

## **Análise da evapotranspiração real diária para diferentes usos e coberturas do solo da bacia do rio Negrinho – SC por meio do modelo SEBAL e imagens ASTER**

Patrícia Kazue Uda<sup>1</sup>  
Cláudia Weber Corseuil<sup>2</sup>  
Masato Kobiyama<sup>1</sup>  
Filipe Viezzer da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UFSC / Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental  
88010970 – Florianópolis - SC, Brasil  
patricia.kazue@posgrad.ufsc.br  
kobiyama@ens.ufsc.br  
fviezzerdasilva@gmail.com

<sup>2</sup> UFPEL / CENG Engenharia Sanitária e Ambiental  
Pelotas – RS, Brasil  
cwcorseuil@hotmail.com

**Abstract.** This study analyzed the daily actual evapotranspiration ( $ET_{24h}$ ) of the Rio Negrinho watershed, in Santa Catarina, through the Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) using an Advanced Spaceborne Thermal and Emission Radiometer (ASTER) image. Utilizing an image and meteorological data of April 13th, 2006, the SEBAL calculated the latent heat flux ( $LE$ ) as a residual of the surface energy balance, allowing the estimative of the  $ET_{24h}$ . In order to analyze the results, maps were created and statistical parameters were calculated from different samples of land use. The highest  $LE$  values were found in areas of dense vegetation, and the lowest, in urban and bare soil areas. In terms of  $LE$  mean values, the highest were water, native vegetation and reforestation areas (416, 478 and 509  $Wm^{-2}$ , respectively). The urban area and bright bare soil areas had the lowest mean values (270 and 309  $Wm^{-2}$ , respectively). As expected, the  $ET_{24h}$  behavior followed the same trend of the  $LE$ , with the highest values for water, native vegetation and reforestation, with mean values of 4.2, 4.3 and 4.5  $mm.day^{-1}$ , respectively, ranging from 4.1 to 5.3  $mm.day^{-1}$ . Values from 0.0 to 2.7  $mm.day^{-1}$  were concentrated in urban and bright bare soil areas. It was concluded that the SEBAL and the ASTER image enabled the analysis of the  $ET_{24h}$  distribution on the studied watershed. It was also observed that, due to the large surface cover, vegetation has a major influence on the  $ET_{24h}$  rate of the watershed.

**Palavras-chave:** Actual evapotranspiration, SEBAL, ASTER, land use, Rio Negrinho watershed, evapotranspiração real, SEBAL, ASTER, uso e cobertura do solo, bacia do rio Negrinho.

### **1. Introdução**

Em termos de quantidade de água transportada em bacias, a evapotranspiração é o segundo componente mais importante do ciclo hidrológico depois da precipitação, possuindo um papel significativo no contexto climático e na resolução de problemas de manejo de recursos hídricos (LI & LYONS, 1999; WARD & TRIMBLE, 2004; BRUTSAERT, 2005). Sobre a superfície terrestre a evapotranspiração média corresponde a, aproximadamente, 60 a 65% da precipitação média (BRUTSAERT, 2005). No Brasil, diversos estudos foram realizados verificando que a magnitude da evapotranspiração pode ter valores superiores a 40% até aproximadamente 65% do balanço hídrico anual de bacias hidrográficas (e.g. MELLO *et al.*, 2004; FILL *et al.*, 2005; KOBİYAMA & CHAFFE, 2008; PINEDA, 2008).

Dentre as componentes do ciclo hidrológico, a evapotranspiração frequentemente requer a utilização de métodos indiretos para sua estimativa (KAN, 2005). Assim, para a estimativa da evapotranspiração espacialmente distribuída, modelos baseados em técnicas de sensoriamento remoto foram desenvolvidos nas últimas décadas. Segundo Li e Lyons (1999), o sensoriamento remoto constitui uma abordagem adequada para estimativa da evapotranspiração em grandes áreas, por que satélites são capazes de fornecer parâmetros representativos, como características radiométricas da superfície, albedo e índices de vegetação consistentes, de maneira prática e economicamente viável.

