

## Utilização do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – IVAS, na identificação das áreas de fragilidade ambiental na Zona de Amortecimento da REBIO Saltinho - PE

Josemary Santos e Silva Oliveira <sup>1</sup>

Tiago Henrique de Oliveira <sup>2</sup>

Josiclêda Dominciano Galvêncio <sup>3</sup>

Maria Fernanda Abrantes Torres <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas Condepe/Fidem  
Rua Barão de São Borja, 526 - Boa Vista- Recife/PE - Brasil CEP: 50070-310  
josy.santos04@gmail.com

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA  
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901  
thdoliveira50@gmail.com

<sup>3</sup> Prof. Dr. Departamento de Ciências Geográficas - DCG – UFPE  
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco  
josiclea@hotmail.com  
daetorres@hotmail.com

**Abstract.** As home sets of important ecosystems to biodiversity development, the Atlantic Forest is to the national and international scientific community, the biome with the highest biological potential of the Brazilian territory. The establishment of criterias to delimit the perimeter of interference of human activities is ensured by law but legal instruments have not been sufficient to contain the degradation in the protected fragments borders. The creation of buffer zones is suggested to minimize these actions. This study's main objectives to identify areas susceptible to degradation in the buffer zone of the Biological Reserve Saltinho, generate subsidies for land use and occupation management in the buffer zone Biological Reserve. The specific objectives sought to: to establish levels of anthropization of the forest fragment based on the acquisition and processing of satellite images of medium spatial resolution; to estimate several vegetation indices: Soil-adjusted vegetation Index (SAVI); to prepare a REBIO showing areas more susceptible of fragile vegetation buffer zone, identifying land use and occupation areas with major anthropic activities. To accomplish that, four Landsat 5 TM scenes were pre-processed, orthorectified and a supervised classification was made in order to exclude cloud and cloud shadows values. SAVI mapping were able to identify exposed soil areas, dense and sparse vegetation. Through these indices, it was possible to identify the most susceptible areas to degradation. Vegetation indices met the goals of changes identification caused by human actions, identifying the the forest edges vegetation as more susceptible to degradation.

**Palavras-chave:** Índices de Vegetação, Mata Atlântica, Fragilidade Ambiental

### 1. Introdução

A Mata Atlântica é o bioma com a maior potencialidade biológica do território brasileiro, tal importância caminha ao lado das constantes interferências antrópicas que ameaçam não só a existência da floresta, como também os demais ecossistemas associados a seu habitat. Segundo Costa et al. (2014); O resultado das ações antrópicas neste ecossistema favoreceu a perda da biodiversidade, a desintegração da vegetação configurando uma nova paisagem marcada por mosaicos de fragmentos florestais. Estabelecer critérios que delimite o perímetro de interferência das ações antrópicas são asseguradas por lei, porém, os instrumentos legais não tem sido suficientes para conter a degradação na área limite entre os fragmentos protegidos e a área que antecede este núcleo. A fim de minimizar estas ações Shaffer (1999), sugere a criação de zonas de amortecimento, que funciona como filtro das ações nocivas para a área preservada. A partir da criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. O Ministério do Meio Ambiente (2011), através da Criação do Sistema

Nacional das Unidades de Conservação, estabeleceu as de zonas de amortecimento ou zonas "tampão" para as unidades de conservação ambiental de uso sustentável e proteção integral, onde são previstas penalidades a qualquer atividade que interfira de forma a resultar danos à área limite ou a área protegida. As áreas de proteção ambiental são locais que despertam diferentes interesses de apropriação; questões econômicas e sociais interferem nestes espaços gerando conflitos. De um lado reside à supervalorização de "espaços verdes" aumentando a procura de residências próximas destas áreas, na outra face do problema estão os moradores locais que precisam dos recursos da floresta para sobreviver. Segundo Oliveira, (2006), no centro deste conflito está à necessidade de se conhecer as fragilidades do ecossistema envolvido, para desta forma poder produzir mecanismos capazes de mitigar as ações antrópicas neste meio e favorecer o uso sustentável dos recursos naturais.

