comportamento da vegetação frente às condições ambientais adversas (Novo, 2008).

A contribuição deste trabalho consiste em analisar os efeitos da sazonalidade climática no comportamento espectral da vegetação do município de Barreiras, inserido no domínio morfoclimático do Cerrado.

### Geotecnologias aplicadas ao estudo da vegetação

As Geotecnologias têm se firmado como ferramenta de grande eficiência para obtenção de êxito nas mais diversas pesquisas, entre elas o mapeamento da cobertura vegetal e a avaliação da qualidade da vegetação (e.g. Ponzoni e Shimabukuro, 2009).

Diferentes sensores têm sido eficientemente utilizados em monitoramentos ambientais e estudos das dinâmicas ocorridas na paisagem em função das alterações na cobertura vegetal (AVHRR, MISR, Modis, entre outros). Entretanto, optou-se por trabalhar com o sensor TM/Landsat-5 que faz parte de uma histórica e pioneira família de satélites – a do Landsat – por apresentar um imenso tempo de vida útil responsável por uma história, cerca de 38 anos, o que possibilitou a realização deste estudo por meio de uma vertente temporal com imagens do mesmo sensor para os anos de 1988, 1998 e 2008.

Imagens de satélite são disponibilizadas aos usuários em forma de bandas, as quais descrevem a resposta espectral de um determinado alvo em um dado intervalo do espectro eletromagnético.

Dentre os comprimentos de ondas imageados pelo sensor TM do Landsat-5 estão o do visível e do infravermelho, que são muito utilizados para estudos relacionados à vegetação. A banda 3 na faixa do visível, corresponde ao comprimento de onda do vermelho de 0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ ; a banda 4 do infravermelho próximo, cujo intervalo do espectro eletromagnético é de 0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$ . As referidas bandas são utilizadas em estudos da cobertura vegetal, pois o fluxo de energia que interage com a vegetação é fortemente absorvido na faixa do vermelho e intensamente refletido no infravermelho próximo (Jensen, 2009).

Devido sua composição físico-química, os alvos costumam apresentar um comportamento espectral na faixa do espectro óptico refletido inerente a estas propriedades, tal característica é definida como assinatura espectral dos alvos.

O olho humano, por enxergar apenas na faixa do visível do espectro eletromagnético, não consegue mensurar e nem detectar com acurácia as alterações que podem condicionar a vegetação a um estágio de estresse. Sendo assim, a utilização de técnicas de processamento digital de imagens (PDI), utilizando informações na faixa do infravermelho próximo podem ampliar

a capacidade de detecção dessas características. No caso específico da vegetação foram criados dezenas de índices que fornecem informações valiosas acerca deste alvo. São, na grande maioria, equações matemáticas definidas por razão de bandas. O Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) é um deles, cujo valor varia entre -1 a +1, sendo que quanto mais próximo de +1 mais sadia é considerada a vegetação, quanto mais próximo de 0 mais estressada é a vegetação e os valores negativos representam a saturação dos pixels na imagem devido a interferência de alvos não terrestres (Ponzoni e Shimabukuro, 2009).

Devido a sua pigmentação, a vegetação verde e sadia reflete com maior intensidade no infravermelho próximo e absorve no comprimento de onda do vermelho na faixa do visível, o que ocasiona altos valores para o NDVI. A perda da pigmentação da vegetação implica em menores taxas de clorofila, fazendo a vegetação reduzir a reflectância no comprimento de onda do verde e aumentar no vermelho, o que atribui a coloração marrom à vegetação, vista na faixa do visível, nos períodos de seca. Com o relativo aumento da reflectância nesta faixa do espectro eletromagnético tem-se, em contrapartida, uma redução de reflectância no infravermelho próximo, produzindo valores menores de NDVI para vegetação estressada (Figura 2). Todavia tais valores ainda são consideravelmente mais elevados do que para outros alvos, o que permite discriminar a vegetação verde e seca dos demais alvos da superfície.