Visando a estimativa mais representativa da evapotranspiração em escala regional, modelos de caráter empírico, determinístico e semi-empírico foram desenvolvidos. Os semi-empíricos reproduzem o balanço de energia nas superfícies. Proporcionam uma fácil operacionalização das estimativas da evapotranspiração, pois possibilitam a realização de simulações em curto tempo e com relativamente poucos dados de superfície (FOLHES, 2007). O *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL) é um modelo semi-empírico, desenvolvido por Bastiaanssen em 1995, que teve sua metodologia validada em diversos países, em escala temporal (de instantânea, diária a anual) e sob diversos usos e coberturas do solo. O SEBAL requer dados comumente medidos em estações meteorológicas e imagens de satélite que propiciem informações da radiação eletromagnética na região do visível, infravermelho próximo e infravermelho termal. Como uma imagem fornece informações somente para o momento de passagem do satélite, o SEBAL calcula a evapotranspiração *pixel a pixel*, para o momento de aquisição da imagem, através do balanço de energia BASTIAANSSEN *et al.*, 1998; ALLEN *et al.*, 2000; ALLEN *et al.*, 2002). Grande parte dos estudos envolvendo o SEBAL foi realizada com imagens de média a baixa resolução espacial (e.g. Landsat 5 e 7). Assim, imagens com melhor resolução espacial, como as do *Advanced Spaceborne Thermal and Emission Radiometer* (ASTER), podem contribuir para uma estimativa mais apurada dos componentes do balanço de energia e da evapotranspiração.

Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a evapotranspiração real diária de diferentes usos e coberturas do solo da bacia do rio Negrinho – SC pelo modelo SEBAL, utilizando imagens ASTER.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.2 Área de Estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Negrinho (195 km<sup>2</sup>), localizada no Planalto Norte Catarinense, próximo à divisa com o estado do Paraná. Situada entre as longitudes 49°19'54"W e 49°31'22"W e as latitudes 26°14'45"S e 26°25'31"S, abrange parte das cidades de Rio Negrinho e São Bento do Sul (Figura 1).

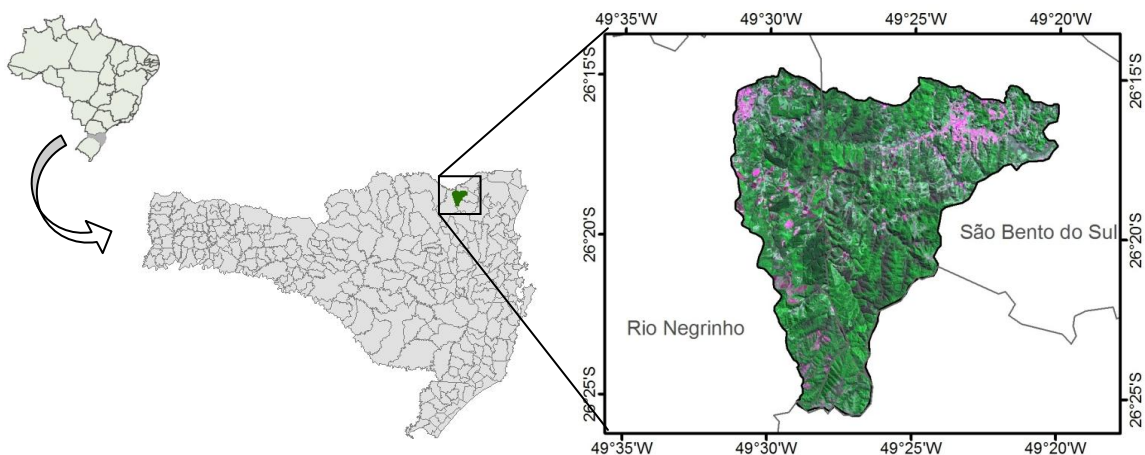


Figura 1. Localização da bacia do rio Negrinho e imagem ASTER (RGB 231).

O bioma original é a Mata Atlântica, predominantemente com Floresta Ombróflia Mista (FOM). Grande parte da bacia é coberta por vegetação, tendo alguns remanescentes da FOM, conjugados com reflorestamento de *Pinus elliot*, algumas áreas de plantios anuais e pastagens, além de abranger parte das áreas urbanas dos municípios de Rio Negrinho e São Bento do Sul, como pode ser visualizado na Figura 1.

A bacia possui clima Cfb, segundo Köppen, estando, portanto, em clima subtropical, mesotérmico úmido, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, com verão fresco, temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e sem estação seca definida. As principais características climáticas da região são: temperatura média de 15,5 a 17,0 °C, temperatura mínima de 10,8 a 11,8°C, temperatura máxima de 26,6 a 24,0°C, precipitação de 1360 a 1670 mm.ano<sup>-1</sup>, umidade relativa de 80,0 a 86,2 % e insolação de 1413 a 1613 horas.ano<sup>-1</sup> (EPAGRI/CIRAM 2009).

