



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## ANÁLISE ESPECTRAL DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM ÁREA IRRIGADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

Vanda Maria de Lira<sup>1</sup>; Bernardo Barbosa da Silva<sup>2</sup>; José Dantas Neto<sup>3</sup>;  
Maria Sallydelândia Sobral de Farias<sup>4</sup>; Marcos Vinicius Cândido Bezerra<sup>5</sup>;  
Euler Soares Franco<sup>6</sup>; Cruz Ramón Marenco Centeno<sup>6</sup>

### RESUMO

As técnicas de sensoriamento remoto têm sido muito utilizadas em estudos ambientais e no monitoramento de extensas áreas cultivadas, sobretudo com produtos comerciais. Foram utilizadas imagens captadas pelo sensor TM-Landsat 5 dos dias 15 de outubro de 2005 e 30 de julho de 2006, da região do sub-médio São Francisco e dado ênfase a área cultivada e irrigada de cana-de-açúcar. Para avaliar o comportamento espectral da cultura nas datas mencionadas utilizou-se de índices de vegetação como parâmetro indicador da vegetação. Os valores instantâneos de NDVI calculados pela combinação das bandas do visível e do infra-vermelho próximo foram similares e próximos de 0,80 nas duas imagens estudadas.

**Palavras-chave:** sensor remoto, energia eletromagnética, semi-árido.

### ESPECTRAL ANALYSIS OF THE VEGETATION INDEX IN SUGARCANE IRRIGATED AREA

#### ABSTRACT

The remote sensing technology has been widely utilized in environmental studies and also to manage large cropped areas, in special with trading products. In this work were used two satellite images of TM-Landsat 5 sensor of 15th October 2005 and 30th July 2006 of Sao Francisco region and the sugar cane irrigated area was delimited. To evaluate the spectral characteristics of the crop in the images data it was utilized vegetation indexes as indicator parameter of the crop. By the visible and near infra-red bands combination, the NDVI instantaneous values calculated were nearest to 0.80 in the two studied images respectively.

**Keywords:** remote sensor, electromagnetic energy, semi-arid.

Trabalho recebido em 21/01/2009 e aceito para publicação em 22/02/2009.

<sup>1</sup> Engenheira Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. Endereço: Rua Prof. Iraildo Gomes de Abreu, 75, CEP: 58103-685, Campina Grande-PB. e-mail: vandalira@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Professor, Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: bernardo@dca.ufcg.edu.br;

<sup>3</sup> Professor, Doutor, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: zedantas@deag.ufcg.edu.br;

<sup>4</sup> Doutora em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: sally\_farias@yahoo.com.br;

<sup>5</sup> Doutorando em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: markusvynycyus@yahoo.com.br;

<sup>6</sup> Doutorando em em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: eulersfranco@yahoo.com.br; Mestrando em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: cruznic58@yahoo.es.

## 1. INTRODUÇÃO

Os índices de vegetação têm sido muito utilizados no monitoramento de áreas vegetadas, na determinação e estimativa do índice de área foliar, biomassa e da radiação fotossinteticamente ativa. Os avanços tecnológicos de sensores remotos permitem analisar, através de imagens de satélites, a distribuição espacial de áreas cultivadas, as possíveis modificações da cobertura vegetal em diversas épocas, possibilitando o monitoramento das áreas vegetadas.

Os sensores remotos são dispositivos capazes de registrar a radiação eletromagnética, e a principal forma dessa energia para o sensoriamento remoto é a gerada pelo sol, que é expressa em termos de comprimento de ondas, espectro eletromagnético, dividido em regiões ou faixas e suas respectivas características (NOVO, 1988). Deste modo, cada alvo da superfície terrestre que emite ou reflete radiação tem um comportamento espectral diferente para cada comprimento de onda do espectro eletromagnético.

A vegetação tem reflectância normalmente baixa na faixa espectral do visível (banda 3), e elevada na faixa do infra-vermelho próximo (banda 4). Na faixa do visível é a clorofila que absorve a radiação solar no processo fotossintético e

na faixa do infra-vermelho próximo o tecido foliar reflete essa radiação.

A vegetação em processo de estresse hídrico tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua reflectância na faixa do visível e a absorver mais radiação na faixa do infra-vermelho próximo (INPE, 2006).

Com o intuito de ressaltar este comportamento espectral da vegetação dentre os outros alvos da superfície terrestre foram criados os índices de vegetação (MOREIRA, 2003). Estes índices de vegetação resultam de transformações lineares entre reflectâncias da faixa do visível e infra-vermelho próximo.

