

USO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) ASSOCIADO À QUANTIDADE DE CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (CSS) NA BACIA HIDROGRÁFICA DA UHE DE CAÇU, GOIÁS

Vilson Sousa Queiroz Júnior^{1}; Alécio Perini Martins¹; Flávio Wachholz²; João Batista Pereira Cabral;¹ Assunção Andrade De Barcelos¹*

Resumo

A bacia hidrográfica da UHE Caçu (GO) apresenta uma dinâmica de ocupação dominada pela pecuária extensiva e agricultura, intensificadas nas últimas décadas. Neste contexto, com base no preceito de que a cobertura dos solos é de suma importância à proteção e estabilidade ambiental e, a partir das técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI em duas sub-bacias da UHE Caçu período de estiagem do cerrado brasileiro, para compreender a influência da cobertura vegetal na capacidade de proteção do solo e sua influência na concentração de CSS nos córregos. As imagens utilizadas foram do sensor Linear Imaging Self-scanning Sensor – LISS III do satélite Resourcesat do dia 01 de Junho de 2012, data mais próxima da pesquisa de campo para coleta de água (19 de Maio). Desta forma os dados inferiram que na bacia a média do NDVI foi de 0,320 e que na bacia hidrográfica do Ribeirão Fundo os valores mais frequentes foram de 0,0 a 0,2, sendo, a que apresentaram os maiores níveis de CSS.

Palavras-chave: Índice de Vegetação, Cobertura do Solo, Concentração de Sólido em Suspensão.

Abstract

The watershed UHE Caçu (GO) presents a dynamic occupation dominated by extensive livestock and agriculture intensified in recent decades. In this context, based on the precept that the soil cover is of paramount importance to environmental protection and stability, and from the techniques of GIS and Remote Sensing, the present study aimed to evaluate the Index Normalized Difference Vegetation - NDVI into two sub-basins of UHE Caçu dry season the Brazilian cerrado, to understand the influence of vegetation cover on soil protection capacity and its influence on the concentration of CSS in streams. The images were used sensor Linear Imaging Self-scanning Sensor - LISS III satellite Resourcesat Day June 1, 2012, the earliest date of fieldwork to collect water (May 19). Thus the data inferred that the basin average NDVI was 0.320 and in the basin of Ribeirão. Background values were most frequent from 0.0 to 0.2, being that had the highest levels of CSS.

Key-words: Vegetation Index, Land Cover, Solid Concentration in Suspension.

¹ Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Curso de Geografia.
(vilson_junior@hotmail.com.br; alecioperini@yahoo.com.br; jbcabral2000@yahoo.com.br; assuncaoa-barcelos@hotmail.com).

² Universidade do Estado do Amazonas, Departamento de Geografia.
(fwalemao@gmail.com).

* Autor correspondente.

1 - Introdução

Nas últimas décadas, o ambiente rural brasileiro, especificamente nas Microrregiões Sudoeste de Goiás e Quirinópolis, vem sendo alterado de forma intensa conforme anseios do modo de produção instituído e impulsionado pelo avanço da tecnologia (Revolução Agrícola). Como características principais destacam-se a opção por monoculturas, principalmente de soja, milho, sorgo e cana-de-açúcar, com uso maciço de mecanização e outros implementos.

Neste contexto, o uso de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) auxilia no levantamento e análise de informações sobre toda a superfície da Terra, o que permite amplo monitoramento ambiental em várias escalas, seja local, regional ou global. Estas técnicas facilitam as pesquisas relacionadas aos fenômenos naturais e sua alteração por meio da ação antrópica.

O NDVI, segundo Clerici et, al. (2012), permite analisar os diferentes tipos de cobertura vegetal e seus estágios fenológicos, que estão relacionados à sua capacidade de refletância, proporcionando possíveis compreensões sobre o objeto de estudo e seus desdobramentos em relação ao meio. Para o cálculo do NDVI as imagens comumente utilizadas do TM/Landsat 5 podem ser substituídas sem problema pelas do sensor LISS III, obtendo resultados idênticos e com eficiência em detecção da vegetação (SAJADI, 2011; SILVA et, al. 2013; DUARTE et, al. 2013 BERRA et, al. 2013).