## 2.1 Material

- *Software ERDAS IMAGINE Professional 11.0*, para a implementação do SEBAL;
- *software ArcGIS 9.3.1* para extração das informações estatísticas dos resultados do SEBAL e para a confecção dos *layouts* dos mapas apresentados;
- dados meteorológicos de velocidade do vento, radiação solar, pressão de vapor de água e temperatura do ar, referentes à estação Lapa, foram utilizados na implementação do SEBAL e foram adquiridos no Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR);
- cartas topográficas digitais, que forneceram os dados vetoriais para a elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtidas através do site da EPAGRI (<http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca>).
- imagens do sensor ASTER, em nível de radiância e de temperatura, referentes a 13 de abril de 2006 (adquiridas através da plataforma de dados *on line* do NASA Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota: [http://lpdaac.usgs.gov/get\\_data](http://lpdaac.usgs.gov/get_data)).

O ASTER é um instrumento a bordo do satélite Terra, lançado em dezembro de 1999 como parte do *Earth Observing System*. Resultou de uma cooperação entre a NASA, o Ministério da Economia, Comércio e Indústria do Japão e o *Japan's Earth Remote Sensing Data Analysis Center* (ERSDAC). Este instrumento captura imagens que abrangem os comprimentos de onda do visível, infravermelho próximo, de ondas curtas e termal, conforme características da Tabela 1.

Tabela 1. Características das imagens ASTER.

Banda Espectral	Resoluções				Largura da cena (km)
	Espectral (µm)	Espacial (m)	Temporal (dias)	Radiométrica (bits)	
1	0,520 a 0,600				
2	0,630 a 0,690				
3 (nadir)	0,760 a 0,860	15	16	8	60
3 (off-nadir)	0,760 a 0,860				
4	1,600 a 1,700				
5	2,145 a 2,185				
6	2,185 a 2,225				
7	2,235 a 2,285	30	16	8	60
8	2,295 a 2,365				
9	2,360 a 2,430				
10	8,125 a 8,475				
11	8,475 a 8,825				
12	8,925 a 9,275	90	16	12	60
13	10,250 a 10,950				
14	10,950 a 11,650				

Fonte: Adaptado de <http://www.sat.cnpem.embrapa.br/conteudo/terra.htm#aster>.

## 2.2 Aplicação do SEBAL

Como o SEBAL calcula o fluxo de calor latente como um residual do balanço de energia à superfície, primeiramente foi necessário o cálculo do saldo de radiação (Equação 1):

$$R_n = (1 - \alpha_{sup})R_{S\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \epsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (1)$$

em que  $R_n$  é o saldo de radiação ( $W.m^{-2}$ );  $\alpha_{sup}$  é o albedo da superfície (adimensional);  $R_{S\downarrow}$  é a radiação de onda curta incidente ( $W.m^{-2}$ );  $R_{L\downarrow}$  é a radiação de onda longa incidente ( $W.m^{-2}$ );  $R_{L\uparrow}$  é a radiação de onda longa emitida ( $W.m^{-2}$ ); e  $\epsilon_0$  é a emissividade da superfície (adimensional). Os termos  $R_{S\downarrow}$ ,  $R_{L\downarrow}$ ,  $R_{L\uparrow}$  (estimado usando imagem de temperatura fornecida pela NASA) e  $\epsilon_0$  foram estimados segundo Allen *et al.* (2002), com exceção de  $\alpha_{sup}$ , que seguiu a proposição de Liang (2000) (Equação 2):

$$\alpha_{sup} = 0,484\rho_1 + 0,335\rho_3 - 0,324\rho_5 + 0,551\rho_6 + 0,305\rho_8 - 0,367\rho_9 - 0,0015 \quad (2)$$

em que  $\alpha_{sup}$  é o albedo da superfície; e  $\rho_1$  a  $\rho_9$  são as reflectâncias da superfície previamente corrigidas dos efeitos atmosféricos de cada banda do ASTER.

O fluxo de calor no solo foi estimado segundo a equação empírica desenvolvida por Bastiaanssen (2000) para condições próximas ao meio dia (Equação 3), em função de não haver dados medidos em campo para a data da imagem:

$$G = \frac{T_s \times (0,0038\alpha_{sup} + 0,0007\alpha_{sup}^2)(1 - 0,98NDVI^4)}{\alpha_{sup}} \times R_n \quad (3)$$

em que  $G$  é o fluxo de calor no solo ( $W.m^{-2}$ );  $T_s$  é a temperatura da superfície ( $^{\circ}C$ ); e  $NDVI$  é o índice de vegetação da diferença normalizada. Para *pixels* com  $NDVI < 0$ , considerados como representativos de água, foi utilizado  $G/R_n = 0,5$ , conforme Allen *et al.* (2002).