De todos os índices encontrados na literatura, os mais utilizados são o Índice de Razão Simples (SR) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), sendo este último muito aplicado na avaliação da vegetação, no monitoramento da cobertura vegetal, na detecção de desmatamentos e queimadas, como parâmetro de previsão da produtividade agrícola e como indicador de secas.

Os índices de vegetação têm sido empregados em estudos sobre perfis espectrais, ou seja, o estabelecimento de padrões de crescimento e desenvolvimento de culturas. Conforme Fontana et al

(1996), as mudanças estruturais são gradativas com o tempo e resultam em correspondente mudança na reflectância espectral da vegetação.

Os perfis espectrais podem ser utilizados em várias aplicações ligadas ao monitoramento da vegetação, tais como identificação, separação e classificação. A caracterização dos perfis permite a diferenciação entre tipos de vegetação.

As mudanças na forma do perfil característico de uma determinada cultura podem estar associadas à condição e, em última instância, ao rendimento da mesma. O NDVI é um bom indicador da quantidade e da condição da vegetação verde, e seus valores para um dado pixel variam entre -1 e 1; valores menores que o normal são devido a baixas temperaturas e incidência de nuvens no momento da passagem do satélite.

Utilizando imagens captadas pelo sensor TM-Landsat 5 e técnicas de sensoriamento remoto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento espectral de uma área de cana-de-açúcar irrigada no semi-árido Nordeste.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

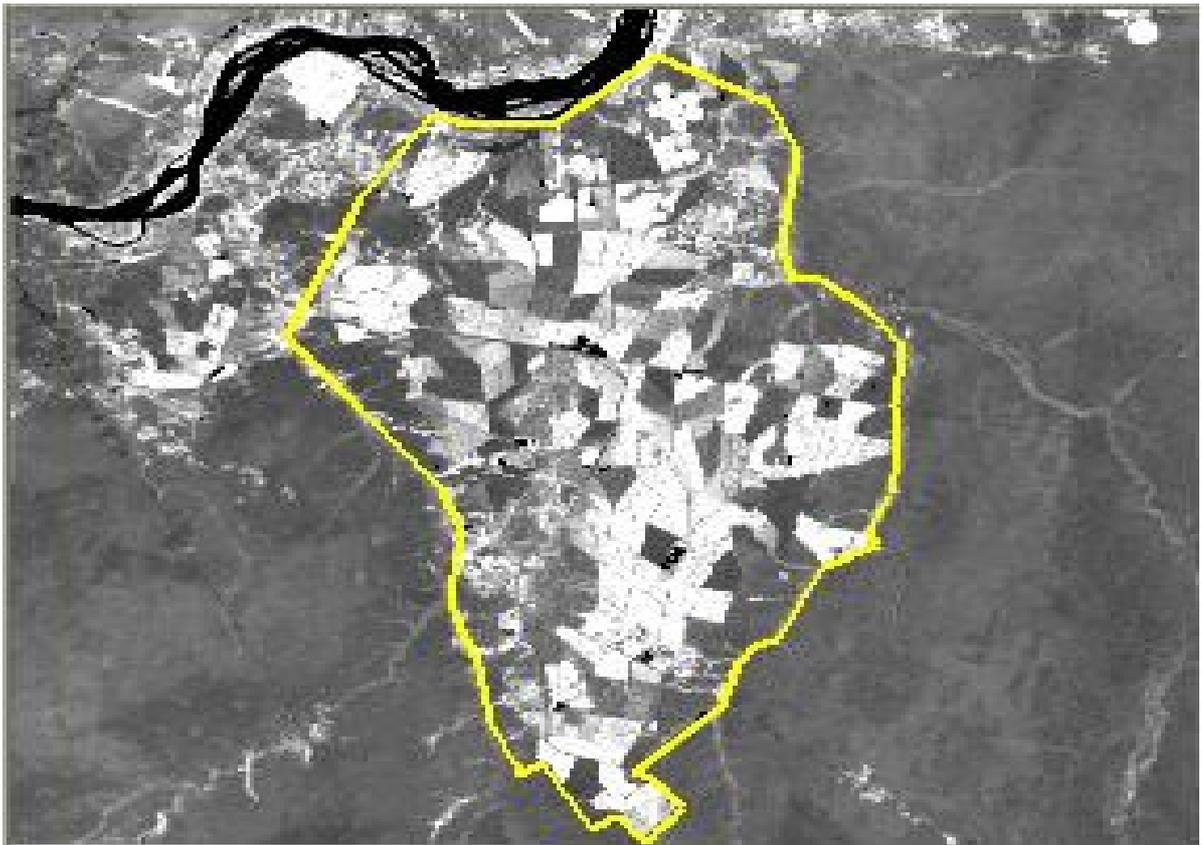
Para este estudo foram utilizadas duas imagens captadas pelo sensor TM do satélite Landsat-5, referentes aos dias 15 de