Diante desta problemática surge a necessidade de solucionar esta questão com a utilização de ferramentas de baixo custo e ampla aceitação. A utilização das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto no estudo destes locais, sobretudo, da cobertura vegetal tem gerado excelentes resultados no conhecimento e entendimento das relações do ambiente físico natural e as populações que neles residem. De acordo com Lee, et al. (2009) a utilização de imagens de satélite no estudo da vegetação dá possibilidade ao usuário discernir facilmente a fitofisionomia da vegetação classificando os tipos variados de espécies encontradas em áreas de preservação. Esta ferramenta também supera as dificuldades e desvantagens logísticas de monitoramento dos fragmentos de vegetação que muda sazonalmente, bem como se torna útil na avaliação de uma área inacessível. A utilização dos índices de vegetação na identificação de áreas potencialmente degradadas é utilizada amplamente com o objetivo de mitigar os processos decorridos por ações antrópicas ou naturais e, sobretudo serve como subsídio aos entes públicos e privados na gestão e utilização deste espaço de forma sustentável. Neste sentido, o presente estudo tem como principais objetivos a identificação de áreas susceptíveis a degradação na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho Pernambuco, localizada entre os municípios de Barreiros, Rio Formoso e Tamandaré, em Pernambuco. Através deste estudo buscou-se a identificar as áreas de fragilidade ambiental através da obtenção do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) onde foram analisadas imagens de quatro épocas diferentes permitindo uma análise espaço temporal de dez anos que conseqüentemente, servirá como ferramenta para os entes públicos na preservação deste espaço.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Área de estudo**

A zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho está localizada no perímetro dos municípios de Barreiros, Rio Formoso e Tamandaré (Figura 1). Distante cerca de 82 Km da capital do Estado de Pernambuco, Recife, esta inserida nas coordenadas aproximadas de 8° 43' 30''S e 8° 35' 30'' S e 35° 20' 0'' W e 35° 10' 0''W. Segundo dados do Perfil dos municípios (2013), estes municípios possuem o total de 83.598 habitantes inseridos em uma área de usos múltiplos que caracterizam as atividades da agricultura de subsistência, agricultura canavieira, turismo e pecuária. O perímetro que delimita a área de interferência da zona de amortecimento da Rebio Saltinho segue as normas do Conama nº 13/90, que estabelece um raio de 10 km a partir da unidade de conservação o local de interesse a ser preservado.

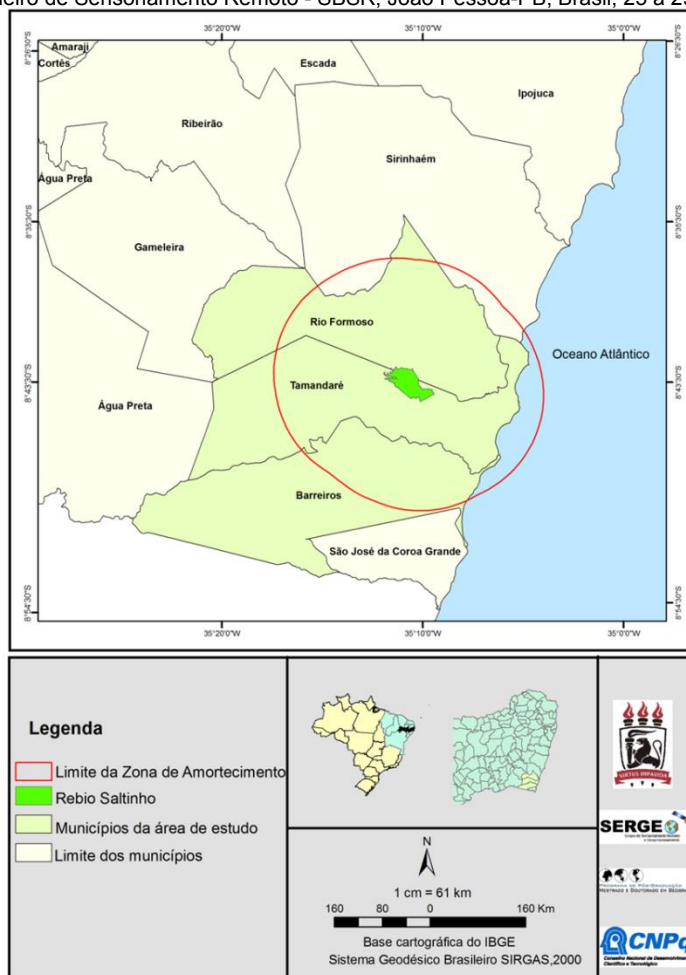


Figura 1. Localização dos municípios da zona de amortecimento da Rebio Saltinho.