O fluxo de calor sensível ( $H$ ) representa a perda de calor para o ar, através de condução e convecção e foi calculado pela Equação 4 para o transporte de calor:

$$H = \frac{(\rho_{ar} \times c_p \times dT)}{r_{ah}} \quad (4)$$

em que  $\rho_{ar}$  é a densidade do ar ( $kg.m^{-3}$ );  $c_p$  é o calor específico do ar ( $1004 J.kg^{-1}.K^{-1}$ );  $dT$  é a diferença de temperatura ( $T_1 - T_2$ ) entre duas alturas ( $z_1$  e  $z_2$ ); e  $r_{ah}$  é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor ( $s.m^{-1}$ ).  $H$  foi calculado primeiramente considerando a condição de estabilidade neutra da atmosfera. Após, foi corrigido em função das características da atmosfera local aplicando a teoria de Monin-Obukhov em um processo iterativo, esquematizado na Figura 2. Um ponto chave é a escolha dos *pixels* âncoras (quente e frio) para a estimativa de  $dT$ . Nesse sentido, foi escolhido o *pixel* quente em área de solo exposto e o *pixel* frio em superfície de água. Repetiu-se o cálculo de  $H$  através de um número de iterações, cada uma corrigindo os efeitos de fluatibilidade, até o valor de  $r_{ah}$  estabilizar.

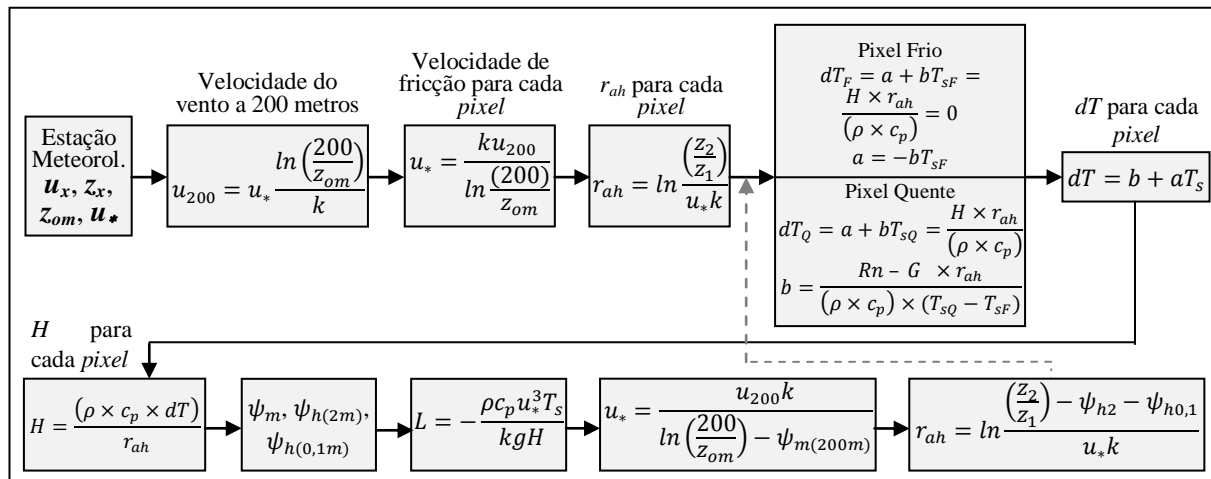


Figura 2. Fluxograma para determinação do calor sensível.

Fonte: Allen *et al.* (2002)

Estimados  $Rn$ ,  $G$  e  $H$ , o fluxo de calor latente foi calculado como um residual do balanço de energia (Equação 5):

$$LE = Rn - G - H \quad (5)$$

em que  $LE$  é o fluxo de calor latente para o momento de passagem do satélite ( $W.m^{-2}$ ).

Em seguida, a evapotranspiração diária foi calculada segundo Bastiaanssen (2000):

$$ET_{24h} = \frac{86400 \times \Lambda \times R_{n24h}}{\lambda} \quad (6)$$

em que  $ET_{24h}$  é a evapotranspiração real diária ( $mm.dia^{-1}$ );  $\Lambda$  é a fração de evaporação (adimensional);  $R_{n24h}$  é o saldo de radiação médio diário ( $W.m^{-2}$ ); e  $\lambda$  é o calor latente de evaporação da água ( $J.kg^{-1}$ ).

