



## ASPECTOS DO CLIMA E VEGETAÇÃO A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS NDVI APLICADA À REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE-MG

JOÃO PEDRO DOS SANTOS<sup>1</sup>  
ANTÔNIO AUGUSTO DRUMMOND MOREIRA<sup>2</sup>  
ERIC GOULART PEREIRA<sup>3</sup>  
CARLOS HENRIQUE JARDIM<sup>4</sup>

**Resumo:** O presente artigo teve o propósito de discutir aspectos da relação entre clima e vegetação a partir da resposta espectral dada pelo NDVI (Normalized Difference Vegetation Index ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) aplicado à região metropolitana de Belo Horizonte. Os resultados foram relacionados a variáveis meteorológicas em dois momentos sazonalmente distintos do ano (inverno e verão) destacando a vegetação através da resposta espectral da água, principalmente no período de inverno, quando há menos ruído atmosférico.

**Palavras-chave:** clima, vegetação, sensoriamento remoto.

**Abstract:** This paper aimed to discuss aspects of the relationship between climate and vegetation from the spectral response of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index or Normalized Difference Vegetation Index) applied to the metropolitan region of Belo Horizonte-Brazil. Results were related to meteorological variables at two different times of the year (winter and summer) by highlighting the vegetation spectral response of water, especially during the winter when there is less atmospheric noise.

**Keywords:** climate, vegetation, remote sensing.

### 1 – Introdução

No processo de ocupação humana do planeta, o entendimento do clima e sua relação com a vegetação, que segundo Weiers (2004) ocupa aproximadamente 70% da superfície terrestre e representa um dos mais importantes sistemas, mostra-se fundamental, na medida em que contribuiu para o desenvolvimento da agricultura e sedentarização do homem e, por consequência, estabelecer a sociedade.

O clima, a vegetação e a sociedade podem ser consideradas componentes integrantes de um sistema dentro do planeta Terra, assumindo que, segundo Miller (1965), estas unidades sistêmicas formam um conjunto e se inter-relacionam, seja controlando, condicionando ou dependendo do estado das outras unidades. Nesse sentido, como

<sup>1</sup> Graduando em Geografia, Departamento de Geografia/IGC/UFMG, pedro.joao.15@hotmail.com.

<sup>2</sup> Graduando em Geografia, Departamento de Geografia/IGC/UFMG.

<sup>3</sup> Graduando em Geografia, Departamento de Geografia/IGC/UFMG.

<sup>4</sup> Professor Adjunto, Departamento de Geografia/IGC/UFMG, cjardim@yahoo.com.



também averiguou Christofolletti (1979, p. 1), [...] “o conjunto encontra-se organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, e o seu grau de organização permite que assuma a função de um todo que é maior que a soma de suas partes” [...]. Assim, pode-se perceber que o clima – seus elementos e fatores – sofre influência e é influenciado pela vegetação, tal como os outros dois componentes agem juntamente interferindo e sofrendo com as alterações impostas pela ação antrópica.

Um método capaz de oferecer um diagnóstico da disponibilidade de água no ambiente é através da análise de stress hídrico da vegetação, e isso pode ser verificado com algumas ferramentas do sensoriamento remoto. Além do trabalho de campo, conforme indicado por Barajas (2006, p.68) [...] “as técnicas de sensoriamento remoto, através da análise espectral, permitiram obter uma visão sinótica requerida por uma ampla variedade de estudos ambientais” [...]. Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros dados da superfície terrestre, através da captação e registro da energia refletida e emitida pela própria superfície. A energia utilizada neste processo é a radiação eletromagnética, que representa a distribuição da radiação, por regiões, seguindo o comprimento de onda e frequência (Florenzano, 2007). Como exemplo, a região do visível, região do espectro onde o olho humano enxerga a luz, compreende entre 0,4 a 0,72 micrômetros. Já a região do infravermelho próximo compreende entre 0,72 a 1,10 micrômetros. E a região do infravermelho médio compreende 1,10 a 3,20 micrômetros. A estrutura da vegetação é sensível à região do infravermelho próximo e a absorção devido à água líquida afeta a refletância das folhas na região do infravermelho médio. Portanto, o fator fundamental nessa última região espectral é a água disponível no interior das folhas.