## 2.2 Dados radiométricos

Na composição desta metodologia foram utilizadas quatro imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) de órbita 214 ponto 66, do Satélite Landsat 5, obtidas através da Divisão de Geração de Imagens (DGI), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O imageamento da área de estudo corresponde à data de passagem de 10 de maio de 1996, 04 de agosto de 1998, 26 de agosto de 2006 e 06 de setembro de 2010. A escolha das cenas foi feita mediante a menor cobertura de nuvens. Posteriormente foi realizada a ortorretificação da imagem. Foi realizado um buffer selecionando a área de interesse que corresponde aos municípios de Rio Formoso, Tamararé, e Barreiros com base na Resolução do Conama. A seleção das Bandas 4, 3 e 2 em RGB, para a composição da Imagem colorida, foi realizada com base nas especificações do satélite Landsat 5, possibilitando uma interpretação fidedigna dos alvos observados visto as características das Bandas possuir parâmetros específicos para a identificação da vegetação verde, corpos hídricos e áreas construídas.

## 2.3 Processamento das imagens

O índice de vegetação foi obtido mediante ao computo da radiância e da reflectância, conforme exemplificado no fluxograma da figura abaixo (Figura 2). Para a radiância foi utilizada a metodologia proposta por Allen et al. (2002), amplamente utilizada por vários autores como; Leivas et al., (2013); Ponzoni (2002), Xu (2006); Zanchi e Oliveira, (2009); em diferentes aplicações.

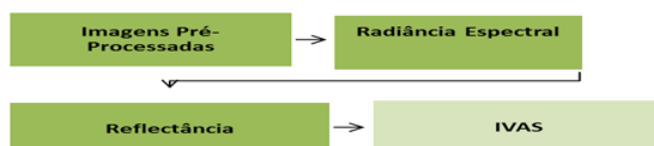


Figura 2. Fluxograma para obtenção do índice de vegetação

### 2.3.1 Calibração radiométrica

A calibração radiométrica (Equação 1) é dada pela intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido e seu conceito pode ser comparado ao conceito de brilho, ou seja, um objeto é considerado mais brilhante quanto maior for sua “radiância medida”. O conjunto da radiância ou calibração radiométrica é obtida pela equação proposta por Markham e Baker (1987):

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Em que  $a$  e  $b$  são as radiâncias espectrais mínima e máxima ( $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$ ),  $ND$  é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e  $i$  corresponde às bandas (1, 2, ... e 7) do satélite Landsat 5. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003).

### 2.3.2 Reflectância

A reflectância (Equação 2) de cada banda ( $\rho_{\lambda_i}$ ) é definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, que é obtida com através da equação (Allen et al., 2002):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{K_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

Em que  $L_{\lambda_i}$  é a radiância espectral de cada banda,  $k_{\lambda_i}$  é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ( $Wm^{-2}\mu m^{-1}$ ),  $Z$  é o ângulo zenital solar e  $d_r$  é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_0$ ) e a distância Terra-Sol ( $r$ ) em dado dia do ano (DSA).

### 2.3.3 Índice da Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS)

Foi utilizado o índice de vegetação ajustado por solo (Index Vegetation Soil Adjusted – IVAS) introduzindo um fator no IVDN para incorporar o efeito da presença do solo, mantendo-se o valor do IVDN dentro de -1 a +1, seguindo a equação proposta por Heute (1988). Esse índice é calculado pela equação 3:

$$IVAS = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)} \quad (3)$$

onde  $IV\rho$  e  $V\rho$  correspondem, respectivamente, às bandas do infravermelho próximo e do vermelho e  $L$  é o fator de ajuste do solo, cujo valor mais frequentemente usado é 0,5 (Accioly et al., 2002; Boegh et al., 2002; Silva et al., 2005).

