

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO MODELO SEBAL PARA A ESTIMATIVA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREAS IRRIGADAS NO NOROESTE PAULISTA

FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ
CHRISTOPHER NEALE
SALEH TAGHVAEIAN
ANTÔNIO HERIBERTO DE CASTRO TEIXEIRA

FAPESP/FACEPE (Projeto 09/52467-4, Modelagem da produtividade da água em bacias hidrográficas com mudanças de uso da terra), Remote Sensing Service Laboratory e Utah Agricultural Experiment Station



- ❑ **PASSADO:** Os resultados da ação do homem sobre os recursos hídricos eram vistos sob a estrita ótica de escala local.
- ❑ **ATUALMENTE:** Análise na escala de bacias hidrográficas, onde o planejamento de ocupação é uma necessidade em sociedades com usos crescentes de água, tendendo a comprometer o meio ambiente pelo efeito conjunto de mudanças de uso da terra e alterações climáticas.
- ❑ A demanda hídrica já excede o suprimento em muitas partes do mundo, o crescimento da população aliado aos possíveis efeitos das mudanças climáticas, uma maior escassez de água é esperada, junto com a contínua poluição dos rios nos países em desenvolvimento.
- ❑ Para a exploração dos recursos hídricos de uma forma sustentável e garantia da disponibilidade de água para os grupos competitivos, o gerenciamento hídrico deve reconhecer os diversos habitantes da bacia hidrográfica e os fluxos hídricos em termos de produção e consumos líquidos.
- ❑ Os aumentos dos conflitos são esperados na medida em que a população se expande, a economia cresce, e a competição pelos limitados recursos hídricos intensificam.
- ❑ Diálogos entre os diferentes usuários da água de uma bacia hidrográfica são cruciais para os critérios de alocação e o sucesso destes depende do conhecimento básico e da confiança nos dados hidrológicos disponíveis, como **O USO DA TERRA, O CONSUMO DA ÁGUA E A PRODUÇÃO DE CADA** um dos diferentes ecossistemas da região.

MODELAGEM DA PRODUTIVIDADE DA ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM MUDANÇAS DE USO DA TERRA



Estação Convention Center

30 de abril a
5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de
Sensoriamento Remoto

XV SBR



rio tiete

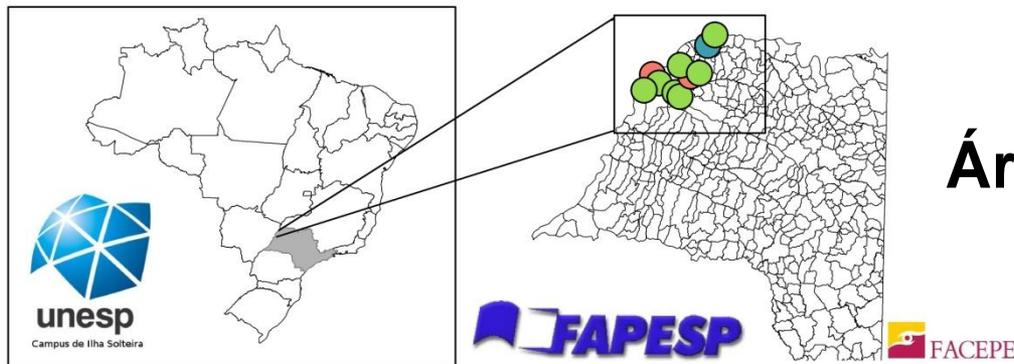
rio parana



Estação Convention Center

30 de abril a
5 de maio de 2011
Curitiba - PR





Área beneficiada
7.464 km²



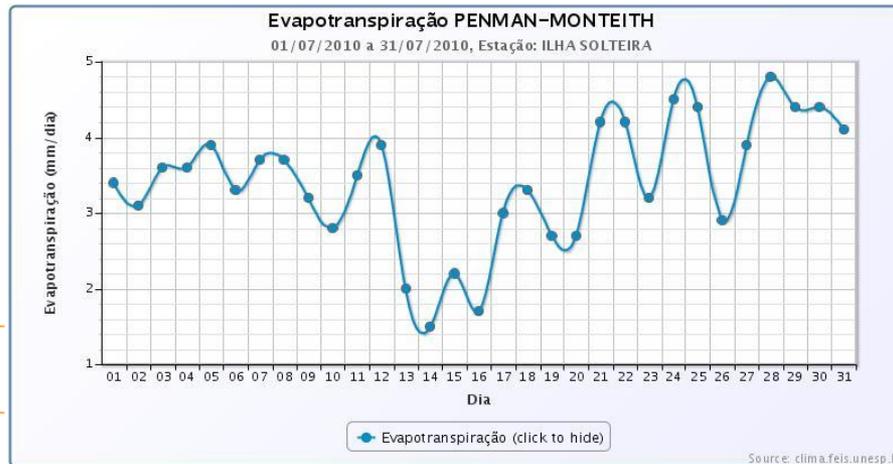
ÁREA DE HIDRÁULICA E IRRIGAÇÃO



Boa Tarde, Seja Bem Vindo!