Para estudos de vegetação por imagens orbitais é recomendado reconhecer a interação de alguns componentes que estruturam esse sistema, alguns agindo como sistemas dentro de outros sistemas. Referindo-se a sistema como o conjunto dos componentes e das relações entre si e suas conseqüências (Christofolletti, 1979). O primeiro componente a ser considerado é a fonte de radiação, considerando a localização espacial e a quantidade irradiada. A atmosfera seria o segundo componente que compreende um fator importante no espalhamento dos diversos comprimentos de onda e da umidade relativa. O terceiro componente fica com o dossel que, neste caso, pode conferir todas as propriedades da vegetação (folhas, galhos, frutos, flores etc.) e a espacialidade do plantio, ou seja, dentre outros componentes, o albedo da vegetação. Por fim o solo que é caracterizado por uma série de propriedades, como a refletância e absortância, rugosidade superficial, textura e umidade (Ponzoni e Shimabukuro, 2007).



Índices de Vegetação são medidas radiométricas capazes de identificar em imagens digitais a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, tais como índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, radiação fotossinteticamente ativa absorvida, teor de clorofila e biomassa verde (JESSEN, 2009).

O principal aspecto tratado neste trabalho foi dado pelo NDVI ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês Normalized Difference Vegetation Index). A utilização de índices de vegetação facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos da vegetação.

Nesse sentido o objetivo deste trabalho foi analisar a variação da resposta espectral da vegetação pelo NDVI, dentro da região metropolitana de Belo Horizonte, e relacioná-las com as variáveis meteorológicas (chuva, temperatura do ar e umidade relativa do ar) em dois momentos sazonalmente distintos do ano (inverno e verão).

## 2 – Procedimentos Metodológicos

Utilizou-se de software e imagens disponibilizadas gratuitamente pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)) conjuntamente a dados meteorológicos do INMET – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)). As imagens utilizadas são provenientes do satélite Landsat 5, sensor TM (Thematic Mapper), disponíveis no acervo de imagens digitais do INPE (Instituto Nacional de pesquisas Espaciais). A órbita/ponto utilizada é a de 218-074, imageadas na região metropolitana de Belo Horizonte, representativas de duas épocas distintas do ano, uma do mês de agosto e outra de dezembro, ambas do ano de 2010 (datadas de 17/08/2010 e 23/12/2010, respectivamente).

Foi utilizada a versão 5.2.6 de 32 bits para Windows do software Spring. A aplicação utilizada nesse software foi a do Índice de Vegetação Normalizada (NDVI). Foram utilizadas as bandas do infravermelho (banda 5) e do vermelho (banda 4). Outra característica do produto é a redução de algumas formas de ruídos (diferenças de iluminação, sombra de nuvens, atenuação atmosférica e algumas variações topográficas). A aplicação sobre a imagem possibilitou sua interpretação quanto ao balanço energético apresentado no momento. Desse modo, o NDVI é definido da seguinte forma:  $NDVI = (pivp - pv) / (pivp + pv)$ , onde pivp é a refletância no infravermelho próximo, pv é a refletância no vermelho.

A banda 4 do Landsat 5 compreende a região do vermelho, no visível, entre o intervalo de 0,76-0,90  $\mu\text{m}$  do espectro eletromagnético. A vegetação quando verde e sadia reflete nesta banda, o que faz com apareça clara nas imagens. Além disso, essa banda apresenta sensibilidade à rugosidade do dossel florestal. A banda 5 do Landsat 5



compreende a região do infravermelho próximo entre 1,55-1,75  $\mu\text{m}$  do espectro eletromagnético. Essa banda apresenta sensibilidade quanto à quantidade de água presente na vegetação, sendo útil para análise de stress hídrico.