## 3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir do IVAS (Figura 3), nas imagens de 1996 e 1998 não apresentaram mudanças significativas, diferente do encontrado quando observamos o intervalo entre os anos de 2006 e 2010 onde foi possível perceber a redução da cobertura vegetal e o aumento considerável das áreas de solo exposto. Nas classes de 0,01 - 0,30 os

alvos identificados corresponde a solo exposto, e os de valor  $< 0$  água e nuvem. Nas imagens dos anos 2006 e 2010, os valores encontrados nas classes de 0,31 - 0,40 indicaram áreas de vegetação esparsa, e áreas com valores de 0,21 - 0,30 vegetação rala no perímetro da borda da Rebio Saltinho. Em períodos anteriores (1996 e 1998), era possível perceber uma maior densidade da cobertura vegetal na borda da reserva, onde os índices mostraram valores de 0,41 - 0,50 e 0,51 - 0,60.

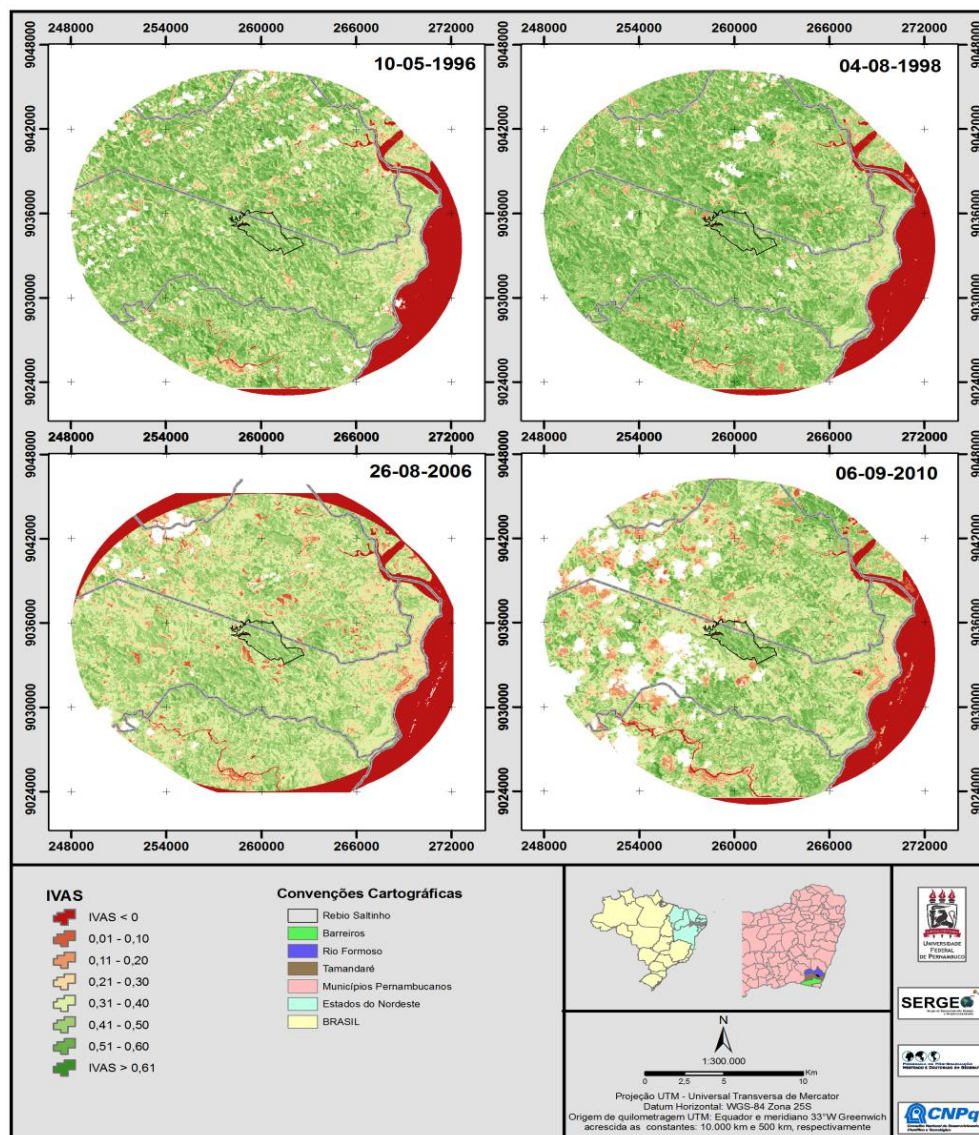


Figura. 3 Análise espaço temporal da cobertura vegetal do Índice da Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) da ZA da Rebio Saltinho, municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Barreiros -PE.

