

Comparação entre o Índice de Saturação do Solo $\ln(a/\tan\beta)$ e o Índice NDVI

Margarita M. Pereira Pessoa¹; Ester Loitzenbauer² & Walter Collischonn³

RESUMO --- Muitos modelos hidrológicos utilizam como parâmetros índices baseados na topografia e uso do solo. Dois destes índices são o Índice de Saturação do Solo (IS) e o NDVI, o primeiro calculado pela fórmula $\ln(a/\tan\beta)$ através do MNT, e o segundo através da sobreposição de imagens LANDSAT bandas 3 e 4. Foram feitos os cálculos dos dois índices utilizando os softwares IDRISI e TAS com imagens de uma região particular de Brasília - DF, para comparação entre os programas. Também foi feita a correlação dos resultados obtidos para os dois índices. Os resultados do cálculo do IS podem ser muito semelhantes para os dois softwares. O TAS é mais recomendado, pois permite utilizar um algoritmo de fluxo multidirecional. Para comparar o NDVI e o IS, foi feita uma divisão em classes dos índices. Obteve-se relação entre os valores médios de ambos os índices (classes 2 e 3). Nos valores extremos (inferior e superior) o grau de correlação foi muito baixo.

ABSTRACT--- Many hydrological models use indexes based on parameters, such as topography and land use. Soil Saturation Index (SI) and NDVI are two of this indexes. The first one is calculated by the formula $\ln(a/\tan\beta)$ through DEM. The second is obtained by overlaying LANDSAT images bands 3 and 4. The two indexes calculation was done using the softwares IDRISI and TAS. The study area was a particular region of Brasilia city – DF. It was done a comparison between the two softwares. The result was shown as the correlation of both indexes. The result of IS calculation for both softwares can be very similar. TAS is the most recommended one because it uses a multi-directional flow algorithm. To compare NDVI and IS it was made a division into indexes classes. It is observed a relationship between the average values of both indexes (classes 2 and 3). For extreme values (upper and lower) the correlation degree was very small.

Palavras-Chave: Modelo Numérico de Terreno, Umidade do Solo; Índice de Saturação do Solo; NDVI

-
- 1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre. E-mail: mmpereira@gmail.com
 - 2) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre. E-mail: ester_loi@yahoo.com.br
 - 3) Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre. E-mail: collischonn@iph.ufrgs.br

1. INTRODUÇÃO

Muitos modelos hidrológicos têm como parâmetros de cálculo índices baseados na topografia e uso do solo (Quinn et al, 1995). Dois índices conhecidos são o Índice de Saturação do Solo (IS), também chamado de *wetness index* em inglês, e o NDVI (sigla em inglês para Índice Diferencial de Vegetação Normalizada). O primeiro relaciona a área acumulada à montante da rede de drenagem em um ponto qualquer com a declividade deste ponto, estabelecendo uma classificação a partir do teor de umidade do solo. O segundo, a partir da sobreposição de imagens de satélite, estabelece a classificação da vegetação com base na exuberância (verde escuro, verde claro e amarelo).

A popularização das técnicas de sensoriamento remoto juntamente com a disponibilidade de dados topográficos tem motivado o desenvolvimento de métodos e modelos para extração automática de informações diretamente do modelo numérico do terreno (MNT) (Jensen & Domingues, 1988).

Os MNT são matrizes com valores de elevação em pontos igualmente espaçados do terreno, o que permite a armazenagem em uma estrutura de dados composta por pixels quadrados de tamanhos iguais, organizados em forma de uma matriz (formato raster). Estes são derivados de mapas topográficos (Mendes & Cirilo, 2001).

A partir do MNT é possível derivar diversas informações sobre a morfologia e a superfície terrestre (Jenson, 1991), sendo assim uma ferramenta muito útil para o cálculo do índice IS.

O índice NDVI é sensível a mudanças na vegetação, visto que é diretamente influenciado pela absorção da radiação solar pela clorofila das plantas (Tucker et al, 1985). Como a concentração de clorofila nos vegetais está diretamente relacionada a inúmeros fatores ambientais, o NDVI já foi relacionado com vários componentes da equação do balanço hídrico: umidade do solo, precipitação e evaporação (Sylagui et al, 1998). Em regiões semiáridas ou em períodos de seca, o NDVI pode estar relacionado diretamente com a umidade do solo (saturação superficial), por ser esta a principal fonte hídrica para a vegetação nestas condições.

Como ambos os índices (NDVI e IS) possuem um denominador comum – umidade do solo – poderia existir um relação entre ambos. Portanto, um dos objetivos deste trabalho será verificar se há tal relação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A partir dos softwares IDRISI e TAS, calculou-se os valores dos índices IS, pela fórmula $\ln(a/\tan\beta)$, sendo a “a” área de pixels acumulados a montante de um ponto qualquer e “ $\tan\beta$ ” a declividade em um ponto qualquer. Para evitar a divisão por zero, quando a declividade for zero, foi adicionado à declividade o valor de 0,001. O NDVI foi calculado através da sobreposição de imagens LANDSAT das bandas 3 e 4, utilizando a equação: $[(\text{banda 4} - \text{banda 3})/(\text{banda 4} + \text{banda 3})]$.