A cobertura vegetal é de suma importância para a estabilização morfodinâmica, atuando principalmente sobre os fatores clima, geologia, geomorfologia e solo (TRICART, 1977; ALMEIDA 2012).

A vegetação enquanto estrutura atua de forma indispensável às etapas do ciclo hidrológico, pois, segundo Colman (1953) apud Linhares et, al. (2005) o dossel e a liteira interceptam a água das chuvas, diminuindo seu impacto ao solo, além de isolarem o mesmo dos ventos e radiação solar. Consequentemente pela sua composição estrutural (dossel, liteira e sistema radicular) a vegetação representa um amplo obstáculo ao escoamento superficial, induzindo a água a infiltrar no solo, diminuindo as taxas de incidência de erosões e assoreamentos nos canais fluviais (Ward, 1967; Colman, 1953 apud Linhares, 2005).

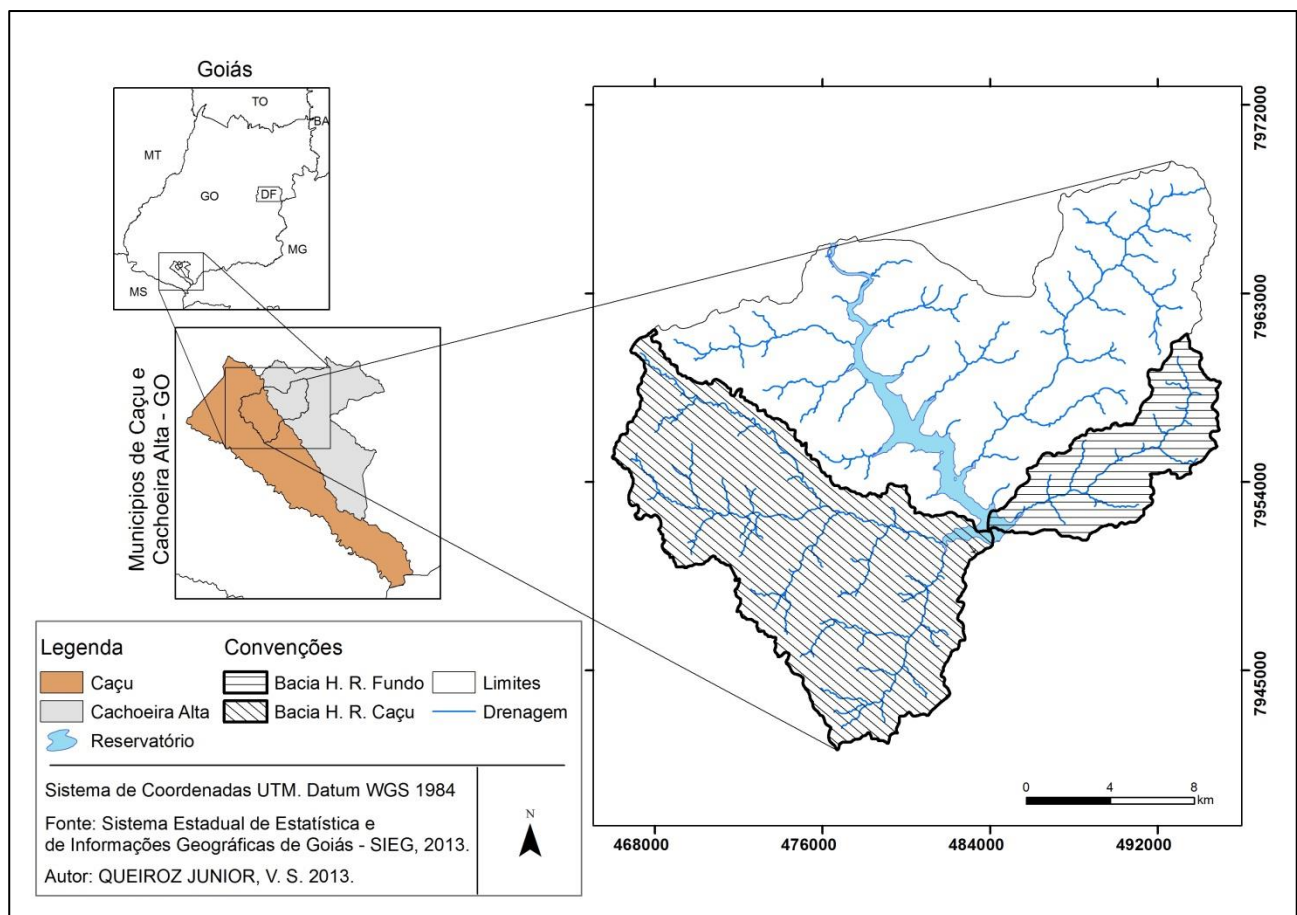
De acordo com Tucci (2000), o ciclo hidrossedimentológico abrange algumas etapas, sendo, deslocamento, transporte e depósito de partículas sólidas contidas na superfície da bacia hidrográfica. O mesmo autor afirma que a qualidade das águas dos canais fluviais de uma bacia está intimamente relacionada ao uso da terra e a fatores físicos, como topografia, tipo de solo, quantidade e intensidade das chuvas.