O NDVI é definido pela Equação 1:

$$\text{NDVI} = (\text{IPV} - \text{Ver}) / (\text{IPV} + \text{Ver}) \quad (1)$$

Onde: IPV = energia refletida do infravermelho próximo; Ver = energia refletida na faixa do vermelho do espectro eletromagnético.

No caso do TM/Landsat-5 o NDVI é formulado conforme se observa na equação 2:

$$\text{NDVI} = (\text{B4} - \text{B3}) / (\text{B4} + \text{B3}) \quad (2)$$

Onde: B4 = banda 4 (0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$ ); B3 = banda 3 (0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ ).

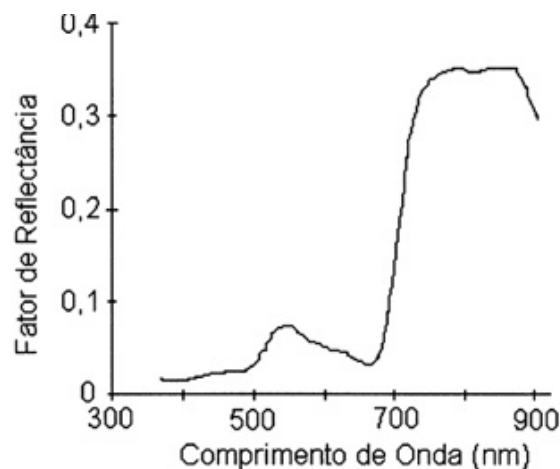


Figura 2: Comportamento espectral da vegetação  
Fonte: Scielo (2009)

Somadas, às técnicas de PDI, as análises estatísticas são capazes de mensurar e tornar compreensíveis os efeitos que a estação seca, caracterizada como intensa e prolongada no domínio morfoclimático do Cerrado, pode causar à vegetação.

Aplicações associadas a discriminação e classificação da cobertura vegetal, detecção de mudança na paisagem, dinâmica da vegetação, identificação e monitoramento de queimadas, estudos sazonais, interanuais e de longo prazo, entre outros, também são desenvolvidas com uso do PDI e análises estatísticas. No Brasil, por exemplo, Almeida (1997) realizou estudos associando os índices de vegetação às precipitações pluviométricas no Cerrado e Braga (2000) realizou um estudo similar para a região Nordeste.

### Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizaram-se imagens referentes ao período chuvoso e também à estação seca, relativos a uma série histórica de 20 anos, compreendendo imagens dos anos de 1988, 1998 e 2008. Importante esclarecer que a definição do recorte temporal esteve atrelada à disponibilidade de dados de sensoriamento remoto e que as imagens selecionadas como de época chuvosa são de um período no qual a vegetação ainda não tinha alcançado o stress em função da escassez hídrica do ambiente. O interessante seria utilizar imagens que fossem realmente do período chuvoso, todavia nesta época as imagens de um sensor óptico se tornam praticamente inutilizáveis para este fim, tendo em vista que apresentam grande cobertura de nuvens. Portanto, organizou-se uma base de dados que permitisse interpretações mais fiéis à realidade, sendo o mais próximo possível da estação chuvosa.

Para cada ano de estudo foram selecionadas duas imagens: uma correspondente ao período chuvoso e outra referente à estação seca. A Tabela 1 apresenta as datas das imagens selecionadas.