A  $\Lambda$  foi assumida como constante durante o dia (BASTIAANSSEN *et al.*, 2005) e foi calculada pela Equação 7:

$$\Lambda = \frac{LE}{Rn - G} \quad (7)$$

Já  $R_{n24h}$  foi calculado pela Equação (8), segundo de Bruin (1987):

$$R_{n24h} = (1 - \alpha_{sup}) \times R_{c\downarrow 24h} - 110\tau \quad (8)$$

onde  $R_{c\downarrow 24h}$  é a radiação de ondas curtas incidente ( $W.m^{-2}$ ), obtida pela média da radiação medida na estação; e  $\tau$  é a transmissividade da atmosfera, dada pela razão entre a radiação solar global diária (radiação média de ondas curtas que chega à superfície, medida na estação) e a radiação solar no topo da atmosfera e estimada pela Lei de Lambert.

### 3. Resultados e Discussão

Para a análise dos principais resultados do SEBAL, foram elaborados mapas para a visualização do comportamento espacial (apresentados nas figuras abaixo em projeção UTM, datum SAD69 e fuso 22S), bem como, foram extraídas informações estatísticas de amostras representativas dos usos e coberturas do solo: água, solo exposto claro, solo exposto escuro (possivelmente, solo preparado para plantio ou com vegetação em estágio inicial de crescimento), área urbana construída, mata nativa, reflorestamento, agricultura e pastagem.

A Tabela 2 mostra a análise estatística do saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente e a Figura 3 mostra os mapas destes parâmetros para a bacia do rio Negrinho.

Tabela 2. Análise estatística dos principais parâmetros do SEBAL.

		Água	Solo exposto claro	Solo exposto escuro	Área Urbana	Mata Nativa	Reflorestamento	Agricultura	Pastagem
Rn	Mín. ( $W.m^{-2}$ )	548	335	391	228	460	477	398	397
	Máx. ( $W.m^{-2}$ )	614	491	570	506	600	601	526	532
	Média ( $W.m^{-2}$ )	582	436	505	439	537	555	473	481
	CV (%)	10	9	9	9	9	9	9	9
G	Mín. ( $W.m^{-2}$ )	53	52	53	40	24	20	21	39
	Máx. ( $W.m^{-2}$ )	68	75	75	75	53	51	54	65
	Média ( $W.m^{-2}$ )	61	61	63	66	35	31	35	51
	CV (%)	9	8	8	9	7	6	7	8
H	Mín. ( $W.m^{-2}$ )	17	10	12	13	4	3	3	27
	Máx. ( $W.m^{-2}$ )	179	179	179	179	153	179	164	179
	Média ( $W.m^{-2}$ )	103	72	62	102	24	15	47	73
	CV (%)	6	4	4	6	2	1	3	4
LE	Mín. ( $W.m^{-2}$ )	295	46	82	42	275	213	211	60
	Máx. ( $W.m^{-2}$ )	539	410	497	423	555	559	475	441
	Média ( $W.m^{-2}$ )	416	309	362	270	478	509	391	357
	CV (%)	8	8	7	6	9	9	8	8