Segundo Lima (2004), o estudo sobre o comportamento hidrossedimentológico é de suma importância para a viabilidade econômica e fundamental para estudos ambientais e conforme Carvalho (2008) o conhecimento específico sobre a Concentração de Sólidos em Suspensão – CSS sugere um melhor embasamento para tal. Nesse sentido, Braga et, al. (1993) propõe a correlação de dados obtidos a partir imagens de satélite e variáveis limnológicas coletadas em campo, possibilitando um diálogo entre os dados.

Considerando as conversões dos espaços naturais em cultivados e utilizados, representados neste estudo, acarretando prejuízo ambiental, bem como as técnicas de geoprocessamento disponíveis, propõe-se realizar uma análise do NDVI a partir de imagens do sensor LISS III, de duas sub-bacias da Bacia Hidrográfica da UHE Caçu (GO) em comparação aos níveis de CSS, para compreender a relação do índice de cobertura vegetal e a quantidade de partículas em suspensão na água, que segundo Carvalho (2000) pode influenciar diretamente o desgaste das turbinas se os níveis forem elevados.

2 - Metodologia

A área de estudo corresponde à Bacia Hidrográfica da Usina Hidrelétrica Caçu (Mapa 01), com área aproximada de 442 km², situada no fuso UTM 22 Sul, ao Norte da área urbana do município de Caçu (GO) na Microrregião de Quirinópolis - Goiás. As sub-bacias são do Córrego Caçu com 160,7 km² margem esquerda do reservatório e Córrego Fundo já com 45,06 km² da margem direita, ambas próximas à coleta de água das turbinas. O reservatório é formado pelo Rio Claro, tributário do Rio Paranaíba, um dos principais formadores da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.



Mapa 01 – Localização das Bacias hidrográficas Estudadas.

As imagens utilizadas foram a do Sensor LISS III do satélite ResourceSat 1, orbita 326/091, de 01 de junho de 2012, data mais próxima ao campo de coleta de água. Sendo processadas pelo software ENVI 4.5, onde inicialmente foram registradas pela opção GCPs, de imagem para imagem, sendo utilizada como imagem base do sensor ALOS disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

O Sensor LISS III, utilizado como base para os resultados, opera em quatro comprimentos de onda diferentes, com capacidade de oferecer informações relacionadas à vegetação, auxiliando na caracterização e diferenciação de culturas e espécies vegetais. As bandas operam na faixa do espectro eletromagnético do verde (0,52 a 0,59µm), do vermelho (0,62-0,68µm), do infravermelho próximo (0,77-0,86µm) e do infravermelho médio (1,55 a 1,70µm), com resolução espacial de 23,5 metros para cada pixel e resolução temporal de 24 dias.

A fim de executar correções radiométricas, foram executadas as seguintes operações, conversão de Números Digitais – ND para Refletância Aparente, posteriormente para Refletância de Superfície e Subtração de Objeto Escuro “*dark object subtraction*” proposto por Chávez (1988) e empregado por Saha (2005) para então calcular o NDVI. Correções radiométricas, são de suma importância, pois, segundo Jensen (2009) a quantidade e distribuição do fluxo radiante refletido são influenciadas pelo tipo de vegetação.