**Tabela 1:** Data das imagens do sensor TM-Landsat5 selecionadas para o estudo.

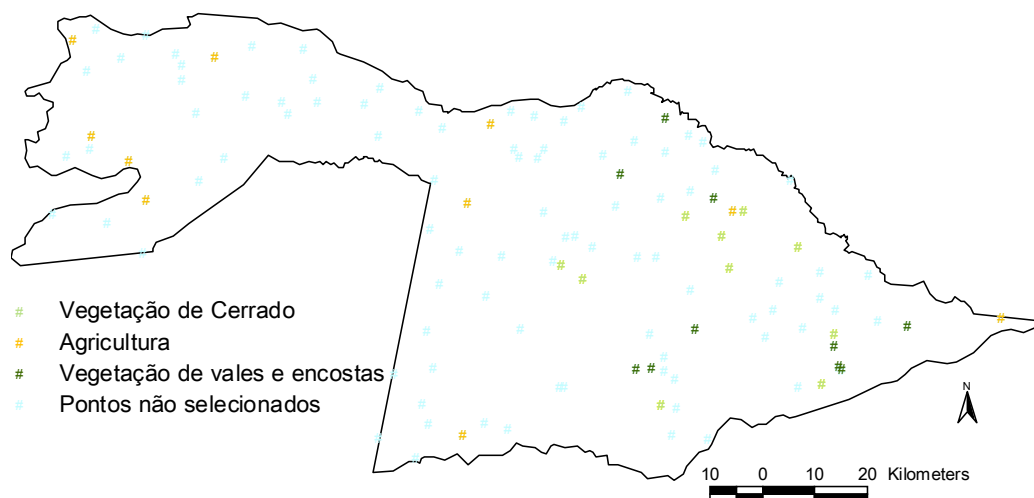
IMAGENS	PERÍODO CHUVOSO			PERÍODO SECO		
	1988	1998	2008	1988	1998	2008
219-68	07/05	04/06	30/05	10/07	08/09	05/10
219-69	07/05	04/06	30/05	10/07	08/09	05/10
220-68	01/06	11/06	22/06	03/09	15/09	12/10
220-69	01/06	11/06	22/06	03/09	15/09	12/10

Na realização do processamento digital das imagens (PDI) realizou-se o registro automático para que todas as imagens se tornassem geometricamente compatíveis, usando como referência o mosaico ortorretificado Geocover Landsat sendo repetido o processo, porém de forma manual, para aquelas imagens que apresentaram incompatibilidade na primeira tentativa.

Como a área do município de Barreiras está inserida em quatro cenas do sensor TM/Landsat-5 realizou-se um mosaico entre as cenas de mesmo período que cobrem o município. A etapa subsequente consistiu no recorte da imagem referente à área de estudo. Calculou-se, posteriormente, o NDVI para cada imagem mosaicada e realizaram-se os testes estatísticos.

Para análise dos resultados foram definidas três classes temáticas, determinadas por meio do processo de interpretação de imagem e subsidiada por uma base de dados referente a área de estudo, no qual se obteve informações acerca dos alvos imageados. Foram distribuídos, randomicamente, 120 pontos na área de estudo. Destes foram selecionados 10 pontos para cada classe temática, totalizando 30 pontos, nos quais se verificou o valor do NDVI correspondente em cada imagem (Figura 3).

As classes temáticas foram: Agricultura (uso do solo fortemente encontrado na região); Vegetação de Cerrado (ocupando principalmente os platôs das serras) e Vegetação Densa (encontrada nos vales e nas encostas das serras).



**Figura 3:** Distribuição dos pontos pelo método randômico.

De posse dos pontos, realizou-se uma análise estatística dos dados por meio da aplicação do Teste-F de duas amostras para variâncias. Conforme os valores apresentados pelo “*F crítico*” e por “*F*”, a amostra pode ser definida como Homocedástica, quando “*F crítico*” for menor do que “*F*” ou Heterocedástica, quando “*F crítico*” for maior do que “*F*”. Quando o resultado indicar a primeira, aplica-se o Teste-T para duas amostras presumindo variâncias semelhantes e quando indicado a segunda aplica-se também o Teste-T para duas amostras, porém presumindo variâncias diferentes.