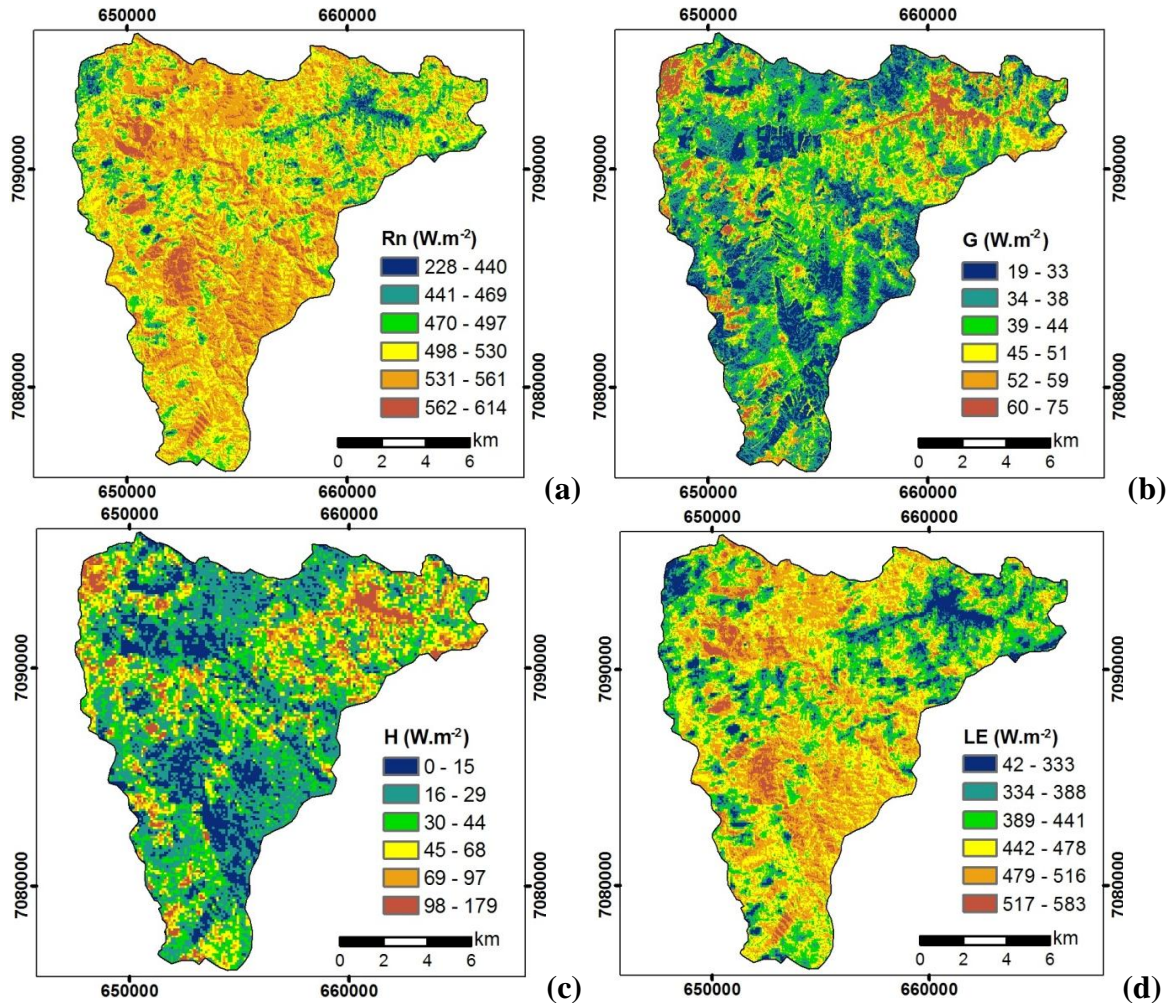


Figura 3. (a) Saldo de radiação ( $R_n$ ); (b) Fluxo de calor no solo ( $G$ ); (c) Fluxo de calor sensível ( $H$ ); (d) Fluxo de calor latente ( $LE$ ) da bacia do rio Negrinho.

Observa-se, para  $R_n$  e  $LE$ , que os valores mais elevados concentram-se nas áreas de vegetação mais densa. Os menores valores apresentam-se nas áreas com maior interferência antrópica, ou seja, área urbana e solo exposto. Assim, para  $R_n$ , as maiores médias foram encontradas em mata nativa ( $537 W.m^{-2}$ ) e reflorestamento ( $555 W.m^{-2}$ ), bem como em água ( $582 W.m^{-2}$ ) (áreas com menor albedo geram menor reflexão de ondas curtas e menor temperatura da superfície, e, conseqüentemente, menor emissão de ondas longas, favorecendo o  $R_n$ ). As áreas de solo exposto escuro também apresentaram  $R_n$  elevado ( $505 W.m^{-2}$ ). Já solo exposto claro e área urbana, apresentaram os menores valores de  $436$  e  $439 W.m^{-2}$ , respectivamente (áreas com maior perda de energia por reflexão e emissão). Com relação a  $LE$ , os maiores valores médios foram obtidos para a água, mata nativa e reflorestamento ( $416$ ,  $478$  e  $509 W.m^{-2}$ , respectivamente), sendo que as duas últimas apresentaram as médias mais elevadas de  $R_n$  e as menores médias de  $G$  e  $H$ . Área urbana e solo exposto claro apresentaram menores  $LE$  médios ( $270$  e  $309 W.m^{-2}$ , respectivamente).