O NDVI é a normalização do índice razão simples a partir da equação (1) da diferença das refletâncias das bandas Vermelho e do Infravermelho Próximo dividido pela soma destas, proposto inicialmente por Rouse et al, (1973), sendo:

$$NDVI = \frac{IVP - Ver}{IVP + Ver} \quad (1)$$

Onde: IVP = Refletância no infravermelho Próximo; Ver = Refletância no vermelho.

Considerando que, nas bandas que respondem pelas faixas do vermelho e do infravermelho próximo a vegetação apresenta suas maiores respostas espectrais em decorrência de suas atividades de fotossíntese, é possível, assim, identificar os diferentes níveis de desenvolvimento dos estratos vegetativos e, também, as áreas onde o solo apresenta-se descoberto.

Após a efetuação do NDVI, no SIG ArcGis 10.1, foi realizada a classificação não supervisionada, pela ferramenta “*Multivariate/Isoclauster*” definindo classes de intervalos dos valores obtido a partir do NDVI, os quais representam em uma escala linear como é a densidade e situação da cobertura vegetal ou ausência da mesma (Tabela 01).

Tabela 01 - Classes de interpretação do NDVI

Corpos de água.	< - 0,6 a -0,2
Solo descoberto, Palhada de lavouras.	- 0,2 a 0,2
Vegetação em estresse Hídrico, Gramíneas.	0,2 a 0,4
Vegetação com vigor vegetativo.	> 0,4

Fonte: Rosendo (2005).

Adaptado por: Queiroz Júnior, V. S./2013.

Para determinação de CSS foi utilizado o método proposto por Wetzel e Likens (1991), para a coleta de água foi utilizado os procedimentos metodológicos descritos por APHA (1998), sendo, coletado as amostras no dia 19 de maio de 2012.

3 - Resultados

O resultado da imagem de NDVI de 01 de junho de 2012 representado pela Figura 02 mostra a distribuição da vegetação das sub-bacias estudadas, a qual foi atribuída cores a cada faixa de intervalo, que foi dividido em quatro classes de valores do índice de vegetação normalizada. Os tons de amarelo a verde significam NDVI com valores > 0,4 e representam vegetação com porte arbóreo, já os valores entre <0,4 a 0,01 em tons de laranja ao vermelho, vegetação com estresse hídrico ou gramíneas, desta forma, vale ressaltar que o momento em que as análises foram realizadas é o início do período de estiagem na região.

Deste modo, os valores médios obtidos através de todos os pixels das sub-bacias ficaram entre 0,313 a 0,320 (Tabela 02), sendo relativamente próximo um valor do outro.

Tabela 02 - Valores do NDVI das Bacias Hidrográficas Estudadas

Bacia Hidrográfica	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)
Fundo	-0,484	0,786	0,320	0,217	67,711
Caçu	-0,484	0,741	0,313	0,239	76,129

Os valores mínimos foram representados pelos corpos de água, nas sub-bacias Fundo e Caçu foram de -0,03 a -0,484, já os valores para solo descoberto/asfalto entre 0,0 a -0,029. Os máximos foram de 0,786 para a sub-bacia do Rib. Fundo e 0,741 para a do Rib. Caçu, representado por Cerradão/Floresta já os valores próximos a 0,6 consiste em áreas de Cerrado/Campo.