Considerou-se para análise dos resultados o valor de 5% de significância. O “*P uni-caudal*” menor que 5% indica médias diferentes, o que permite afirmar que houve alterações nos valores de NDVI das classes temáticas. E o valor de “*P uni-caudal*” maior que 5% indica que as médias das amostras são estatisticamente iguais, demonstrando que não ocorreu alterações significativas nos valores de NDVI das classes temáticas. Para sintetizar a metodologia aplicada nesta pesquisa pode-se observar a Figura 4.

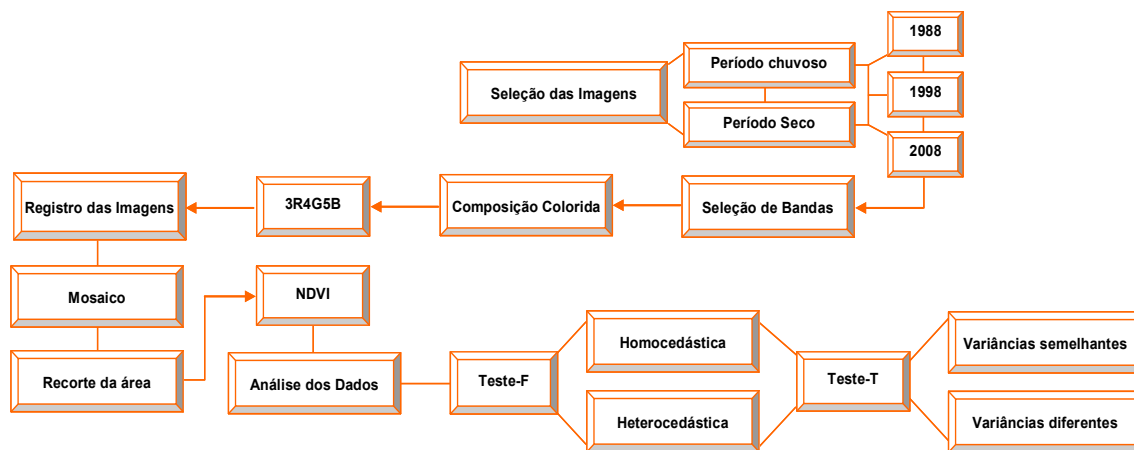


Figura 4: Fluxograma da metodologia utilizada.

Para a interpretação das imagens de satélites foi selecionada a composição colorida com as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM/Landsat-5, associadas aos canais R (*red*), G (*Green*) e B (*blue*), respectivamente.

Para selecionar os dez pontos de cada classe temática foi tomada como base a imagem de 1988 do período chuvoso, na tentativa de não selecionar pontos que estivessem alocados em áreas que apresentassem nuvens ou sombras de nuvens, uma vez que a imagem supracitada foi a única que apresentava tais alvos. A seleção de pontos tendo como base a imagem do período chuvoso deve-se ao fato da vegetação encontrar-se sadia neste período do ano. Por isso, tornou-se possível a localização das classes temáticas com mais precisão por meio da interpretação. Soma-se a isto o fato da imagem de 1988 ser considerada como o registro mais fiel da realidade antes do avanço do processo de antropização pela agricultura mecanizada na área de estudo.

Desta maneira, foram excluídos os pontos que caíram sobre nuvens e sombra de nuvens. Para a classe de agricultura os pontos que caíram nas áreas irrigadas por pivô-central não foram selecionados, uma vez que a atividade de irrigação altera as condições naturais do ambiente, atribuindo a este maior umidade e amenização das condições de temperatura, que podem promover uma plantação mais verde e sadia, o que interfere diretamente nos valores de reflectância dos alvos. A vegetação de cerrado foi discriminada de forma generalizada sem a consideração de subclasses.

Como o NDVI consiste em uma razão de bandas, na qual os valores analisados são os valores de cada pixel, não

se aplicou nenhum tipo de contraste ou filtragem sobre as imagens selecionadas para o estudo, pois procedimentos como estes alteram os valores digitais originais dos pixels, gerando interferências que não correspondem ao verdadeiro comportamento espectral dos alvos.