Foram analisados MNT resolução 10x10m e imagens LANDSAT 5 bandas 3 e 4 de 12 de julho de 2001.

2.1 Área de estudo

As análises foram feitas com imagens (MNT e de satélite) da cidade de Brasília – DF, especificamente a região do Parque Nacional de Brasília. O uso desta região geográfica se justifica por estar num local com estações seca e úmida bem definidas. Esta situação é propícia para considerar que na época seca a principal fonte de umidade para a vegetação é o lençol freático e locais onde poderia haver saturação superficial.

2.2 Cálculo do IS

Primeiramente, em todos os programas, foi feito um filtro de média (comando FILTER) para homogeneizar a imagem, removendo os pixels com valores extremos. Então a partir desta nova imagem filtrada foram feitos os procedimentos seguintes.

Através do comando SLOPE foi calculado a declividade ($\tan\beta$). Para cada software um processo diferente foi utilizado para o cálculo da área acumulada a montante.

2.2.1 IDRISI

Calculou-se a área acumulada através do comando RUNOFF, com a opção PITREMOVAL para remover as depressões. Ao calcular a área acumulada de fluxo, o software usa um algoritmo de fluxo unidirecional. Então com a ferramenta IMAGE CALCULATOR foi feita a operação do logaritmo. O resultado obtido foi o Índice de Saturação do Solo (Figura 1).

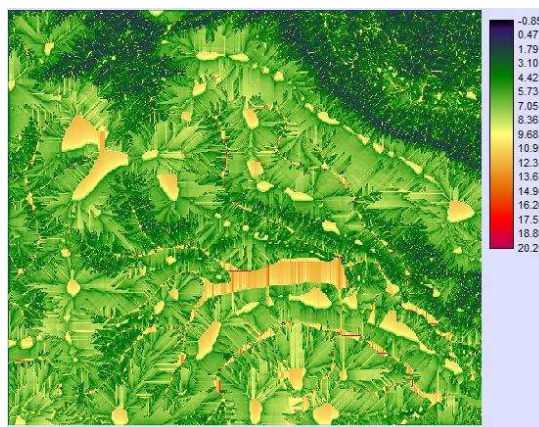


Figura 1 – Índice de Saturação do Solo obtido pelo programa IDRISI.

2.2.2 TAS

Neste software, a retirada das depressões deve ser feita num passo anterior ao cálculo da área acumulada, visto que não há a opção de fazê-lo no mesmo comando da área acumulada. Então foi utilizada a opção FILL ALL DEPRESSIONS.

Para cálculo da área acumulada foi utilizado o comando CATCHMENT AREA. Existe a possibilidade de usar diversos algoritmos de fluxo. O algoritmo D8 produz um resultado semelhante ao IDRISI, similar a um algoritmo de fluxo unidirecional. Para comparar o IS com o NDVI é necessário calcular a área acumulada com um algoritmo multidirecional, que gere um resultado mais espalhado no espaço e não apenas concentrado na calhas dos rios/córregos. De acordo com Quinn et al, 1991, o algoritmo FD8 é semelhante a um algoritmo de fluxo multidirecional, portanto foi usado este para o cálculo da área acumulada. Assim, através do RASTER CALCULATOR foi feito o cálculo do logaritmo. O resultado obtido está na figura 2.



Figura 2 – Índice de Saturação do Solo obtido pelo software TAS, utilizando o algoritmo FD8.

2.2.3- CÁLCULO DO NDVI

O cálculo do índice NDVI foi feito no software IDRISI. Como este índice é fruto da sobreposição de imagens, o resultado será o mesmo para qualquer software.

O índice NDVI varia entre -1 e 1, sendo que os valores negativos indicam ausência da atividade fotossintética. A figura 4 apresenta um gama de cores de vermelho até o amarelo claro para valores negativos de NDVI (ausência de fotossíntese) e de verde claro até verde escuro para um progressivo aumento da atividade fotossintética.

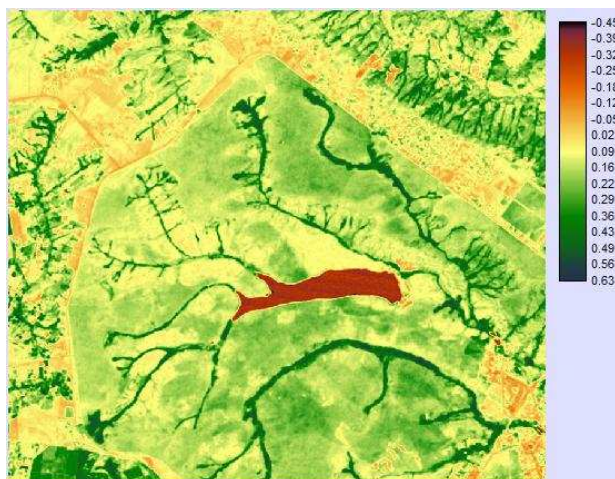


Figura 3: Índice Diferencial de Vegetação Normalizada (NDVI).

