

Análise da vegetação em faixas de servidão de linhas de transmissão de energia elétrica

Alessandra Mariane Knopik Beltrame¹
Maurício George Miguel Jardim¹
Rogério Moreira Jacobsen²
José Alberto Quintanilha¹

¹ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP
Av. Prof. Almeida Prado, Tv. 2, nº 83 - Cidade Universitária – São Paulo - SP, Brasil – CEP
05508-906
aleknopik@yahoo.com.br
mjardini@pea.usp.br
jaquinta@usp.br

² Transmissoras Brasileiras de Energia - TBE
Rua Tenente Negrão, 166, and 6º, sala B, São Paulo - SP, Brasil – CEP 04530-030
rjacobsen@tbenergia.com.br

Abstract. The vegetation occupies a considerable part of the domain limits of the powerlines in the region north of Brazil. It is important that the responsible ones for the maintenance of these lines know the volume and type of the vegetation, thus facilitating the maintenance of the same ones. In this context, the remote sensing is presented as efficient tool in the biophysics identification of areas of vegetal coverage and its characteristics - through techniques as indices of vegetation and classification of images - supplying subsidies to its diagnosis and monitoring. This paper it presents an analysis of vegetation made for 40km of powerlines, using Quickbird image, considering the necessity of raised space resolution for coverage of the band - 100m of edge of the line - as well as in the distance enters the vain ones of the towers, of 420m on average. It obtained vegetation classification accuracy of 85,9% using Maxver classifier.

Palavras-chave: vegetation index, image classification, powerline, índices de vegetação, classificação de imagens, linha de transmissão.

1. Introdução

As linhas de transmissão de energia elétrica, somente na região norte do país, atingem uma extensão de mais de 900km, interceptando tanto áreas urbanas e rurais, como também trechos da floresta amazônica. A manutenção de todo este trecho é um processo complexo e oneroso, envolvendo complicadores como dificuldade de acesso à algumas regiões - tanto por suas características geográficas como também pelo regime de chuvas da região - e o desconhecimento do tipo e volume de vegetação a ser podada dentro da faixa de servidão.

Neste contexto, o sensoriamento remoto apresenta-se como ferramenta eficiente na identificação de áreas de cobertura vegetal e suas características biofísicas, fornecendo subsídios para seu diagnóstico e monitoramento.

Valendo-se de medidas espectrais, pesquisadores vêm desenvolvendo índices de vegetação visando a análise qualitativa e quantitativa desta. Entre os índices mais amplamente utilizados encontra-se o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada – NDVI, consistindo na proporção normalizada entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo (Rouse et al., 1974). Uma de suas variações é o Índice de Vegetação com Resistência Atmosférica – ARVI, cujo diferencial é sua auto-correção atmosférica, através da inclusão a banda do azul na sua fórmula (Kaufman e Tanré, 1992).

Todavia, pesquisas recentes apontam a limitação do emprego de bandas do visível e do infravermelho próximo por sofrerem maior espalhamento atmosférico (Cruz et al. 2005), além da saturação em áreas de vegetação adensada (Huete et al. 1997, Ponzoni, 2001). Desta forma, são eficientes na identificação de áreas de cobertura vegetal (Lima e Nelson 2003,

Antunes et al. 2005, Shimabukuro e Toledo, 2005), mas não na identificação de nuances na biomassa.

O emprego de classificadores como Maxver e Maxver-ICM (Iterated Conditional Modes), pode auxiliar na identificação de diferentes espécies vegetais dentro do mesmo bioma. Ambos atribuem classes aos pixels, considerando os valores de níveis digitais, mas o segundo considera também a informação contextual da imagem.

O presente estudo pretende identificar, utilizando índices de vegetação e classificador Maxver, diferenças na vegetação existentes na faixa de domínio de linha de transmissão de energia. Para tanto, foi utilizada imagem Quickbird, considerando-se a necessidade de elevada resolução espacial para imageamento da faixa – 100m de margem da linha – bem como a distância entre os vãos das torres, de 420m em média.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O trabalho envolve uma área localizada entre os paralelos 1° 40' 34" e 1° 16' 52" latitude sul e os meridianos 48° 9' 37" e 47° 47' 26" longitude oeste, compreendendo parte dos municípios de Bujarú, Inhangapi e Castanhal, no estado do Pará, Brasil. Esta região apresenta extensas áreas de vegetação secundária formadas como consequência do impacto humano nas áreas de floresta primária. Observa-se também diversas formações secundárias, desde estágios iniciais de sucessão até os mais avançados, áreas de mata ciliar e de preservação permanente, além de outras já transformadas em pastagem ou cultivo agrícola.