Utilizou-se também os dados pluviométricos, produzidos pela estação climatológica da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), referentes à área de estudo, que possibilitou a extração da média de precipitação em uma série histórica de 30 anos correspondentes ao período de 1977 a 2007, por não estar disponíveis os dados referentes ao ano de 2008. A análise histórica dos dados pluviométricos permitiu compreender o comportamento da distribuição das chuvas durante o ano nos períodos analisados nesta pesquisa. Isto foi de suma importância na definição das datas das imagens utilizadas para os períodos seco e chuvoso.

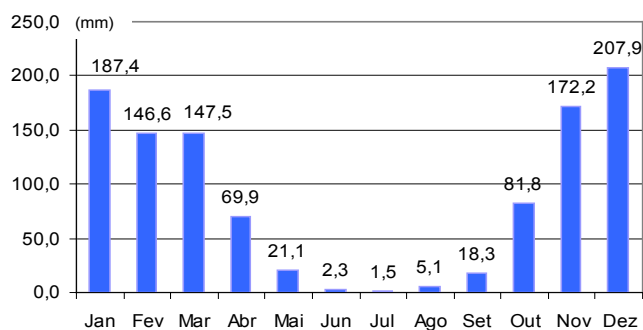
## Resultados e Discussão

Uma das dificuldades encontradas para a realização desta pesquisa foi a indisponibilidade de imagens de satélites totalmente livres de nuvens para a área de estudo referentes ao período chuvoso.

De acordo com a análise da Figura 5, pode-se afirmar que, em geral, a média anual de precipitação é de 1060mm, dos quais 95,4% concentram-se nos meses de outubro a abril. Desta forma, a análise das médias pluviométricas mensais auxilia na compreensão do comportamento das chuvas na área de estudo.

Portanto, o ideal seria analisar imagens deste período, pois a vegetação apresentar-se-ia mais saudável. Entretanto, como a condição de nulidade da cobertura de nuvens não foi satisfeita foram utilizadas imagens do período de maio a julho, nas quais a vegetação não tinha alcançado o estágio de estresse, quando perde parcial ou totalmente as folhas, devido às condições de elevada temperatura e a baixa umidade relativa do ar.

A análise da série histórica de precipitação em 30 anos corrobora com os resultados encontrados, demonstrando que a área de estudo é caracterizada por duas estações bem definidas, sendo uma seca e a outra chuvosa, o que vai interferir diretamente no comportamento espectral da vegetação.



**Figura 5:** Média mensal da precipitação pluviométrica entre 1977 e 2007 no município de Barreiras

Fonte: Estação Climatológica da CPRM.

## Análise do NDVI para a vegetação de encostas e vales

### Ano de 1988

A análise das amostras de vegetação de encostas e vales para o ano de 1988 demonstraram variâncias homocedásticas, posto que o valor de  $F$  Crítico *Uni-caudal* é maior que o valor de  $F$ , o que implicou na aplicação de um *Teste-T* para variâncias equivalentes, como se pode observar na Tabela 2. A análise dos resultados do *Teste-T* Unilateral releva que as médias referentes à vegetação de vale e encostas do período chuvoso são realmente diferentes das médias do período seco, pois o valor de  $P$  *uni-caudal* é menor que o valor de significância adotado que foi de 5%. Desta maneira fica estatisticamente comprovada uma mudança significativa entre o comportamento espectral da vegetação das encostas e vales no período chuvoso em relação ao período seco.

**Tabela 2:** Teste-F e Teste-t para classe de vegetação de encostas e vales (ano de 1988).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalente	
F	0,269764727	P(T<=t) uni-caudal	0,000148
F crítico uni-caudal	0,314574906	Significância	0,05

### Ano de 1998

Análise semelhante à desenvolvida para o ano de 1988, acerca da vegetação de vales e encostas, explica o comportamento desta mesma classe temática para o ano

de 1998, pois o  $F$  crítico *uni-caudal* revela valor maior que  $F$ , sendo aplicado um *Teste-T* para duas amostras, presumindo variâncias equivalentes (Tabela 3). Isto permite afirmar que ocorreram alterações significativas neste tipo de vegetação entre a estação chuvosa e a seca.