Hoje é segunda-feira, 02 de Maio de 2011

3 usuários on-line



Source: clima.feis.unesp.br

Preencha os dados abaixo:

Período de: 01/07/2010 * 31/07/2010 *

Estação: ILHA SOLTEIRA

Dados Mensais Visualizar média Mensais

* campos obrigatórios

Enviar

<http://clima.feis.unesp.br>

Média das variáveis climáticas de Ilha Solteira nas últimas 24 horas

Hora	Temp	UR	Rad. Global	Rad. Líquida	Vel. Vento	Dir. Vento	Chuva	Pressao



UNESP
HIDRÁULICA E IRRIGAÇÃO
ILHA SOLTEIRA - SP

INSTITUCIONAL

- Home
- Apresentação
- Corpo Técnico
- Ex-orientados
- Diversos

ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

- Atividades Acadêmicas
- Eventos
- Defesas
- Galeria
- Pesquisas

SERVIÇOS

- Assuntos Diversos
- Clima
- Links
- Downloads
- Textos Técnicos
- Previsão do Tempo
- Publicações e Produtos
- Extensão Universitária



Semiárido



Média das variáveis climáticas de Ilha Solteira nas últimas 24 horas

Hora	Temp (°C)	UR (%)	Rad. Global MJ/m2/dia	Rad. Líquida	Vel. Vento m/s	Dir. Vento	Chuva mm	Pressao KPa		
16:00	21.4	65.1	1.3	0.8	2.8	M	231.7	SO	0.0	97.8
15:00	21.4	66.2	1.6	1.1	3.1	M	220.4	SO	0.0	97.8
14:00	21.0	68.1	1.6	1.1	2.8	M	219.6	SO	0.0	97.8
13:00	19.9	68.6	1.2	0.8	2.8	M	208.2	SO	0.0	97.9
12:00	19.7	69.2	1.6	1.2	3.3	M	206.2	SO	0.0	98.0
11:00	19.0	76.8	1.2	0.9	2.9	M	195.0	S	0.0	98.0
10:00	18.5	84.1	1.1	0.6	2.8	M	208.4	SO	0.0	98.0
09:00	17.4	90.6	0.4	0.0	2.2	M	204.7	SO	0.0	97.9
08:00	17.3	93.2	0.1	-0.2	2.3	M	209.3	SO	0.0	97.8
07:00	17.2	95.3	0.0	-0.2	1.5	F	214.8	SO	0.0	97.7
06:00	17.7	96.3	0.0	-0.1	1.7	F	206.8	SO	0.0	97.6
05:00	17.8	98.5	0.0	-0.1	1.8	F	212.7	SO	0.0	97.6
04:00	18.0	98.0	0.0	-0.1	2.1	M	209.6	SO	0.3	97.6
03:00	18.4	99.0	0.0	-0.1	1.9	F	212.3	SO	0.3	97.6
02:00	18.5	98.3	0.0	-0.1	2.0	F	205.2	SO	1.0	97.6
01:00	19.6	98.1	0.0	-0.1	2.0	F	211.3	SO	0.5	97.7
00:00	20.3	98.0	0.0	-0.1	1.9	F	198.6	S	0.0	97.6
23:00	20.8	98.4	0.0	-0.1	0.8	F	198.7	S	0.0	97.6
22:00	20.8	99.1	0.0	-0.1	0.6	F	190.5	S	0.3	97.6
21:00	20.8	97.8	0.0	-0.1	1.5	F	183.5	S	6.6	97.5
20:00	21.8	92.6	0.0	-0.1	1.4	F	176.2	S	0.3	97.4
19:00	22.6	90.2	0.0	-0.2	1.4	F	163.2	S	0.0	97.4
18:00	23.7	83.3	0.0	-0.2	1.7	F	167.6	S	0.3	97.3
17:00	26.3	70.1	0.6	0.2	1.6	F	166.5	S	0.0	97.2



N Norte **S** Sul **E** Leste **O** Oeste
NE Nordeste **SO** Sudoeste **SE** Sudeste **NO** Noroeste
F Fraco **M** Moderado **FO** Forte **MF** Muito Forte

Temperatura do Ar Média



<http://clima.feis.unesp.br>



FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA - UNESP
 DEPARTAMENTO DE FITOSSANIDADE, ENGENHARIA RURAL E SOLOS
 ÁREA DE ENGENHARIA RURAL - HIDRÁULICA e IRRIGAÇÃO
 FONE: (18) 3743 -1180 - FAX: (18) 3742-32-94
 URL: <http://clima.feis.unesp.br> / e-mail: irriga@agr.feis.unesp.br
 PORTAL: www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.php
 BLOG: irrigacao.blogspot.com/