Por esta região estende-se cerca de 160km da linha de transmissão Vila do Conde / Sta Maria, sob concessão da Empresas Transmissoras de Energia S.A. – TBE. Devido à sua extensão, reduziu-se este trecho para fins de análise, focando-se num trecho de 40km a partir da margem esquerda do rio Guamá. Através do geo-referenciamento das torres sobre a imagem foi possível criar o desenho da linha de transmissão e, na seqüência, recortar um "buffer" de 100m ao redor da mesma. Desta forma, reduziu-se o tamanho total da imagem, concentrando-se na área de maior interesse, além de tornar os processamentos mais rápidos.

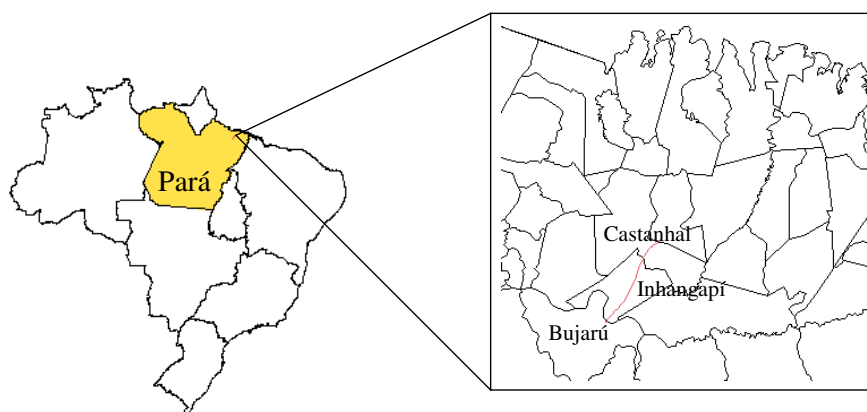


Figura 1. Ilustração da área de estudo.

Conforme descrito no projeto RadamBrasil (1974), em seu Mapa Fitoecológico, esta região é classificada como Região de Floresta Densa ou Ombrófila, sub-região dos baixos platôs do Pará. Conforme Santos e Vieira (1987), esta vegetação apresenta árvores com alturas freqüentemente acima de 50m, estendendo-se por extensas áreas de vegetação

secundária latifoliada, formadas como consequência do impacto humano nas áreas de floresta primária. Em toda a área de estudo é possível observar diversas formações secundárias, desde estágios iniciais de sucessão até os mais avançados, áreas de mata ciliar e de preservação permanente, além de outras já transformadas em pastagem ou cultivo agrícola.

2.2 Dados de Sensoriamento Remoto

A imagem digital utilizada para fins de processamento é uma Quickbird, com a seguinte configuração: resolução espacial de 2,4m; resolução espectral de 4 bandas (3 do visível e uma do infra-vermelho próximo; resolução radiométrica de 8 bits e data de imageamento de 05/07/2005.

2.3 Índices de Vegetação

Chen (1996) afirma que estudos de avaliação quantitativa do estado da vegetação, para os mais diversos fins, através do sensoriamento remoto, têm se utilizado de inúmeros índices de medição utilizando-se medições das bandas do vermelho (visível) e infravermelho próximo. Todos os índices originados destas duas bandas partem de uma propriedade física simples: plantas refletem menos luz vermelha, mas muito mais radiação infravermelha se comparadas a elementos não vegetativos.

Elvidge e Chen (1995) dividem os índices de vegetação em duas categorias: índices de razão e índices ortogonais. No primeiro grupo encontram-se o RVI (Índice de Razão de Vegetação), e o NDVI (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada). No segundo encontram-se o PVI (índice de Vegetação Perpendicular) e o DVI (Índice de Diferença da Vegetação). Ainda segundo os autores, surgiram na seqüência índices híbridos, como o SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) e ARVI (Índice de Vegetação com Resistência Atmosférica).