2.3 RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES

Na análise comparativa, as imagens do NDVI e do IS foram sobrepostas. Para diminuir possíveis erros no processamento, foi feito um recorte apenas da área da bacia hidrográfica e foi retirada a área correspondente ao reservatório – que possui NDVI negativo, indicando zero atividade fotossintética.

Com o objetivo de comparar os dois índices; o intervalo de valores resultante do cálculo dos respectivos índices foi dividido em quatro classes:

- Classe 1: valores baixos;
- Classe2: valores médio-baixos;
- Classe3: valores médio-altos;
- Classe4: valores altos.

Esta classificação foi feita com o comando RECLASS do IDRISI para a imagem gerada pelo software TAS a partir do algoritmo de multi-direção de fluxo, escolhida como melhor opção para o cálculo do IS e também para a imagem resultante do NDVI.

Depois de obtida esta nova classificação para os dois índices foi possível a comparação. As quatro classes do índice IS foram comparadas com as classes do NDVI. Também foi feita a comparação de cada classe de um índice com o total por classe do outro. Todo isso foi possível através do comando CROSS-TAB do IDRISI.

As correlações entre cada classe do IS e o total por classe de NDVI são apresentadas na tabela 1. Correlações de 84 e 83% foram observadas entre classes 2 e 2 e entre 2 e 3 (IS e NDVI), respectivamente. O que pode ser interpretado também da forma seguinte: Dos 100% dos pixels das classes 2 e 3 de NDVI 84 e 83% respectivamente coincidem com as classe 2 do IS.

Tabela 1: comparação de cada uma das classes do IS com o total de pixels por classe de NDVI.

NDVI \ IS	1	2	3	4
1	0%	0%	0%	2%
2	21%	84%	83%	36%
3	40%	13%	13%	27%
4	39%	3%	3%	35%
Total	100%	100%	100%	100%

Comparando os valores dos índices com valores totais de IS, a maior correlação foi entre as classes 2 e 3 (IS e NDVI) e 3 e 3 (Tabela 2).

Tabela 2: comparação de cada uma das classes do NDVI com o total por classe do IS.

NDVI \ IS	1	2	3	4	Total
1	0%	7%	44%	49%	100%
2	0%	21%	78%	1%	100%
3	1%	19%	73%	6%	100%
4	4%	13%	57%	26%	100%

Ao comparar os dois índices com os totais por classe de ambos os índices, a correlação geral diminuiu. As classes 2 e 3 (IS e NDVI) foram as que apresentaram maior correlação (63%). O resultado está apresentado na tabela 3.

Tabela 3: comparação entre os dois índices: NDVI e IS.

NDVI \ IS	1	2	3	4	Total
1	0%	0%	0%	0%	0%
2	0%	17%	63%	1%	81%
3	0%	3%	10%	1%	14%
4	0%	1%	3%	1%	4%
Total	0%	20%	76%	3%	100%

3. CONCLUSÃO

Para o cálculo do Índice de Saturação do Solo (IS), é recomendado o uso do software TAS, por apresentar a opção de área acumulada com fluxo multidirecional.

O NDVI e o IS possuem padrões semelhantes para valores intermediários de ambos, sendo correlacionáveis. Para valores extremos, tanto inferiores como superiores, os índices apresentaram graus insignificantes de correlação, indicando que não podem ser utilizados para a mesma finalidade quando não se tratar de valores médios na escala dos índices.

BIBLIOGRAFIA

JENSEN, S.K. 1991. *Applications of hydrologic information automatically extracted from digital elevation models*. Hydrological Process, vo. 5, 31-44.

JENSEN, S.K.; DOMINGUE, J.O. 1988. *Extracting structure from digital elevation data for geographic information system analysis*. Photogram Engineering. Remote Sensing 54 (11): 1593-1600.

MENDES, C.A.B.; CIRILO, J.A. 2001. *Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, integração e aplicação*. Porto Alegre, ABRH, 2001. 536p.

QUINN, P.F.; BEVEN, K.J.; LAMB, R. 1995. *The $\ln(a/\tan\beta)$ Index: How to calculate it and how to use it within the Topmodel framework*. Hydrological Process, vol. 9, 161-182.

QUINN, P.F.; BEVEN, K.J.; CHEVALLIER, P.; PLANCHON, O. 1991. *The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modeling using digital terrain models*. Hydrological Processes, vol.5: 59-79.

SZILAGYI, J.; RUNDQUIST, D.C.; GOSSELIN, D.C.; PARLANGE, M.B. 1998. *NDVI relationship to monthly evaporation*. Geophysical Research Letters, vol. 25 (10): 1753-1756.

TUCKER, C.J.; VANPRAET, C.L.; SHARMAN, M.J., G. van ITTERSUM. 1985. *Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel: 1980-1984*. Remote Sensing Environment, 17, 233-249.

ZINKO, U; SEIBERT, J; DYNESIUS, M; NILSSON, C. 2005. *Plant species numbers predicted by a topography-based groundwater flow index*. Ecosystems, 8:430-441.