outubro de 2005 (doy = 288; horário da passagem do satélite: 9:36 hs) e 30 de julho de 2006 (doy = 211; horário da passagem do satélite: 9:41 hs), órbita 217 e ponto 66 respectivamente. O sensor TM do Landsat-5 possui 7 bandas espectrais com resolução espacial de 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e de 120 m na banda 6 e sua resolução temporal é de 16 dias.

As imagens após serem captadas, transmitidas e armazenadas, podem ser processadas com o uso de softwares específicos e, neste estudo, o software utilizado foi ERDAS imagine 8.7.

A área de interesse se encontra em destaque no centro da imagem, Figura 1. É uma área com aproximadamente 15.000 hectares cultivados com cana-de-açúcar irrigada (irrigação plena), no semi-árido do sub-médio São Francisco, Juazeiro-BA, localizada entre as coordenadas geográficas 8° 59' e 9° 50' de latitude Sul, 39° 29' e 42° 30' de longitude Oeste, a uma altitude média de 389 m.

A região do submédio São Francisco possui clima do tipo BSW<sub>h</sub>' (classificação de Köppen), ou seja, semi-árido quente, com precipitações irregulares e mal distribuída, concentrada nos meses de novembro a abril, com média anual em torno de 400 mm; temperatura média anual de 26,5°C; umidade relativa média anual oscilando em torno de 67,8% .



**Figura 1.** Imagem da área de estudo no sub-médio São Francisco, Juazeiro-BA, obtida em 15 de outubro de 2005.

A velocidade do vento média atinge  $2,3 \text{ m s}^{-1}$ , a insolação alcança 3.000 horas de luz solar e a taxa de evaporação é elevada, em torno de  $2.080 \text{ mm.ano}^{-1}$ .

Como as imagens são compostas por números digitais, as mesmas foram calibradas e transformadas em radiância espectral através da equação (CHANDER & MARKHAM, 2003):

$$L_{\lambda i} = \left( \frac{L_{i \text{ max}} - L_{i \text{ min}}}{255} \right) * \text{ND} + L_{i \text{ min}} \quad (1)$$

em que  $L_{\lambda i}$  é a energia refletida medida nas bandas 3 e 4 ( $\text{W.m}^{-2}.\text{ster}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$ );  $L_{i \text{ max}}$  e

$L_{i \text{ min}}$  são coeficientes de calibração do sensor TM-Landsat 5, banda 3 (-1,17,265) e banda 4 (-1,51, 221), valores para imagens obtidas após 4 de maio de 2003; ND é o número digital do pixel considerado (número inteiro de 0 a 255);  $i$  corresponde às bandas 3, 4 do TM - Landsat 5.

Em seguida os valores de radiância foram convertidos em reflectância planetária (ALLEN et al.,2007):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi.L_{\lambda}.d^2}{k_{\lambda}.\cos\theta} \quad (2)$$

Em que  $\rho_\lambda$  é a reflectância ( $\text{W.m}^{-2}$ );  $L_\lambda$  a energia refletida medida em cada banda ( $\text{W.m}^{-2}.\text{ster}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$ );  $k_\lambda$  a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ( $\text{W.m}^{-2}.\mu\text{m}^{-1}$ ).  $k_\lambda$  é igual a 1557 e 1033 para as bandas 3 e 4;  $\theta$  o ângulo zenital solar ( $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ );  $d$  é a distância relativa Terra-Sol, em unidades astronômicas, varia entre 0,97 e 1,03. Para sua determinação, utilizou-se a equação proposta por Duffie & Beckman (1980), e modificada por Allen et al (1998).

$$d^2 = \frac{1}{1 + 0,033\cos(\text{doy}2\pi/365)} \quad (3)$$

Em que  $\text{doy}$  é o dia do ano, e  $(\text{doy}.2\pi/365)$  é em radianos.

O ângulo de elevação solar ( $\phi$ ) é o complemento do ângulo zenital, e foi obtido a partir dos dados de arquivos que acompanham as imagens;  $\theta = (\pi/2 - \phi)$ .