O ARVI tem apresentado bons resultados nos estudos de vegetação, mostrando-se quatro vezes mais sensível à atmosfera que o NDVI, sendo mais indicado aos estudos envolvendo áreas predominantemente ocupadas pela vegetação (Sousa e Ponzoni, 1998).

Para identificação inicial das áreas de maior concentração de vegetação foi aplicado o ARVI, utilizando-se as bandas 1, 3 e 4, de forma a já se obter também a correção atmosférica. Como resultado obteve-se uma nova banda, cujos valores normalizados encontram-se numa escala de 0 a 100, correspondendo à áreas de menores à maiores densidades de vegetação, cuja distribuição de valores pode ser melhor visualizada no **Gráfico 1**, logo abaixo:

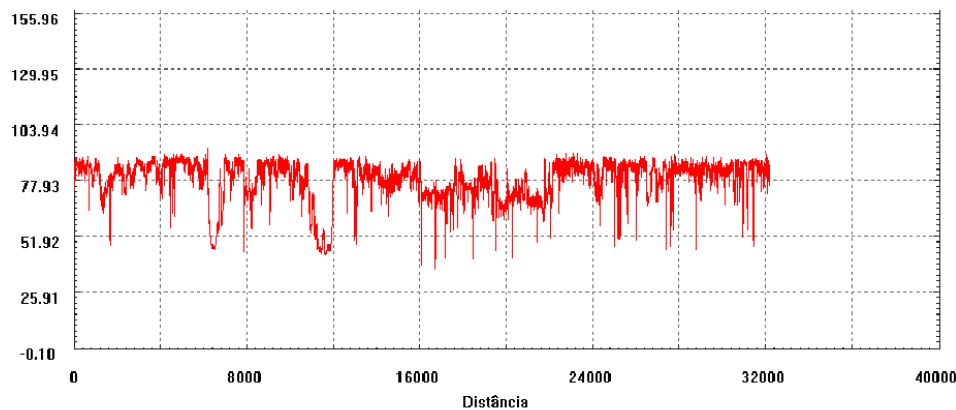







Gráfico 1. Distribuição dos valores do ARVI ao longo da extensão da linha de transmissão elétrica.

A imagem resultante da aplicação do ARVI foi então fatiada em 5 classes, conforme demonstrado na **Tabela 1**:

Tabela 1. Fatiamento das classes de uso do solo e sua participação na imagem.

Representação	Classe	Valores ARVI	Área km x km	Percentual de ocupação
	Solo, água e sombra	0 a 45	0.161303	2,02%
	Pasto	46 a 76	3.056354	38,32%
	Vegetação densa	77 a 79	0.743121	9,31%
	Vegetação média	80 a 85	2.764011	34,65%
	Vegetação em crescimento	86 a 100	1.250945	15,68%

Na seqüência, selecionou-se alguns trechos – exemplificados nas **Figuras 2 e 3** - nos quais verificou-se maior presença da classe 5 - vegetação em desenvolvimento - cuja identificação mais criteriosa foi objetivo do levantamento de campo. Com base no resultado deste, deu-se continuidade aos processamentos de imagem, visando classificação mais apurada dos tipos de vegetação encontrados na área.