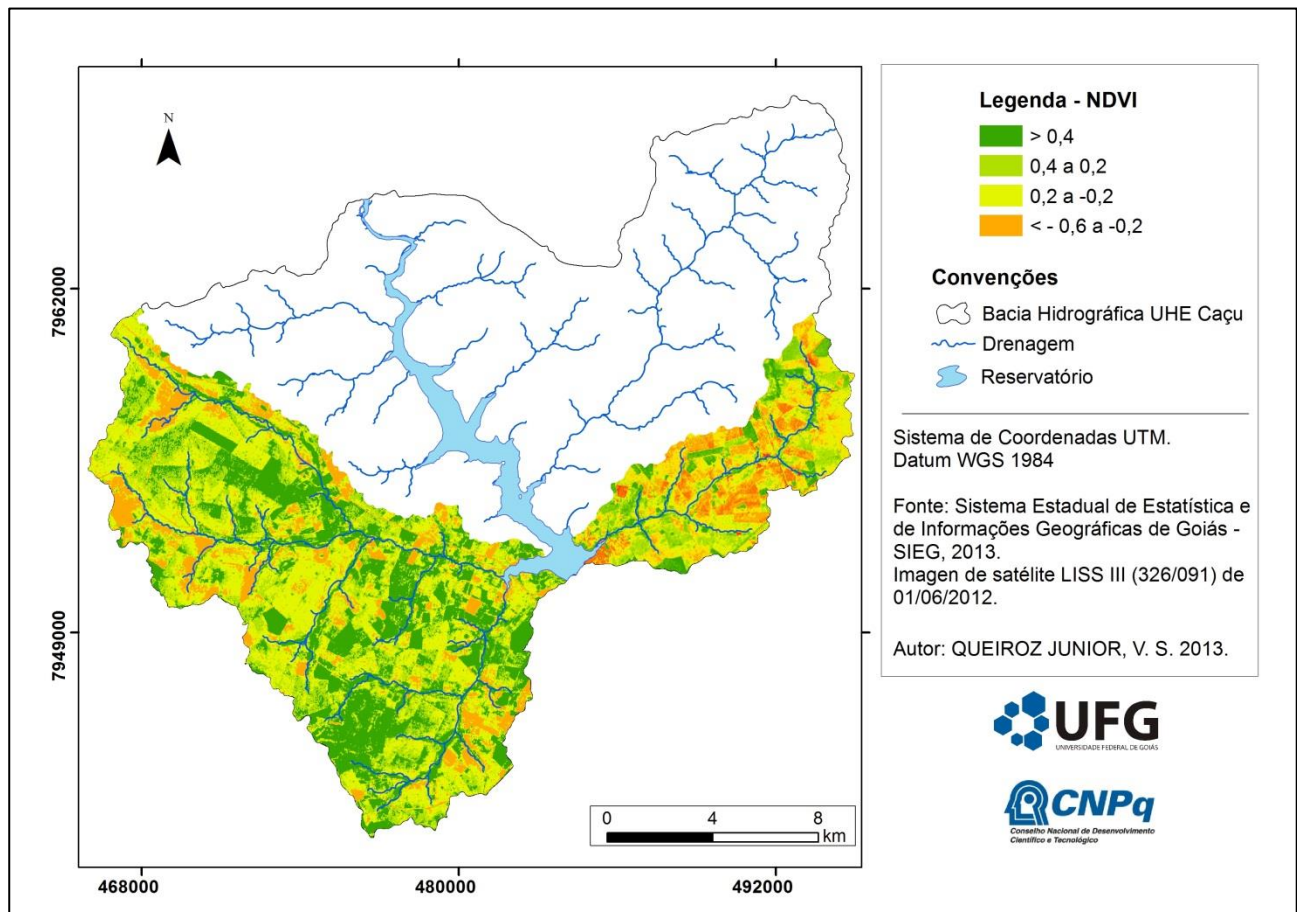


Figura 02 – NDVI das sub - bacias dos Rib. Caçu e Fundo.

Em relação aos valores de CSS o Ribeirão Caçu carregava no momento da coleta em maio 2 mg/L (Tabela 02) sendo o menor valor dos dois ribeirões analisados, já para o Ribeirão Fundo o valor foi de 3,75 mg/L, representando, assim, certa amplitude entre as bacias.

Desta forma, observa-se que na sub-bacia do Ribeirão Fundo, onde ocorreu a maior frequência dos intervalos do NDVI com área em déficit de vegetação (Gráfico 01), teve a quantidade de CSS relativamente maior do que no córrego Caçu que em área é maior, e supostamente teria uma maior quantidade de CSS.

Tabela 03 - Concentração de Sólido em Suspensão (mg/L)

Córregos	Amostras		
	1 ^a	2 ^a	Média
Caçu	1,0	3,0	2,0
Fundo	3,5	4,0	3,75

Assim, nota-se que a dimensão da área de captação da bacia para carrear sedimentos, nesse caso, interfere menos do que o grau de proteção oferecido ao solo pelos diferentes usos, visto que a ocorrência de maior quantidade de CSS no reservatório foi registrada próxima a uma área com considerável quantidade de solo descoberto.