**Tabela 3:** Teste-F e Teste-t para classe de vegetação de encostas e vales (ano de 1998).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes	
F	2,36080893388408	P(T<=t) uni-caudal	0,00505680228070553
F crítico uni-caudal	3,17889310458098	Significância	0,05

### Ano de 2008

Resultados semelhantes foram apresentados pela classe temática em questão para o ano de 2008. O *Teste-F* apresentou médias homocedásticas e o *Teste-T*, aplicado para amostras com variâncias equivalentes, demonstrou médias diferentes, pois o valor de  $P$  *uni-caudal* foi menor do que o nível de significância adotado de 5%, (Tabela 4). Portanto pode-se afirmar que a vegetação de vales e encostas exibiu uma dinâmica associada à variação sazonal, comprovada pelos valores médios encontrados.

**Tabela 4:** Teste-F e Teste-t para classe de vegetação de encostas e vales (ano de 2008).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes	
F	0,186998697236667	P(T<=t) uni-caudal	0,01285954457504
F crítico uni-caudal	0,314574906139165	Significância	0,05

Relevante se faz ressaltar que mesmo a vegetação dos vales e das encostas que geograficamente é encontrada em micro-ambientes que possuem condições climáticas relativamente amenas devido a presença de umidade, sofre alterações significativas nas suas médias, nas distintas estações do ano estudadas, como comprovam as análises estatísticas realizadas.

## Análise do NDVI para Agricultura

### Ano 1988

O *Teste-F* aplicado para a classe temática de agricultura revelou variâncias diferentes, sendo, portanto classificado como heterocedástico, pois a valor de  $F$  crítico *uni-caudal* foi menor que o valor de  $F$ . O *Teste-T*, presumindo variâncias diferentes, apresentou resultados de médias distintas, sendo o valor de  $P$  *uni-caudal* menor do que o nível de significância de 5%, indicando mudanças significativas no comportamento espectral da agricultura entre as duas estações do ano estudadas, como se observa na Tabela 5.

**Tabela 5:** Teste-F e Teste-t para classe de agricultura (ano de 1988).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes	
F	0,893912616827032	P(T<=t) uni-caudal	0,00360280420242505
F crítico uni-caudal	0,314574906139165	Significância	0,05

### Ano de 1998

Neste ano de 1998 o *Teste-F* apontou variâncias equivalentes, portanto homocedástico, uma vez que o valor de *F crítico uni-caudal* foi maior do que o valor de *F*. O *Teste-T* aplicado para variâncias semelhantes revelou que as médias são iguais, pois o valor de *P uni-caudal* foi maior do que o nível de significância, como se pode observar na Tabela 6. Este fato pode ser explicado porque a classe temática analisada, agricultura, é um tipo de uso e, portanto as médias do período chuvoso em relação ao período seco foram consideradas semelhantes, o que significa que não houve mudanças significativas no comportamento espectral da agricultura entre as duas estações do ano estudadas.

Para os pontos amostrados para a classe temática da agricultura encontraram-se alguns com valores de NDVI negativos no período da seca, o que não ocorreu com a classe de vegetação de vale e encostas.

**Tabela 6:** Teste-F e Teste-t para classe de agricultura (ano de 1998).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes	
F	1,27555061980484	P(T<=t) uni-caudal	0,0580489701049695
F crítico uni-caudal	3,17889310458098	Significância	0,05

### Ano de 2008

Para este ano, variâncias diferentes foram encontradas, pois o valor de *F crítico* foi menor que o valor de *F*, sendo considerado heterocedástico. Assim aplicou-se o *Teste-T* que também revelou médias distintas, visto que o valor de *P uni-caudal* foi menor do que o nível de significância adotado (Tabela 7), o que permite afirmar que a agricultura manifestou comportamento espectral diferenciado nos períodos estudados.