Paciencia et al. (2004), afirmam que as bordas são áreas mais propensas as perturbações externas, onde a intensidade dos fluxos biológicos se modificam de forma brusca devido à mudanças no ambiente preservado para um outro ambiente com condições bióticas diferentes do núcleo denominado como fragmento. Ainda de acordo com os referidos autores, condições adversas podem decorrer de maneira negativa para a matriz preservada como: aumento da penetração da luz solar e maior incidência de ventos. Como consequência destas alterações tem-se o aumento da temperatura no ambiente, diminuição da umidade relativa do ar e do solo favorecendo o estresse hídrico da vegetação. A redução da vegetação na zona de

amortecimento da Rebio Saltinho se deu em decorrência do aumento das atividades agrícolas e pecuária, pois, os municípios onde está localizado tem a maior parte da vocação econômica voltada para este setor.

Assim como os valores de IVAS obtidos neste trabalho, Giongo et al (2007), em fragmentos de Mata Atlântica, obteve resultados semelhantes, que refletiram uma densidade menor de cobertura vegetal para os alvos de classe 0,31 - 0,40. Os alvos < 0 estão associados a áreas de corpos hídricos, pastagem, vegetação rasteira e uma baixa densidade da cobertura vegetal. Estudos realizado por Viganó et al (2011), no Semiárido nordestino, indicaram treze classes para identificação dos alvos, porém as classes mais representativas são as que indicaram o menor valor para as áreas de solo exposto, cursos hídricos e Estradas, validando desta forma os resultados observados neste trabalho. As classes dos índices de 0,21 - 0,30 identificadas na área de estudo como solo exposto, também podem ser interpretados como alvos que representam os cursos dos rios, áreas com edificações, rodovias e as estradas vicinais.

Para a análise da fragilidade ambiental foi utilizado os valores obtidos na classificação supervisionada onde foram identificados os diferentes tipos de cobertura vegetal. Segundo Almeida et al (2012), a vegetação exerce função intrínseca na proteção do solo, evitando processos erosivos, déficit hídrico, e redução de fertilidade. Segundo Kawacubo et al (2005), a cobertura vegetal presente no solo também serve como indicador das condições de fragilidade que está submetida determinado espaço. O referido autor estabeleceu cinco classes que identifica o grau de equilíbrio e desequilíbrio que o ambiente está inserido, sendo elas: Muito fraca (1), Fraca (2), Média (3), Forte (4), Muito Forte (5), para os processos morfodinâmicos ocasionados em decorrência da falta da cobertura vegetal. De acordo com os valores obtidos no IVAS da Tabela 1, as áreas de cobertura vegetal densa sofreram uma redução considerável deixando este local mais susceptível aos processos erosivos, a perda de biodiversidade e a degradação da área núcleo preservada.

Classes de vegetação	Valores do IVAS	Intensidade da Fragilidade ambiental
Vegetação Densa	> 0,61	Muito fraca
Vegetação Arbórea	0,51 - 0,60	Fraca
Vegetação Esparsa	0,31 - 0,40	Média
Vegetação Rala	0,21-0,30	Forte
Solo exposto	0,01 - 0,20	Muito Forte
Nuvem e Água	< 0	Sem classificação

Tabela 1. Intensidade da fragilidade ambiental na Zona de Amortecimento da Rebio Saltinho.

#### 4. Conclusões

Através dos índices de vegetação foi possível identificar os locais que sofreram com mais intensidade as interferências antrópicas e os locais mais susceptíveis a diminuição da cobertura vegetal. Os índices observados na carta do IVAS, para a zona de amortecimento, teve seus alvos bem diferenciados. Os valores observados através do IVAS indicou uma excelente resposta na classificação dos alvos diferenciando bem os valores de solo exposto, vegetação densa e vegetação rala. A utilização deste índice foi satisfatória servindo ao propósito de indicar quais as áreas necessitam de mais atenção para conservação e recuperação. Foi possível ainda indicar ao longo do período analisado que a zona de amortecimento vem sofrendo intensa pressão nos seus recursos florestais. Através da análise da intensidade da fragilidade ambiental, as classes que correspondem à zona de amortecimento da Rebio Saltinho está entre a fragilidade forte e muito forte indicando aos

entes do setor público e privado e as comunidades da vizinhança que se beneficiam deste espaço que é preciso preservar a zona de amortecimento, e a continuidade da área preservada que corresponde a Rebio Saltinho, depende deste esforço porque as ações que ocorrem no seu perímetro refletem na unidade de conservação comprometendo subsistência das espécies da fauna e da flora local.