MÉDIA DOS DADOS CLIMÁTICOS MENSAIS
 ILHA SOLTEIRA

Período de: 2011 à 2011

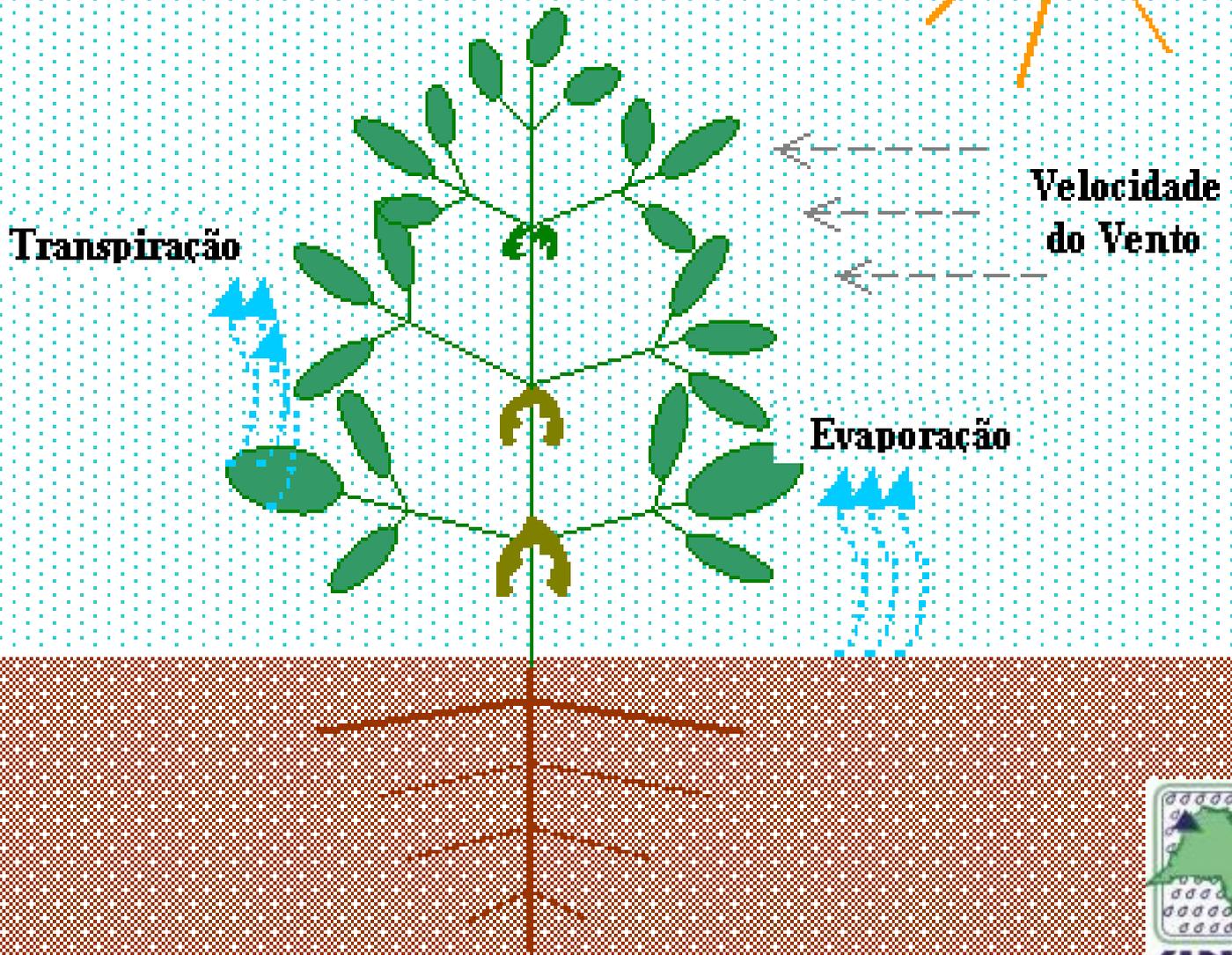
Valores médios mensais

Dia	TEMPERATURA °C			UMIDADE RELATIVA DO AR %			Pressão Atm	Rad. Global	Rad. Líquida	Flx de calor	PAR	Ev-TCA	Eto-PN-M	Eto-TCA	Velocidade do vento (m/s)		Direção vento	Chuva	Insolação
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima									kPa	MJ/m2.dia			
JAN/2011	26.4	32.1	22.1	78.3	94.8	52.6	96.5	23.7	13.7	0.1	274.5	6.4	4.6	4.6	6.4	1.0	131.5	233.1	7.9
FEB/2011	26.0	31.8	21.9	79.3	95.5	52.3	97.1	24.0	13.5	0.1	270.3	6.3	4.3	4.9	5.8	0.9	103.3	223.3	7.9
MAR/2011	25.1	30.4	21.9	86.4	98.2	63.9	97.1	15.3	8.5	-0.1	203.2	4.3	2.9	3.4	5.8	1.3	103.3	283.9	4.1
ABR/2011	25.3	31.3	20.3	75.3	95.1	50.8	97.4	17.6	9.9	0.0	429.0	4.6	3.5	3.4	5.1	1.2	95.4	160.5	7.4
MAI/2011	22.9	28.3	20.0	85.7	99.6	60.4	97.4	10.6	5.2	-0.1	256.4	3.4	1.8	2.6	4.3	0.9	173.6	7.4	3.6
MEDIA	25.1	30.8	21.2	81.0	96.6	56.0	97.1	18.2	10.2	0.0	286.7	5.0	3.4	3.8	5.5	1.1	121.4	181.6	6.2