A baixa reflectância do visível em resposta a vegetação ocorre pela absorção da radiação solar pela ação dos agentes pigmentantes fotossintetizantes (clorofila, carotenos etc.), já a região do infravermelho próximo possui alta reflectância pelo espalhamento da radiação no interior das folhas devido à estrutura da planta, conforme mencionado anteriormente. O NDVI é obtido pela diferença entre a reflectância do infravermelho próximo e a reflectância do vermelho, que é dividida pela soma desses valores. E como resultado da utilização desse índice obtêm-se imagens onde as regiões cujos pixels possuem tons de cinza mais claro representam as áreas de vegetação. Escolhe-se a região do vermelho para ser trabalhada, pois [...] “quanto menores forem os comprimentos de onda, maior será a interferência da atmosfera” (Ponzoni e Shimabukuro, 2007, p. 82).

Foram utilizados dados de temperatura do ar (máxima, média e mínima, umidade relativa do ar e totais de chuva) de estação meteorológica do ano de 2010 (INMET – Estação Convencional de Belo Horizonte, localizada no cruzamento entre as Av. Raja Gabaglia e Av. do Contorno, no Bairro Lourdes, Centro, 19.93°S e 43.95°W, 915 m de altitude), e dados das Normais Climatológicas 1961-1990 ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)) a fim de dar suporte à interpretação das imagens.

### **3 – Resultados**

As imagens de satélite Landsat 5, bandas 4 e 5 e NDVI do ano de 2010 (referentes à agosto e dezembro) são mostradas na figura 01 e apresentam diferenças de tonalidade, aonde os tons de cinza mais claro equivalem à vegetação realçada e os tons de cinza mais escuro às edificações urbanas ou a ausência da vegetação (figura 01, imagens 5 e 6). Um índice de vegetação com alto valor de brilho indica pixels cobertos por alta proporção de vegetação saudável, ou seja, indicador positivo de quantidade de água.