Após determinada a energia solar refletida da superfície terrestre os índice de vegetação resulta de transformações lineares da reflectância nas faixas espectrais compreendidas entre os canais do visível, banda 3 ( $0,58 - 0,68\mu\text{m}$ ) e infravermelho próximo ( $0,725 - 1,1\mu\text{m}$ ) (ROUSE et al, 1973).

Os índices de vegetação SR (*Simple Ratio*), NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e TVI (Índice de Vegetação Transformado) podem ser

estimados através das seguintes expressões:

$$\text{SR} = \frac{\rho_4}{\rho_3} \quad (4)$$

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (5)$$

$$\text{TVI} = \sqrt{\text{NDVI} + 0,5} \quad (6)$$

Em que  $\rho_4$  e  $\rho_3$  são as reflectâncias das bandas 4 e 3 do TM-Landsat 5.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral as áreas vegetadas apresentam altos índices de vegetação em virtude da resposta espectral da cultura ser elevada na faixa espectral do visível (banda 3) e do infra-vermelho próximo (banda 4). Estes índices são muito utilizados no monitoramento ambiental e na avaliação espacial e temporal da cobertura vegetal e de áreas agrícolas de maiores dimensões. Os valores instantâneos máximos, médios e mínimos das imagens de 2005 e 2006 encontram-se na Tabela 1. Os valores de SR variaram de 0,02 a 7,13 para o dia 15/10/2005 e de 0,02 a 9,58 para 30/07/2006. Observa-se que os maiores valores de TVI dos dois períodos analisados não apresentam diferenças significativas, variando de 0,09 a 1,12 no dia 15/10/2005 e de 0,02 a 1,12 para 30/07/2006.

**Tabela 1.** Valores instantâneos de TVI e SR das imagens do sub-médio São Francisco, Juazeiro-BA.

Valores	30/10/2005		30/07/2006	
	SR	TVI	SR	TVI
Valor máximo	7,13	1,12	9,58	1,12
Valor médio	1,62	0,78	1,83	0,80
Valor mínimo	0,02	0,09	0,06	0,02

Dentre todos os índices de vegetação encontrados na literatura, o NDVI é um dos índices mais aplicados, em razão do mesmo compensar a interferência do solo, a influência atmosférica e as variações zenitais do sol (ROUSE et al., 1973).

Teoricamente, os valores para o NDVI variam de -1 a 1, analisando o gráfico da Figura 2 observa-se que os valores instantâneo de NDVI variaram de -0,45 a valores próximos de 0,82, para a imagem do dia 15/10/ 2005 enquanto para a imagem do dia 30/07/ 2006 verificam-se alguns valores isolados próximos a -0,98 e maiores próximos a 0,82. Os valores de NDVI negativos evidenciam os baixos índices de reflectância, no caso da área de estudo, os quais correspondem aos corpos d'água.

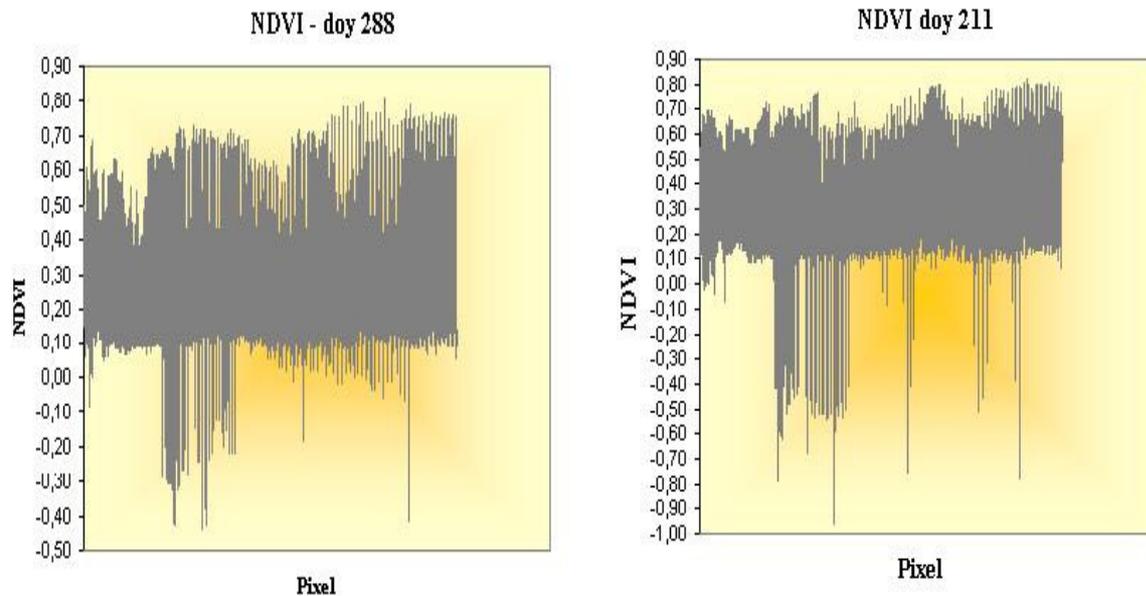
Os locais de solos expostos apresentam baixos índices de NDVI, com valores próximos de zero, no caso das áreas cultivadas com cana-de-açúcar isto ocorre nos locais em que a cana foi colhida