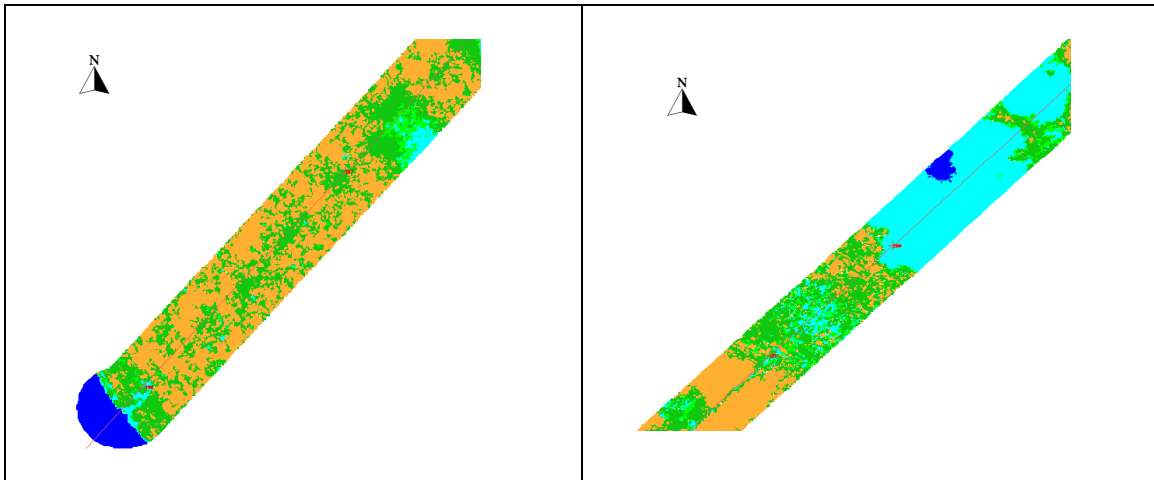


Figura 2. Fatiamento do trecho entre as torres 196 e 197, com predomínio da classe 5.

Figura 3. Fatiamento do trecho entre as torres 207 e 209, com predomínio da classe pasto.

2.8 Classificação da Imagem

A radiação emitida pelo objeto pode sofrer alterações no seu percurso pela atmosfera até chegar ao sensor. A aplicação do índice ARVI na etapa anterior possibilitou a correção destes efeitos, não havendo necessidade de um procedimento específico para tal. Todavia, para os demais processos, como o de classificação, a atenuação dos efeitos atmosféricos foi feita utilizando-se o método Chavez (1996).

De acordo com o levantamento de campo, definiu-se as seguintes classes a serem identificadas na imagem:

- Água: corpos d'água;
- Sombra: produzida tanto pela presença de nuvens como da projeção de objetos maiores sobre os menores;

- Nuvem: presença de nuvens na cena ao longo da linha
- Solo: solo exposto e áreas sem cobertura vegetal;
- Pasto: áreas descampadas e ou de rala cobertura vegetal;
- Vegetação em crescimento: áreas cuja vegetação encontram-se em estágio de regeneração, estando associada à classe Pioneira;
- Mata Secundária: área de cobertura vegetação que tende a substituir as espécies pioneiras, correspondendo às classes Secundária e Climácica.

A classificação foi realizada tendo como contexto as quatro bandas, as três do visível e a infra-vermelho próximo e utilizando o classificador MaxVer-ICM, com limiar de aceitação de 99% e 5% de limiar de mudança. Como o limiar de aceitação corresponde à quantidade de pixels que serão classificados, determinou-se que 1% dos pixels seria ignorado – os de menor probabilidade - de forma a reduzir a possibilidade de erros causados pela aquisição incorreta de pixels para treinamento, ou ainda pixels que se encontrem no limiar de duas classes, enquanto os demais serão classificados. O limiar de mudança de 5% indica o ponto em que a re-distribuição de pixels entre as classes seria interrompida.

Foram selecionadas amostras de treinamento na imagem ao longo de todo trecho, tendo-se obtido desempenho médio de 85,90% e confusão média de 14,10%. A **Tabela 2** representa o percentual dos pixels que foi atribuído à cada classe, de acordo com as amostras de treinamento. Exemplificando, as classes água, solo e nuvem tiveram 100% dos seus pixels atribuídos às suas respectivas classes, enquanto a classe pasto teve 1,83% de seus pixels classificados como solo, 14,06% como vegetação em crescimento e 9,35% como mata secundária, donde se conclui que estas últimas classes possuem comportamento espectral semelhante.




As Figuras 4, 5,6 e 7 representam trechos selecionados da área total classificada, de forma a ilustrar a ocorrência de cada uma das classes.




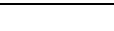
Tabela 2. Matriz de erro obtida na classificação.

Verdade \ Classificação	Água	Solo	Vegetação Crescimento	Pasto	Mata Secundária	Nuvem	Sombra
Água	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Solo	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Vegetação Crescimento	0%	0%	99,83%	0%	0,17%	0%	0%
Pasto	0%	1,83%	14,06%	74,76%	9,35%	0%	0%
Mata Secundária	0%	0%	12,83%	1,41%	84,14%	1,62%	0%
Nuvem	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Sombra	0%	0%	0%	0%	3,12%	0%	96,88%

A classificação, inicialmente processada numa área de 100m ao redor da linha de transmissão, foi posteriormente recortada numa área reduzida à 50m em torno da linha, por se entender que esta é a área limite cujo monitoramento interessa à empresa. Dentro de tais limites, com base na classificação obtida, o uso e cobertura do solo ao longo da faixa de servidão encontram-se compostos da seguinte forma:

Tabela 3. Participação de cada classe na área classificada.