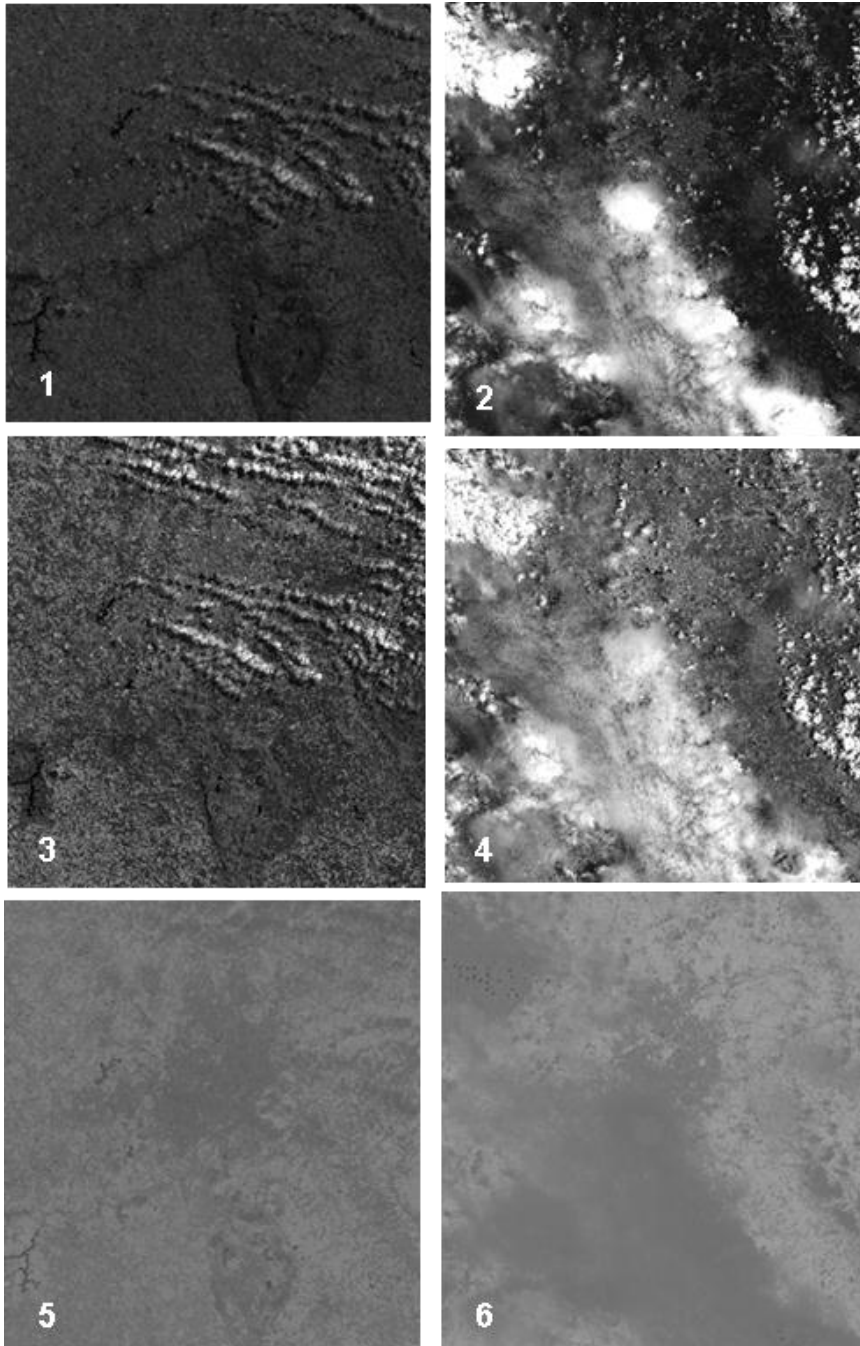


Figura 01. Imagens de satélite Landsat 5 TM com e sem aplicação do índice NDVI. (1) agosto banda 4 e (2) dezembro banda 4; (3) agosto banda 5 e (4) dezembro banda 5; (5) imagens NDVI de (5) agosto e (6) dezembro, datadas de 17/08/2010 e 23/12/2010, respectivamente.

Geralmente os fluxos mais reduzidos das ondas longas ocorrem em dezembro, enquanto os maiores valores são observados em agosto, isso ocorre, segundo Varejão-Silva (2006), porque o fluxo de energia radiante varia pela concentração instantânea dos constituintes radiativamente ativos, como a água que está mais suspensa em tempo chuvoso como em dezembro. Nas bandas do infravermelho a vegetação apresentará nas



imagens tons mais claros do que a água (rios e lagos) que absorvem mais a energia recebida.

Os termos do balanço de radiação, de acordo com Vide (1999) apoiado em Oke (1978), incluem o calor sensível ( $Q_H$ ), ligado à quantidade de radiação solar ( $K\downarrow$ ) recebida pela Terra (um dos produtos de sua absorção) que, devido à inclinação da Terra, mostra-se mais intensa no verão em comparação ao inverno em cada hemisfério, ao mesmo tempo em que proporciona maior diferença de tonalidade nas imagens de satélite. Portanto, os meses de verão no hemisfério sul apresentam maior disponibilidade de calor sensível em contraponto aos meses de inverno. O calor latente ( $Q_E$ ) assume valor positivo no período de maior umidade, encontrado nos meses de verão (próximos a dezembro). As variáveis se relacionam diretamente e por isso quanto maior a incidência de radiação ( $K\downarrow$ ) e conseqüente produção de calor sensível ( $Q_H$ ), maior é a ação sobre  $\Delta Q_P$  (variação do calor bioquímico) que é acentuada pela evapotranspiração dos vegetais ao liberarem vapor (umidade) no ambiente.