O maior valor médio de  $G$  foi observado para as regiões com menor cobertura vegetal entre os usos e coberturas do solo e com maior temperatura da superfície e albedo: para as áreas urbanas ( $66 W.m^{-2}$ ), seguidas das áreas de solo exposto escuro e claro ( $63$  e  $61 W.m^{-2}$ , respectivamente) e podem ser visualizados na Figura 3(b) em tons de marrom e alaranjado. A água, apesar de apresentar temperatura da superfície mais baixa e os menores valores de albedo, obteve uma das maiores densidades de  $G$  ( $61 W.m^{-2}$ ). Isto pode ser justificado pelo

comportamento termodinâmico da água, que possui maior capacidade de condução de calor em comparação, por exemplo, com áreas de solo exposto.

Os menores valores médios de  $H$  foram observados nas áreas com maior densidade de vegetação, sendo  $15 \text{ W.m}^{-2}$  para reflorestamento e  $24 \text{ W.m}^{-2}$  para mata nativa. Áreas de solo exposto escuro, agricultura e pastagem apresentaram valores mais altos, correspondendo a 62, 47 e  $73 \text{ W.m}^{-2}$ , respectivamente. Os maiores valores médios de  $H$  foram encontrados nas áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal ( $72 \text{ W.m}^{-2}$  para áreas de solo exposto claro e  $102 \text{ W.m}^{-2}$  para área urbana construída).

A Tabela 3 e a Figura 4 mostram, respectivamente, o resultado da análise estatística e a distribuição espacial da evapotranspiração real diária na bacia do rio Negrinho. Verifica-se que os menores valores, variando predominantemente de  $0,0$  a  $2,7 \text{ mm.dia}^{-1}$  concentram-se principalmente nas regiões com maior interferência antrópica, ou seja, nas áreas urbanas dos municípios de Rio Negrinho e de São Bento do Sul, e áreas de solo exposto (claro). Nessas áreas a  $ET_{24h}$  média foi de  $2,7$  e  $2,9 \text{ mm.dia}^{-1}$ , respectivamente. As áreas de pastagem, agricultura e solo exposto escuro apresentaram valores intermediários de evapotranspiração (com média de  $3,4$ ,  $3,5$  e  $3,6 \text{ mm.dia}^{-1}$ , respectivamente) e encontram-se basicamente nos pixels em tom de verde mais escuro (Figura 4). Os valores mais altos de  $ET_{24h}$  estão representados por tons de azul, variando predominantemente de  $4,0$  a  $5,3 \text{ mm.dia}^{-1}$  e englobam, principalmente, áreas de vegetação mais densa e de corpos d'água. Desta maneira, como era esperado, as áreas que apresentaram  $LE$  médio mais altos, resultaram também em  $ET_{24h}$  média elevada (com  $4,2 \text{ mm.dia}^{-1}$  para água,  $4,3 \text{ mm.dia}^{-1}$  para mata nativa e  $4,5 \text{ mm.dia}^{-1}$  para reflorestamento).

Tabela 3. Evapotranspiração real para diferentes usos e coberturas do solo da bacia do rio Negrinho.

Classe	ETr			
	Mín. (mm.dia <sup>-1</sup> )	Máx. (mm.dia <sup>-1</sup> )	Média (mm.dia <sup>-1</sup> )	CV (%)
Água	3,1	5,3	4,2	0,14
Solo exposto claro	0,5	3,8	2,9	0,25
Solo exposto escuro	1,0	4,7	3,6	0,28
Área Urbana	0,0	3,9	2,7	0,18
Mata Nativa	2,7	5,0	4,3	0,05
Reflorestamento	2,3	5,0	4,5	0,04
Agricultura	2,1	4,1	3,5	0,13
Pastagem	0,7	4,1	3,4	0,12

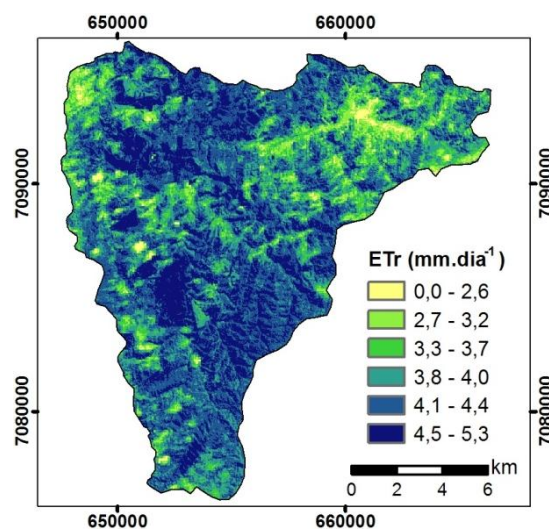


Figura 4. Evapotranspiração real diária da bacia do rio Negrinho.