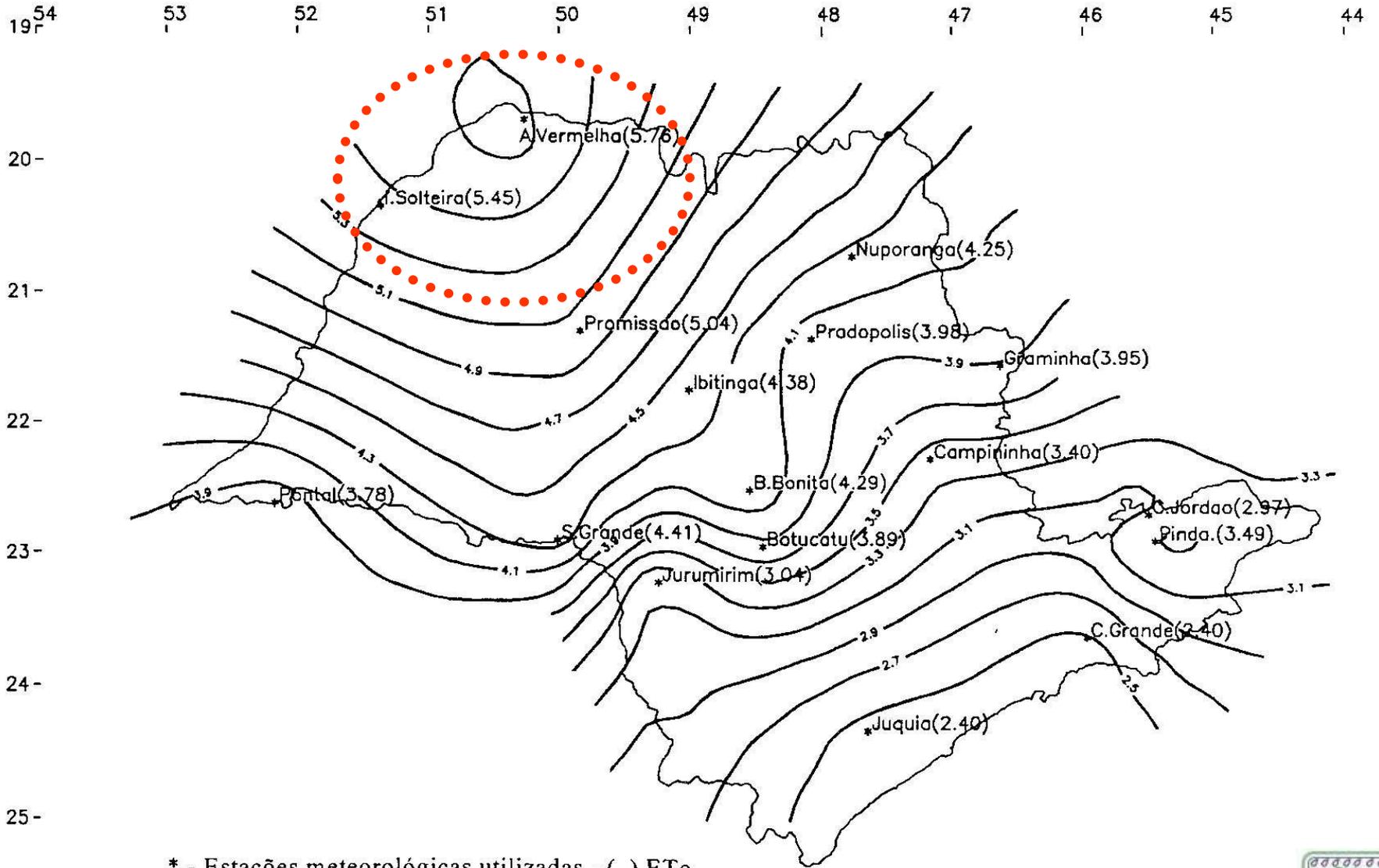
N = Número de horas de brilho do sol; Eto_TCA e Eto_PN-M = Evapotranspiração por Tanque Classe A e por Penman_Monteith
 Correo eletrônico irriga@agr.feis.unesp.br