Representação	Classe	% de Ocupação
	Água	0,17%
	Solo	4,63%
	Pasto	34,80%

	Vegetação em Crescimento	25,29%
	Mata Secundária	28,50%
	Sombra	2,18%
	Nuvem	4,39%

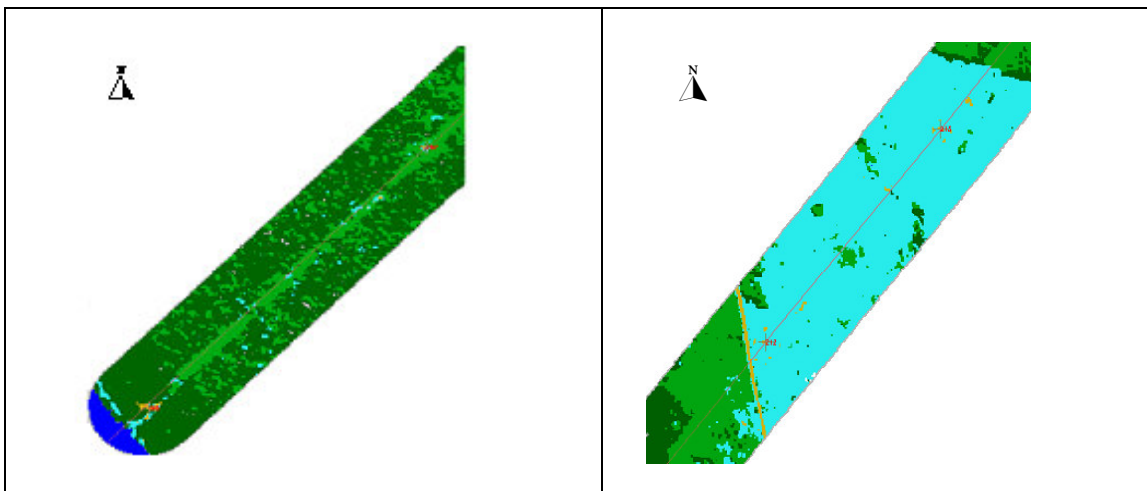


Figura 4. Trecho entre as torres 196 e 197 com predomínio de mata secundária

Figura 5. Trecho entre as torres 212 e 213 com predomínio da classe pasto.

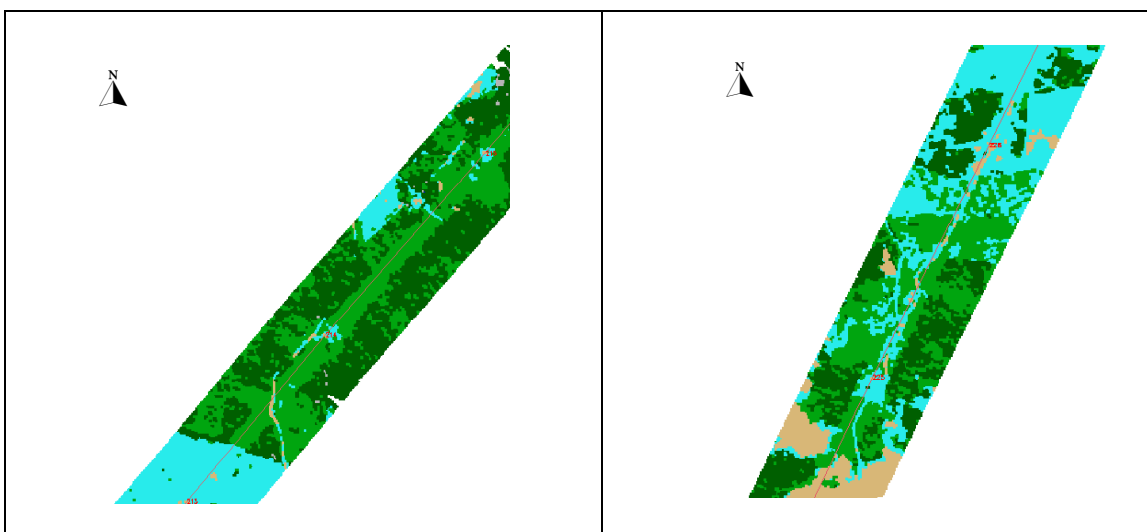


Figura 6. Trecho entre as torres 213 e 215 com predomínio da classe vegetação em crescimento

Figura 7. Trecho entre as torres 225 e 226 com presença equilibrada das principais classes.