A partir das imagens 5 e 6 (figura 1) é possível inferir que, para o componente  $Q_G$  (calor conduzido em profundidade no solo por condução), a emissividade de energia pelos alvos foi maior nas áreas urbanas onde a vegetação mostra-se mais espaçada e, principalmente, devido às propriedades de materiais como o concreto e asfalto. Onde a ocorrência de vegetação é mais efetiva (arredores de Belo Horizonte) esse componente é menor: segundo Pillar (1995, p. 3) [...] “uma vez absorvida pela vegetação a radiação determina o aquecimento dos corpos, os quais passam a emitir radiação por onda longa” [...]. Esse mesmo raciocínio é ratificado por Machado e Azevedo (2006, p. 84) ao afirmarem que [...] “tanto as áreas com vegetação, quanto as áreas urbanas verticalizadas absorvem calor em função da sombra que proporcionam, mas a vegetação possui maior capacidade de absorver calor, também, pela evaporação da água que transpiram e a presença de húmus que aumenta a umidade do solo”.

Isso, evidentemente, não descarta a contribuição da variação do fluxo advectivo de calor e umidade ( $\Delta Q_A$ ), presente tanto em áreas densamente urbanizadas quanto agrícolas e naturais, podendo influenciar nos resultados do NDVI, uma vez que as imagens refletem condições representativas de datas específicas e raramente são apresentadas e/ou disponibilizadas em sequência temporal, como pode ser visto na imagem 6 da figura 01. Nela ocorrem tons ainda mais claros na vegetação dada à presença de ruído pela grande quantidade de nuvens. As imagens foram escolhidas em datas específicas, quando foram registrados alguns dos extremos na temperatura ao longo do ano de 2010, tanto no período



seco (agosto), quanto à do período de chuvas (dezembro), como pode ser observado na figura 02.

Nas datas das referidas imagens, de acordo com dados da estação meteorológica do INMET - Belo Horizonte, foi registrado para o dia 17/08/2010 valor de temperatura máxima do ar de 20,8°C e mínima de 9,7°C, com direção do vento do quadrante norte e elevado número de horas de brilho solar (9,5 h). A condição de estabilidade atmosférica descrita denunciava a ação do Sistema Polar Atlântico. No dia 23/12/2010 foi registrado temperatura máxima de 32,7°C e mínima de 22,6°C, com ventos do quadrante norte e nordeste. A proximidade de centros de baixa pressão influenciava a advecção de umidade para essa área conferindo ao tempo meteorológico condições de indefinição (vento, nebulosidade esparsa etc.).