EVAPOTRANSPIRAÇÃO



EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO - AGOSTO



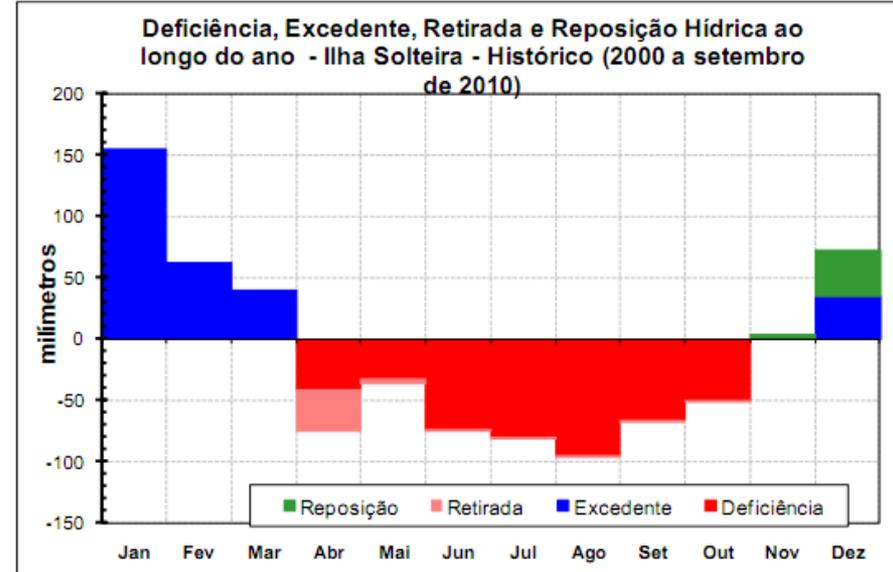
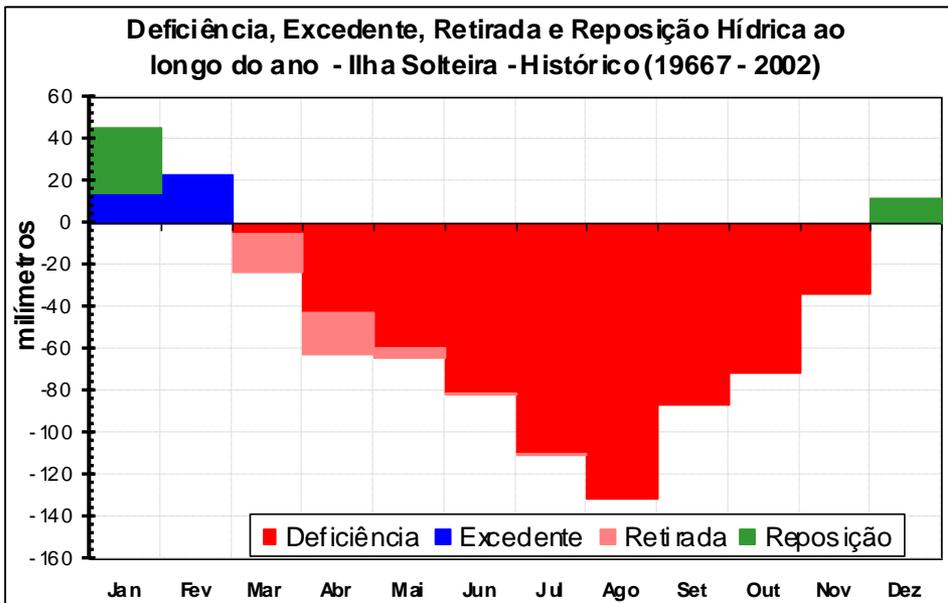
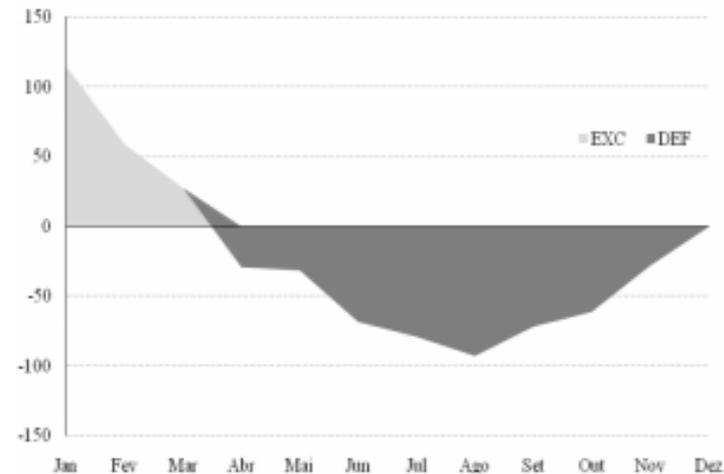


Figura 1. Extrato do balanço hídrico mensal.