3. Conclusões

Os índices de vegetação utilizados permitiram identificar áreas com maior adensamento de vegetação, diferenciando áreas cobertas por solo exposto, água, pasto e vegetação densa. Todavia, nesta última classe, não foi possível discriminar, satisfatoriamente, vegetações pioneiras ou em crescimento, das demais em estágio mais próximo da maturidade.

Verificada a realidade de campo, foi possível definir previamente algumas classes da vegetação, como pasto, vegetação pioneira e mata secundária. Todavia, esta última não foi possível separar, na imagem, as fases iniciais, tardias e climáticas em virtude da semelhança de sua assinatura espectral.

Referências

Artigo em Revista:

Chen, J. M. Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 22, p.229-242, 1996.

Chavez Jr., P. S. Image-based atmospheric corrections – revised and improved. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 62, p. 1025-1036, 1996.

Elvidge, C. D.; Chen, Z. Comparison of Broad-Band and Narrow-Band Red and Near-Infrared Vegetation Indices. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 54, p.38-48, 1995.

Kaufman, Y. J.; Tanre, D. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE, Transactions on**, v. 30, n. 2, p. 261-270, 1992.

Livro:

Ponzoni, F. J. Comportamento espectral da vegetação. In: Meneses, P. R.; Netto, J. S. M. Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília: Editora Universidade de Brasília/Embrapa Cerrados, 2001, p. 157-199.

Radambrasil. **Folha SB 22 Araguaia e parte da Folha SC. 22 Tocantins**; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação. Rio de Janeiro, 1974 (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

Rouse, J. W.; Hass, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W.; Harlan, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. Final Report. Greenbelt: Texas A&M University, 1974. 371p.

Santos, P. C. T. C. dos; Vieira L. S. **Amazônia – Seus Solos e Outros Recursos Naturais**. 1º Ed, São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416p.

Eventos:

Antunes, J. F. G.; Esquerdo, J. C. D. M.; Zullo Jr, J. Desenvolvimento de um sistema automático para a geração de produtos derivados de imagens AVHRR-NOAA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 3975-3981. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.17.27/doc/3975.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2006.

Cruz, C. B. M.; Freitas, S. R.; Mello, M. C. S. Relações entre maturidade estrutural da floresta e índices de vegetação na Mata Atlântica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1537-1544. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.28.12.33/doc/1537.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2006.

Huete, A. R.; Liu, H. Q.; Van Leeuwen, W. J. D. The use of vegetation indices in forested regions: Issues of linearity and saturation. In: Proceedings of IGARSS'97 – International Geoscience and Remote Sensing Seminar, 4. **Anais**. Noordwijk: ESA Publications, 1997. p. 1966-1968. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=609169>. Acesso em: 12 fev. 2006.

Lima, D. J.; Nelson, B. W. Uso de índices de vegetação no monitoramento da cobertura verde no perímetro urbano da cidade de Manaus. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 1827-1833. Disponível em: <http://iris.sid.inpe.br:1908/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.16.12.13/doc/14_251.pdf>. Acesso em 23 nov. 2005.

Rouse, J. W.; Hass, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W.; Harlan, J. C. Monitoring vegetation system in the Great Plains with ERTS. In: Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symposium, Vol. 1, Sect. **Anais**. p 309-317; United States; 1974. Disponível em: <<http://md1.csa.com/partners/viewrecord.php?requester=gs&collection=TRD&recid=N7430727AH&q=rouse%2Bmonitoring%2Bvegetation&uid=789048246&setcookie=yes>>. Acesso em 23 jun. 2005.

Shimabukuro, Y. E.; Toledo, J. M. A. Comparison of linear spectral mixture models and vegetation indices in two land cover sample zones in Brazil by using MODIS and ETM+ data products. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 3469-3476. Disponível em: <<http://martedpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.18.41/doc/3469.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2006.