**Tabela 7:** Teste-F e Teste-t para classe de agricultura (ano de 2008).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes	
F	3,91354643359883	P(T<=t) uni-caudal	0,0127877088832378
F crítico uni-caudal	3,17889310458098	Significância	0,05

## Comportamento espectral da vegetação de Cerrado

### Ano de 1988

Para o ano de 1988, a vegetação de cerrado apresentou variâncias distintas, uma vez que o valor de *F crítico uni-caudal* foi menor do que o valor de *F*, sendo considerada heterocedástica. Desta maneira o *Teste-T* para variâncias diferentes foi aplicado e os resultados obtidos revelaram médias distintas (Tabela 8), o que permite afirmar, estatisticamente, que a vegetação de cerrado teve um comportamento espectral diferenciado do período chuvoso para o período seco.

**Tabela 8:** Teste-F e Teste-t para classe de vegetação de cerrado (ano de 1988).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes	
F	0,632700302991435	P(T<=t) uni-caudal	0,000066387624980
F crítico uni-caudal	0,314574906139165	Significância	0,05

### Ano de 1998

O *Teste-F* revelou variâncias semelhantes da vegetação de cerrado do período chuvoso e seco, pois o valor de *F crítico uni-caudal* foi maior do que o valor de *F*. Aplicou-se então o *Teste-T* homocedástico, que apresentou as médias como diferentes, pois o valor de *P uni-caudal* foi menor do que o nível de significância, conforme se observa na Tabela 9. O que demonstra que o cerrado apresentou mudanças significativas no seu comportamento espectral entre os períodos de seca e chuva.

**Tabela 9:** Teste-F e Teste-t para classe de vegetação de cerrado (ano de 1998).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes	
F	0,275917786097417	P(T<=t) uni-caudal	0,00023598696593137
F crítico uni-caudal	0,314574906139165	Significância	0,05

### Ano de 2008

O *Teste-F* aplicado para as amostras de vegetação de cerrado do ano de 2008 apresentou variâncias diferentes, sendo utilizado, portanto o *Teste-T* presumindo variâncias também diferentes, que revelaram médias distintas, comprovando que houve grandes alterações nesta classe temática entre o período chuvoso e o de estiagem (Tabela 10). Tais resultados corroboram as informações que muitas vezes são visíveis a olho nu, cuja percepção revela que a vegetação de diferentes extratos, densidades e espécies, e até mesmo a agricultura, são mais saudáveis durante a estação chuvosa e se tornam estressadas no período de seca.

**Tabela 10:** Teste-F e Teste-t para classe de vegetação de cerrado (ano de 2008).

Teste-F: duas amostras para variâncias		Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes	
F	0,834806345621234	P(T<=t) uni-caudal	0,00102972493159467
F crítico uni-caudal	0,314574906139165	Significância	0,05

De forma geral, pode-se afirmar que ocorreu um aumento relativo dos valores de NDVI no período chuvoso independente da classe temática analisada, devido a marcante sazonalidade das chuvas na região Centro Oeste. Os testes estatísticos realizados para as três classes temáticas nos anos de 1988, 1998 e 2008, totalizam nove amostras, sendo que oito apresentaram médias de NDVI diferentes do período seco em relação ao chuvoso, o que corresponde a 91%, e apenas uma amostra da classe de agricultura para o ano de 1998 apresentou médias iguais, permitindo afirmar que apenas 9% não indicaram comportamento espectral no período chuvoso diferente do período seco, o suficiente para alterar as médias de reflectância.

## Considerações Finais

Independente da classe temática notou-se um padrão atrelado à precipitação, o que permite afirmar que o comportamento espectral das diferentes classes de vegetação e mesmo da agricultura está estritamente associado à presença de chuvas, pois a análise do NDVI demonstrou que a vegetação está intrinsecamente relacionada com a sazonalidade da precipitação pluviométrica do município de Barreiras.