ou quando o solo está sendo preparado para novos plantios.

Os altos índices de NDVI, observados na Figura 2, correspondem às características de uma vegetação densa, em pleno desenvolvimento e em boas condições hídricas, nas duas imagens estudadas.

Shilpakar (2003) utilizando técnicas de sensoriamento remoto em pesquisa realizada na bacia do Rio Rapti, Nepal, encontrou valores de NDVI entre 0,55 e 0,70 em áreas de floresta e de 0,65 em áreas cultivadas com milho. Nas áreas de solos expostos esse índice alcançou 0,17, no entanto, nas áreas mais planas foram encontrados valores iguais e ainda menor que 0,06, tal diferença está relacionada a textura e à diferentes conteúdos de umidade no solo.

Baixos valores de NDVI foram encontrados em áreas produtivas e irrigadas com arroz, trigo, cevada e milho em Esfahan, Irã (Akbari et al, 2007).



**Figura 2.** Valores instantâneos de NDVI das imagens de 15/10/2005 e 30/07/2006.

Esses autores encontraram valores máximos de NDVI igual a 0,35, considerado baixo para áreas vegetadas. Tal fenômeno pode ter acontecido devido a baixa intensidade das culturas, com elevado grau de pousio em algum pixel detectado no momento do imageamento em razão da resolução espacial do sensor AVHRR-NOAA (Akbari et al, 2007).

Lopes (2003) utilizou imagens captadas em 2000 e 2001 pelo TM-Landsat 5 em estudo conduzido no perímetro de irrigação Senador Nilo Coelho e encontrou valores de NDVI iguais a 0,75 e 0,78 nos respectivos anos.

#### 4. CONCLUSÃO

Comparando-se os dados de Índices de Vegetação das duas datas avaliadas,

observa-se que os maiores valores de TVI não apresentam diferenças significativas, variando de 0,09 a 1,12 no dia 15/10/2005 e de 0,02 a 1,12 para 30/07/2006. Tomando-se por base os valores de NDVI das duas imagens, índice comumente mais aplicado para avaliar as condições hídricas e a densidade da vegetação, neste caso a cana-de-açúcar, os valores encontrados correspondentes a maior quantidade de pixel variam de 0,10 a valores máximos de 0,80 nas duas datas estudadas, denotando que a cultura se encontrava em condições similares de desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

- AKBARI, M.; TOOMANIAN, N.; DROOGERS, P.; BASTIAANSEN, W.; GIESKE, A. Monitoring irrigation performance in Esfahan, Iran, using NOAA satellite imagery. **Journal of Agricultural Water Management**. v. 88, p. 99-109, December/2006.
- ALLEN, G. R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (Metric-Model). **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. v. 133, n. 4, p.380-394, August/2007.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements** - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome-Italy, 1998.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing**. v. 41. n. 11. p.2674-2677, November/2003.
- DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. **Solar Engineering of Thermal Processes**. John Wiley and Sons, New York, p. 1-109, 1980.
- FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H.; OLIVEIRA, D. Correlação entre o índice de vegetação global e elementos agrometeorológicos no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n.2, p. 111-116, 1996.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. Satélites meteorológicos. Disponível em: <http://satellite.cptec.inpe.br/pesquisa/indicevegetacao> - acesso em 16/08/2006.
- LOPES, G. M. **Balanco de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat5-TM**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFCG-Campina Grande-PB, 80 p. Julho/2003.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Editora UFV – Viçosa-MG, 2003, 2ª ed. 307p.
- NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 1988. 308p.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, D. C., 1973. **Proceedings**. Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center v. 1, p. 309- 317. 1973. (NASA SP-351).
- SHILPAKAR, R. L. **Geo-information procedure for water accounting: A case of the East Rapti River Basin, Nepal**. February, 2003. (Master of Science Thesis), The Netherlands. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation.P.