## Conclusões

O modelo SEBAL utilizando imagens ASTER, permitiu estimar a evapotranspiração real distribuída, assim como, sua análise em relação aos diferentes usos e coberturas do solo da bacia do rio Negrinho. Em função da grande porcentagem de cobertura da superfície, observou-se uma forte influência da vegetação na evapotranspiração da bacia, onde as médias mais altas de evapotranspiração real foram encontradas nas áreas de reflorestamento e mata nativa apresentando ( $4,5$  e  $4,3 \text{ mm.dia}^{-1}$ , respectivamente). As áreas com menor taxa de evapotranspiração correspondem às com maior interferência antrópica (áreas urbanas e solo exposto). Ressalta-se ainda, a importância de realizar medidas em campo para a efetiva validação de estudos semelhantes.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), pelo fornecimento dos dados meteorológicos, à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), pela disponibilização das cartas topográficas digitais e ao *Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota*, pelo fornecimento das imagens ASTER.

## Referências Bibliográficas

- ALLEN, R.G.; MORSE, A.; TASUMI, T.; BASTIAANSSEN, W.; KRAMBER, W.; ANDERSON, H. **Evapotranspiration from Landsat (SEBAL) for Water Rights Management and Compliance with Multi-State Water Compacts**. 2000. 4p.
- ALLEN, R. G.; BASTIAANSSEN, W.G.M.; TREZZA, R.; TASUMI M.; WATERS, R. **Surface energy balance algorithms for land - Advance training and users manual**, version 1.0, p. 98, 2002.
- BASTIAANSSEN, W.G.M.; MENENTI, M.; FEDDES, R.A.; HOLTSLAG, A.A.M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) I. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212, p. 198-212, 1998.
- BASTIAANSSEN, W.G.M.; NOORDMAN, E.J.M.; PELGRUM, H.; DAVIDS, G.; THORESON, B.P.; ALLEN, R.G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field conditions. **Journal of irrigation and drainage engineering**, p. 85-93, jan/fev 2005.
- BRUTSAERT, W.H. **Hydrology: An Introduction**. New York: Cambridge University Press, 2005. 605p.
- DE BRUIN, H.A.R. From Penman to Makkink', in Hooghart, C. (Ed.), *Evaporation and Weather*, Proceedings and Information. Comm. Hydrological Research TNO, The Hague. p. 5-30, 1987.
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. – EPAGRI / Centro De Informações De Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - CIRAM. **Zoneamento Agroecológico**. Disponível em: <<http://ciram.epagri.rct-sc.br/portal/website/index.jsp?url=jsp/agricultura/zoneAgroecologico.jsp&tipo=agricultura>>. Acesso em: junho de 2009.
- FILL, H.D.; SANTOS, I. dos; FERNANDES, C.; TOCZECK, A.; OLIVEIRA, M.F. de. Balanço Hídrico da Bacia do Rio Barigüi, PR. **R. RA E GA**. Editora UFPR. Curitiba, n. 9, p. 59-67, 2005.
- FOLHES, M.T. **Modelagem da evapotranspiração para a gestão hídrica de perímetros irrigados com base em sensores remotos**. 189 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE. São José dos Campos, 2007.
- KAN, A. **Estimativa de Evapotranspiração Real com Base na Análise de Recessão dos Hidrogramas**. 257 f. Tese (Doutorado em Ciências, pós graduação em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Tecnologia e Ciências Exatas). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.
- KOBIYAMA, M.; CHAFFE, P.L.B. Water balance in Cubatão-Sul river catchment, Santa Catarina, Brazil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 3, p. 5-17, 2008.
- LI, F.; LYONS, T.J. Estimation of Regional Evapotranspiration through Remote Sensing. **Journal of Applied Meteorology**, v. 38, p. 1644-1654, nov 1999.
- LIANG, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo. Part I: Algorithms. **Remote Sensing of Environment**. n. 76, issue 3, p. 213-238, 2000.
- MELLO, C.R. de; LIMA, J.M. de; SILVA, A.M. da. Evapotranspiração em microbacia hidrográfica de fluxo efêmero associada à umidade do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 1, p. 95-102, 2004.
- PINEDA, L.A.C. **Estudo Observacional e de Modelagem Hidrológica de uma Micro-Bacia em Floresta Não Perturbada na Amazônia Central**. 241f. Tese (Doutorado em Meteorologia). INPE. São José dos Campos, 2008.
- WARD, A.D.; TRIMBLE, S.W. **Environmental Hydrology**. 2<sup>nd</sup> Ed. USA: Lewis Publishers, 2004. 475 p.