Hernandez et al. (1995),
 Hernandez et al. (2003),
 Santos et al. (2010) e
 Damião et al. (2010)



Estação Convention Center
 30 de abril a
 5 de maio de 2011
 Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de
Sensoriamento Remoto

XV SBSR



EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ESCALA REGIONAL

- ❑ Método tradicional de estimativa da ET:
Dados de estações agrometeorológicas fixas são extrapolados para grandes áreas, deve-se identificar as culturas, assumir K_c potencial (solo úmido) e os impactos do stress hídricos são difíceis de quantificar
- ❑ Imagem de satélite:
O balanço de energia é aplicado a cada *pixel* para compor o mapa de variação espacial;
Áreas onde **há restrição de água e redução da ET** são identificadas;
Pode ser aplicada a qualquer tipo de vegetação

EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ESCALA REGIONAL

SEBAL

Surface Energy Balance Algorithm for Land

Baseado na:

Reflectância

Índice de vegetação

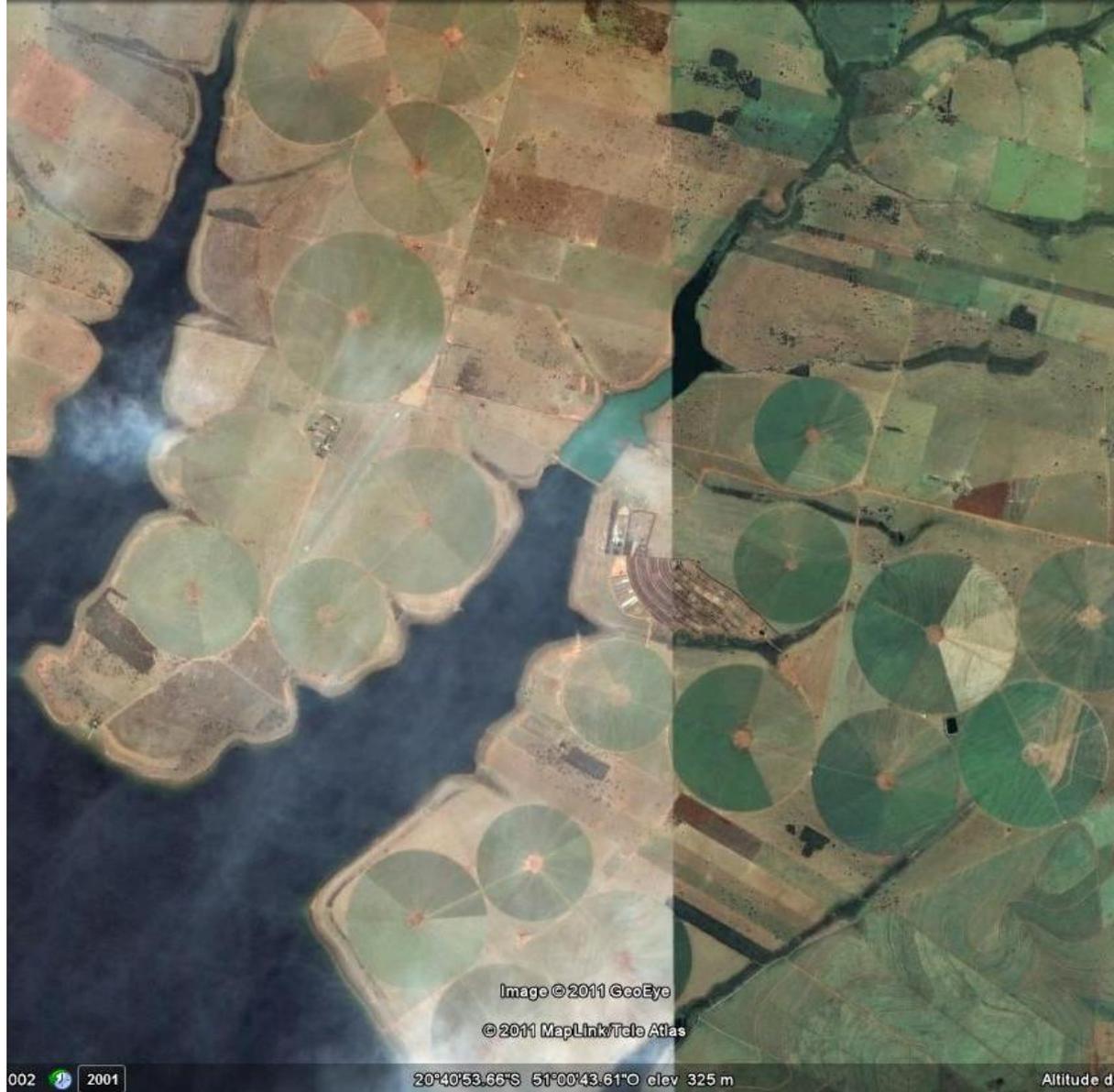
Temperature da superfície

Variação relativa da temperatura da superfície

Velocidade do vento



Região noroeste paulista tendo como centro da área de interesse as coordenadas $20^{\circ} 41' 40''$ S e $50^{\circ} 59' 02''$ O, onde estão presentes 20 pivôs centrais representando uma área cultivada de 2.111 hectares irrigados.