### **Agradecimentos**

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, por oferecer gratuitamente as imagens de satélite para execução desta pesquisa, a Agência Condepe- Fidem, ao Laboratório de Geoprocessamento da UFPE - SERGEO e aos gestores da Reserva Biológica de Saltinho – PE.

### **Referências Bibliográficas**

Accioly, L. J.; Pacheco, A.; Costa, T. C. C.; Lopes, O. F.; Oliveira, M. A. J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/Landsat. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.492-498, 2002.

Almeida, N. V.; Cunha, S. B.; Nascimento, F. R., **A Cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da Bacia hidrográfica do rio Taperoá – Nordeste do Brasil/ Paraíba.** REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.3, N.4, p. 365-378, 2012.

Allen, R.;G.; Tasumi, M.; Trezza, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 97p., 2002.

Boegh, E.; Soegaard, H.; Thomsen, A. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. Remote Sensing of Environment, v.79, n.1, p.329-343, 2002.

Costa, C.C.; Gomes, J. L. Almeida, P.; A. **Seleção de Indicadores de Sustentabilidade em fragmentos florestais de Mata Atlântica na Bacia Hidrográfica do rio Poxim Sergipe, por meio do geoprocessamento.** REGET/UFMS V.18 N. 1, 2014. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/11248> Acesso em 05. Nov.2014.

Chander, G.; Markan, B. **Revised Landsat 5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges** 2003. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. v.41 n.11, p.2674 – 2677

Giongo, P.R., Moura, G.B.A., Rêgo, P.L., Medeiros, S.R.R. **Índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF estimados com imagens Landsat 5 –TM.** VII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2007, Recife.

Huete, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. International Agrophysics, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

Lee, Tsai-Ming.; Yeh,Hui-Chung. **Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of Danshui River estuary mangrove communities, Taiwan.** Ecological Engineering, Volume 35, Issue 4, April 2009. pg. 487 - 496 Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science>> Acesso em abr. 2012.

Markam, B.L.; Barker, L. L.; **Thematic mapper band pass solar atmospheric irradiances** , International Journal of Remote Sensing, 1987, v.8 n.3 p.571- 523

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - Sistema Nacional das Unidades de Conservação - SNUC: **O sistema nacional das unidades de conservação da Natureza.** Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> acesso em jan. 2013.

Oliveira, F. S.; **Diagnóstico dos Fragmentos Florestais e das áreas de Preservação Permanente no entorno do Parque Nacional do Caparó, no estado de Minas Gerais**, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2006.

Paciencia, M. L. B.; Prado, J.; **Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia**, Brasil, Revista Brasil Bot., v.27, n.4, p.641-653, out. - dez. 2004.

Ponzoni, F.J. Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação: **Diagnosticando a Mata Atlântica**. Cap.8. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -, INPE-8984-PUD/62 São José dos Campos, 2002.

Silva, B. B. da; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. de. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005.

Shafer, C.L. **US National Park Buffer Zones: Historical, Scientific, Social and Legal Aspects**. *Environmental Management* 23: 49-73, 1999.

Viganó, H. A.; Borges, E.F., Franca-Rocha, W.J.S.; **Análise do desempenho dos índices de vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, Curitiba. Anais do XV SBSR, Curitiba, PR, 2011, p.1828 - 1834.

Xu, H. **Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery**. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 27, No. 14, 20 July 2006, 3025–3033

Zhianc, F. B.; Waterloo, M. J. ; Aguiar, L. J. G.; Randow, C.v.; Kruijt, B.; Cardoso, F. L.; Manzi, A. O.; **Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil**, *Acta Amazônica* vol. 39(2) 2009: 335 – 348