A despeito de tal consideração, pode-se questionar se as médias diferentes são ocasionadas em função apenas dos efeitos da sazonalidade ou também das alterações no meio provocadas pela ação antrópica, como é o caso da produção agrícola em larga escala, atividade esta, comum no Oeste Baiano.

Levanta-se também a hipótese, portanto, de que pontos selecionados como sendo vegetação de cerrado em 1988, por exemplo, tenham se tornado nos anos subsequentes em áreas de expansão da agricultura, o que pode explicar a redução do NDVI. Neste sentido, os valores do índice de vegetação relativamente mais baixos podem estar associados não somente aos efeitos da sazonalidade como também ao processo de antropização, que tem provocado a supressão da vegetação natural para o cultivo agrícola.

Desta forma, pode-se considerar que os baixos valores de NDVI, estão associados à perda parcial ou total das folhas da vegetação na estação seca por efeito da sazonalidade e do desmatamento em função do avanço do agronegócio e pastagens.

É perceptível que a precipitação pluviométrica interfere diretamente na cobertura vegetal, contudo para tornar tais alterações mensuráveis foi preciso utilizar dados de sensoriamento remoto orbital, bem como de técnicas de processamento digital de imagens. Necessário também se fez realizar uma análise estatística dos pontos amostrados com os valores de NDVI, das diferentes classes temáticas durante as estações chuvosa e seca nos anos de 1988, 1998 e 2008.

A utilização de imagens de satélites de diferentes períodos permite a quantificação e análise do estresse da vegetação no período de estiagens prolongadas, como regularmente ocorre no clima Tropical Continental.

## Referências Bibliográficas

- AB'SÁBER, A. *Os domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagística*. São Paulo: Ateliê, 2007.
- ALMEIDA, S. A. O. *Determinação de redução de umidade superficial na região dos cerrados com imagens AVHRR/NOAA e precipitação pluviométrica*. Brasília: Universidade de Brasília (tese de doutorado), 1997.
- BRAGA, C. C. *Inter-Relações entre Padrões de Índice de Vegetação e de Pluviometria no Nordeste no Brasil*. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba (tese de doutorado), 2000.
- CRÓSTA, A. P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2002.
- FERNANDES, A. *Fitogeografia Brasileira: províncias florísticas*. Fortaleza: Realce editora e indústria gráfica, 2006. 202p.
- GONZALEZ, R. C; WOODS, R. E. *Processamento de imagens digitais*. São Paulo: Blücher, 2000.
- JENSEN, J. R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres*. Tradução de José Carlos Epiphânio (coord) et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- LIESENBERG, V.; PONZONI, F. GALVÃO, L. S. *Discriminação espectral de algumas fitofisionomias do Cerrado brasileiro através de dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA*. In: ANAIS XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007, pp. 1703-1710
- MOREIRA, M. A. *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. São Paulo: Blucher, 2008.
- PIRES, M. O. SANTOS, I. M. (Orgs.). *Rede Cerrado: Construindo o Cerrado Sustentável*. Experiências e Contribuições das ONG's – Brasília: Gráfica Nacional, 2000.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y, E. *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos-SP. Ed: Parêntese, 2009.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. *Fitofisionomias do Bioma Cerrado*. In SANO, S. M. e ALMEIDA, S. P. (ed.). *Cerrado: Ambiente e Flora*. Planaltina: Embrapa, 1998, p. 87-166.
- ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar*. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2007.
- SILVA, S. B. M.; SILVA, B. C. N. *Estudos sobre Globalização, Território e Bahia*. Salvador, Edufba, 2003.
- Sítios web:  
 Geocover Landsat (NASA): <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>  
 Imagens Landsat (Catálogo de imagens do INPE): <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>  
 Scielo: <http://www.scielo.br/img/fbpe/rbg/v16n2-3/34.gif>