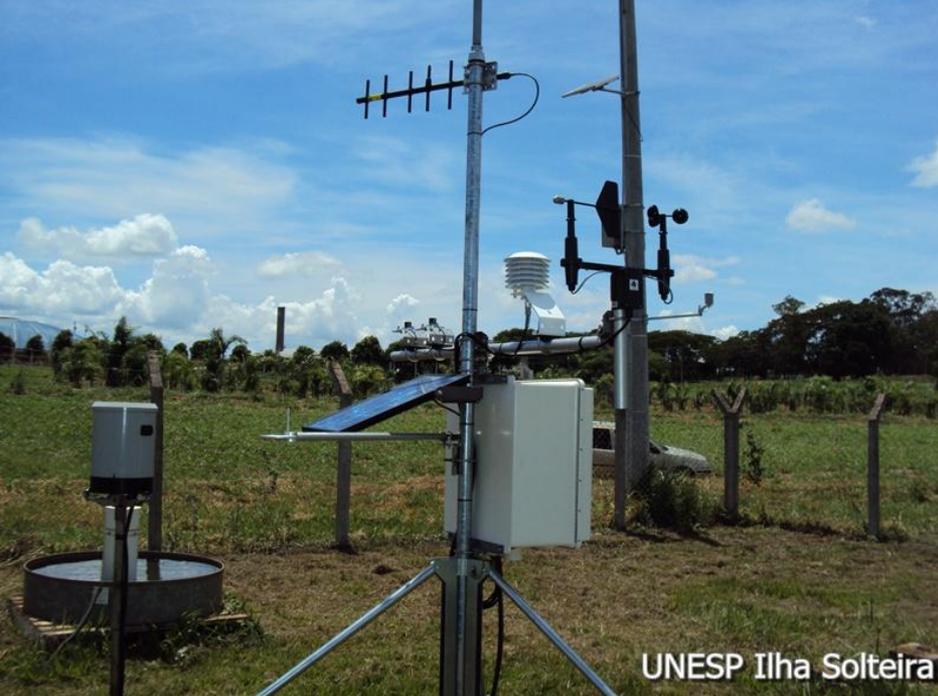
Estação Convention Center

30 de abril a 5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

XV SBSR





MANEJO DA IRRIGAÇÃO OU BALANÇO HÍDRICO DIÁRIO

- ETo fornecido pela UNESP Ilha Solteira
- Manual FAO 56 (Allen et al., 1998) com os coeficientes de cultura propostos
- Controle total da água aplicada.

Evapotranspiração de referência estimada pela equação de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) a partir de sensores instalados na estação agrometeorológica operada pela UNESP Ilha Solteira (20° 25' 23,5" S e 51° 21' 12,6" W, altitude de 335 metros em relação ao nível do mar).

Uso de *datalogger* Campbell CR 23X com tempo de varredura de 10 segundos a partir dos sensores Campbell 03001 (velocidade e direção do vento), Campbell HFT-3 (fluxo de calor do solo), Campbell LI-COR200SZ (piranômetro), Campbell Q-7.1 (radiação líquida), Campbell CS700-L (precipitação) e Campbell HMP45C (temperatura e umidade relativa do ar).



Embrapa
Semiárido

Estação Convention Center

30 de abril a
5 de maio de 2011
Curitiba - PR

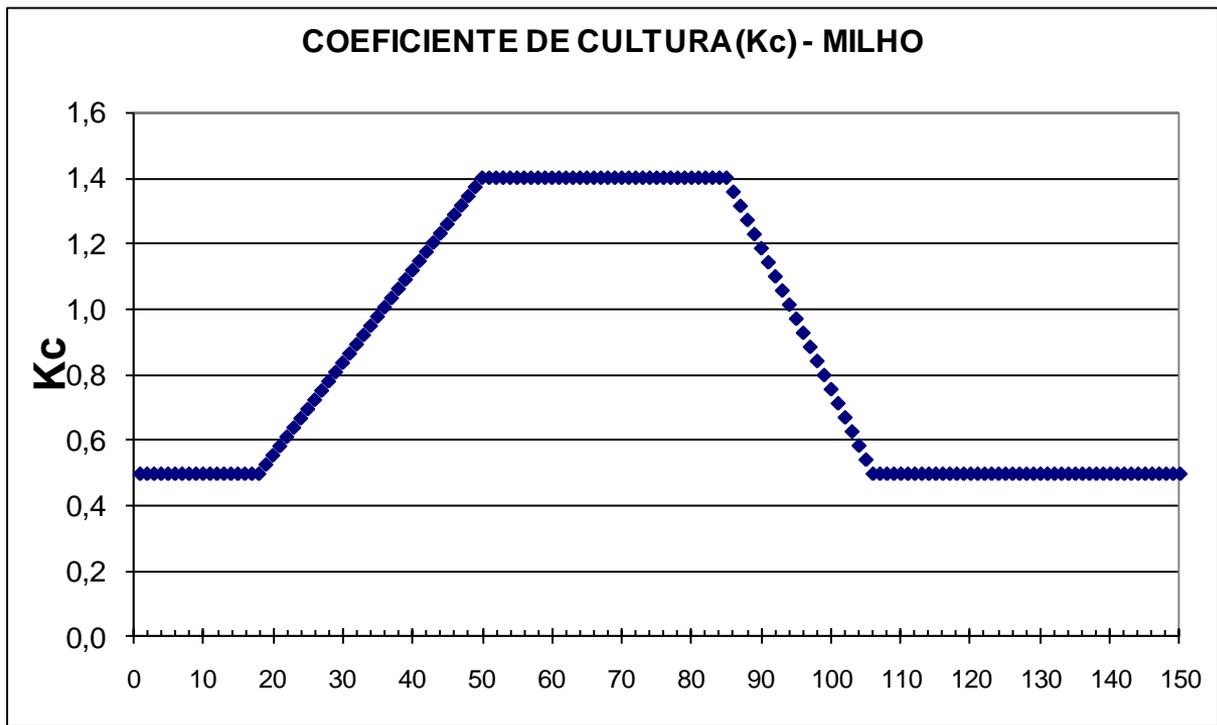
Simpósio Brasileiro de
Sensoriamento Remoto