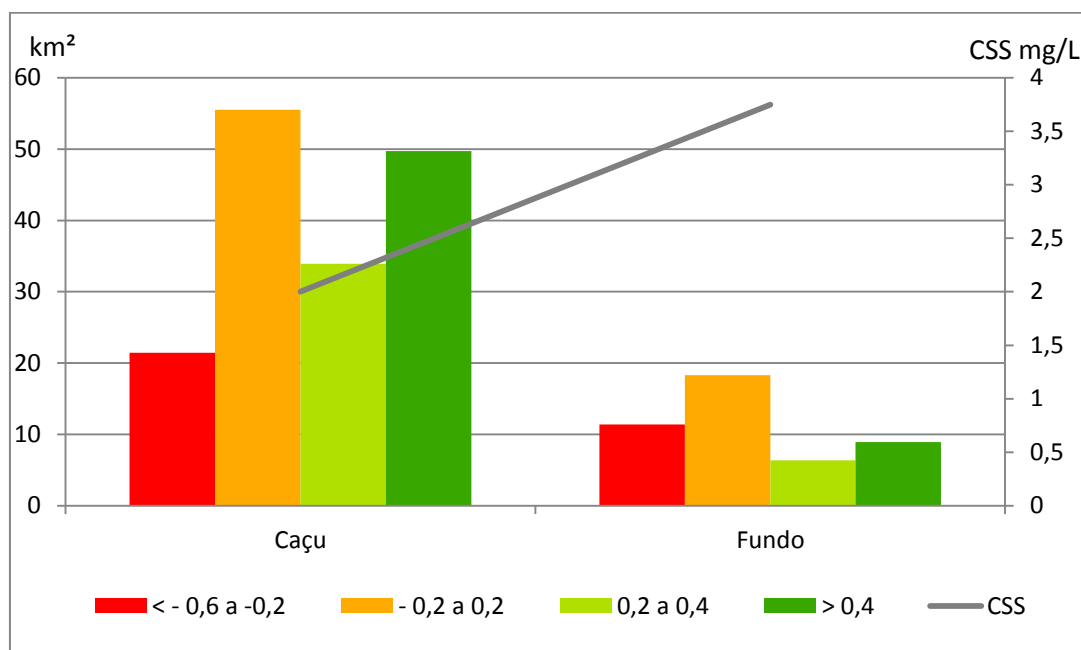


Gráfico 01: Distribuição dos intervalos em relação à área das sub-bacias.

4 - Considerações Finais

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que a utilização do produto LISS III para elaboração do NDVI é eficaz para distinção de áreas vegetadas, tanto em quesito de resolução espacial (23,5 m) quanto em respostas espectrais dos alvos.

Essa técnica é de grande valia na identificação de áreas sem cobertura vegetal, pois ao utilizar a resposta de refletância da energia solar a partir da produção fotossintética das formações vegetais, acaba deixando muito bem delimitadas as áreas sem cobertura. E são justamente essas áreas as maiores responsáveis pela produção de sedimentos que atingem o reservatório, seja por ação humana, seja por fatores climáticos, evidenciando a importância da cobertura vegetal para a proteção dos recursos hídricos e, em especial, dos reservatórios de produção de energia.

Em relação aos valores do NDVI a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçu obteve os maiores valores em intervalo por área de vegetação, consequentemente apresenta maior quantidade de solo protegido, proporcionando menor índice de CSS.

5 - Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e FAPEG pelo apoio financeiro.

6 - Bibliografia

ALMEIDA, N. V. et, al. **A COBERTURA VEGETAL E SUA IMPORTÂNCIA NA ANÁLISE MORFODINÂMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ – NORDESTE DO BRASIL/ PARAÍBA**. Revista GEONORTE, Manaus, ed. Especial, 2012. Disponível em: < [http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_\(A%20COBERTURA%20VEGETAL%20E%20SUA%20IMPORT%C3%82NCIA%20NA%20ANÁLISE%20MORFODIN%C3%82MICA%20DA%20BACIA%20HIDROGR%C3%81FICA%20DO%20RIO%20TAPERO%C3%81%20E2%80%93%20NORDESTE\).pdf](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/009_(A%20COBERTURA%20VEGETAL%20E%20SUA%20IMPORT%C3%82NCIA%20NA%20ANÁLISE%20MORFODIN%C3%82MICA%20DA%20BACIA%20HIDROGR%C3%81FICA%20DO%20RIO%20TAPERO%C3%81%20E2%80%93%20NORDESTE).pdf)>. Acessado em: 10 de jan. de 2013.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: APHA, 1998. 1085 p.