Gráfico 01 - Totais mensais de chuva p/o ano 2010

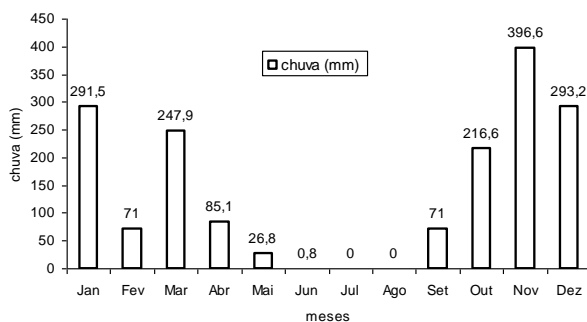


Gráfico 02 - Valores de temperatura p/o ano 2010

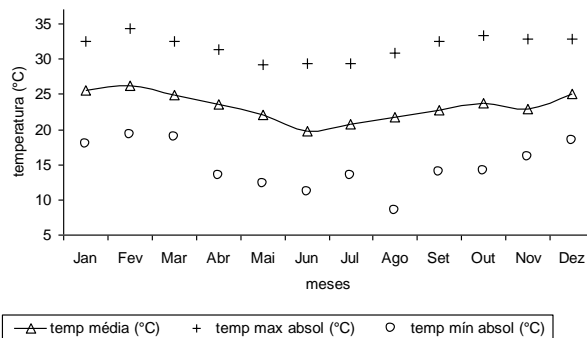


Gráfico 03 - Valores de umidade relativa do ar p/o ano de 2010

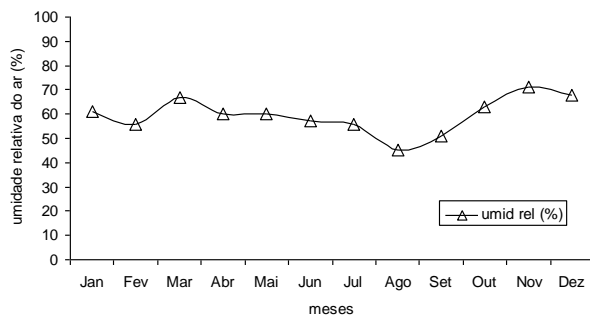


Figura 02. Representação gráfica dos atributos climáticos p/o ano de 2010.



As condições descritas para o mês de dezembro se repetem com relativa frequência durante o semestre de outubro a março, principalmente no trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro. No semestre restante define-se o período de seca com auge no trimestre de junho, julho e agosto.

#### 4 – Considerações Finais

A análise de imagens orbitais juntamente com dados climáticos de superfície mostra-se relevante diante dos objetivos descritos, com base na discussão sobre a relação entre clima e vegetação. Grandes áreas com densa cobertura vegetal possuem imensa capacidade de absorver a energia recebida por meio da radiação solar e convertê-la em calor (infravermelho), ou seja, [...] “quanto maior a quantidade de água no interior da estrutura foliar, menor será a quantidade de radiação refletida” (Ponzoni e Shimabukuro, 2007, p. 11). Daí o fato de se utilizar imagens do infravermelho e a relativa homogeneidade na definição das áreas providas de significativa cobertura vegetal após aplicação do NDVI, principalmente no período seco de inverno quando há menor interferência da umidade atmosférica.

Por outro lado, áreas urbanas tendem a apresentar resposta espectral variável devido a vários fatores como o tipo de material, tamanho e disposição das edificações, pavimentos, manchas esparsas de tamanho variável de vegetação etc., além da entrada de energia proveniente de fontes antropogênicas. Enquanto toda a estrutura vegetal (caule, folhas, flores, frutos etc.) constitui-se em reservatório de água, o ambiente urbano depende de sua importação. Da mesma forma o seu armazenamento é pontual e está restrito a algumas estruturas, reproduzindo condições de ambientes mais secos.

Sugere-se para estudos posteriores a análise de imagens com resolução espacial de maior detalhe em sucessão temporal e interação com série de dados climáticos de estações meteorológicas e tomadas em campo para períodos de tempo maiores.

#### 5 – Referências bibliográficas

BARAJAS, Lópes R. *Monitoreo Del médio ambiente com técnicas de percepção remota. Instituto Nacional de Etsadística Geográfica e Informática. Boletín de los Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica*, Vol. 1, No 2. 2006





CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo. Oficina de textos. 2007.

JESEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: princípios e aplicações**. 3ed. São Paulo: Blucher, 2009.

MACHADO, Antônio Jaschke; AZEVEDO, Tarik Rezende de. *A distribuição espacial dos termos do balanço de energia em superfície a partir de imagem orbital e observação de campo*. **Revista do Departamento de Geografia**, 19, p.81-91. 2006.

MILLER, James G. **Living Systems: Basic Concepts**. Behavioral Science, 1965, n.10, p.193-237.

Pillar, Valério de Patta. **Clima e vegetação**. UFRGS, Departamento de Botânica. 1995. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>>. Acessado em 25 de fev. 2014.

PONZONI, Fávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2007.

VAREJÃO-SILVA, Mário A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital. Recife, 2006.

VIDE, J. M. **Fundamentos de climatologia analítica**. Madri: Síntesis, 1999.

WEIERS, S.; BOCK, M.; WISSEN, M and G. Rossner. *Mapping and Indicator Approaches for the Assessment of Habitats at Different Scales using Remote Sensing and GIS Methods*. **Landscape and urban Planning**, 2004, 67: 43-65.