BERRA, E. F. et, al. **Comparação cruzada dos sensores LISS-III/ResourceSat-1 e TM/Landsat 5**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Acessado em: 05 de maio de 2013. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0104.pdf> >.

BRAGA C. Z. F.; NOVO E. M. L. M.; KRUG T. 1993. **Considerações sobre a modelagem empírica de variáveis limnológicas no reservatório de Barra Bonita utilizando dados Landsat-5 TM**. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Acessado em: 15 de abril de 2012. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/rep/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.00.54.37?mirror=dpi.inpe.br/banon/2003/12.10.19.30.54&metadataarepository=sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.00.54.51>.

CARVALHO, N. O. et al. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL. 2000. 154p. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_prat_port.pdf> . Acesso em 15 de maio de 2013.

_____. **Hidrossedimentologia em prática**. 2. ed., rev., Atual. e Ampliada. Rio de Janeiro: Inter ciência, 2008.

CHAVEZ, P S Jr. 1988. **An improved dark object subtraction technique for atmospheric correction of multispectral data**. Remote Sensing of Environment, 24, pp. 459-479.

CLERICI, N.; WEISSTEINER, C.J.; GERARD, F. **Exploring the use of MODIS NDVI based phenology indicators for classifying forest general habitat categories**. Remote Sensing, Basel, v. 4, n. 6, p. 1781-1803. 2012.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente : uma perspectiva em recursos terrestre**. Tradução: José Carlos Neves Epiphânio (coordenador) et al. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C.; CARVALHO, N. O.; SILVA, E. M. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia Tocantins – Planaltina**, DF: Embrapa Cerrados, Brasília, DF: ANEEL; ANA, 2004.

LINHARES, C. A. et. al. **INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NA DINÂMICA DA RESPOSTA HIDROLÓGICA NA BACIA DO JI-PARANÁ**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005. Disponível em: <<http://mar.tecnico.ipe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.23.11.38/doc/3097.pdf>> Acessado em: 11 de março de 2013.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação** / 4 ed. E ampl. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. P. 314.

ROSENDO, J. S. **Índice de Vegetação e Monitoramento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG, Utilizando Dados do Sensor MODIS**. Uberlândia, Minas Gerais (2005). Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Uberlândia - UFU.

ROUSE, J.W. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In **Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium**,3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec. A, p. 309-317.

SAHA, A. K et al. 2005. **Land Cover Classification Using IRS LISS III Image and DEM in a Rugged Terrain: A Case Study in Himalayas**. Disponível em: http://www.geocarto.com.hk/cgi-bin/pages1/june05/33_Saha.pdf. Acessado em 20 de abril de 2013.

SANTOS, M. J. V. **Utilização de Imagem LISS III Para Análise de Espaços Verdes em Lisboa**. Lisboa, Portugal. Dissertação (Mestrado em Ciência e Informação Geográfica). Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação Geográfica da Universidade Nova de Lisboa. Disponível em: < <http://run.unl.pt/bitstream/10362/3420/1/TSIG0060.pdf>>. Acessado em: 10 de jan. de 2013.

SILVA, B. C. et. al. **Comparação entre dados dos sensores LISS-III/Resourcesat-1 e ETM+/Landsat 7**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0147.pdf> >. Acessado em: 25 de abril de 2013

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 1977. (Recursos Naturais e Meio Ambiente).

TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH. 2000.

WETZEL.R.G; LIKENS,G. E. **Limnological analysis**. 2ed. New York. Springer Verlag. 1991.

SAJADI, S. **A relationship between NDVI and tasseled cap techniques**. Geospatial World, Noida, Índia, 2011. Disponível em: <<http://www.geospatialworld.net/Paper/Application/ArticleView.aspx?aid=460>> Acessado em: 10 de jan. de 2013.