XV SBR

Utah State
University

unesp
Campus de Ilha Solteira







**Simpósio Brasileiro de
Sensoriamento
Remoto**

XV SBR

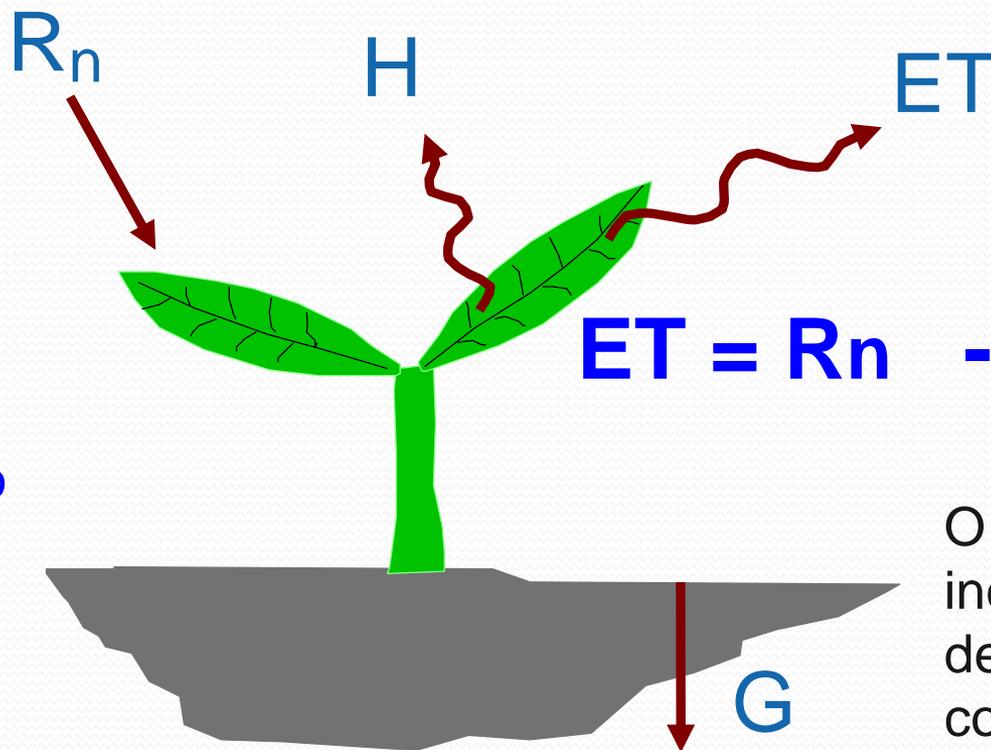
Estação Convention Center



30 de abril a
5 de maio de 2011
Curitiba - PR

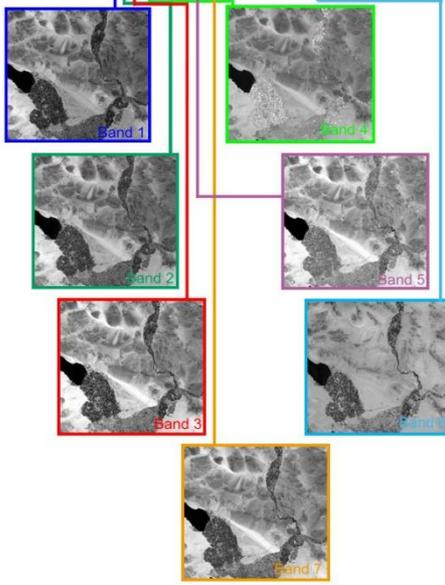
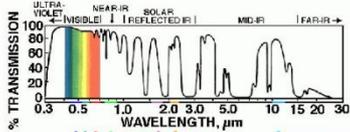


ET é calculada como o “resíduo” do balanço de energia



BASE:
Evaporação
consome
energia

O balanço de energia inclui toda a maior fonte de energia (R_n) e os consumidores (ET , G , H) de energia



Electromagnetic Spectrum Image from Virtual Hawaii.

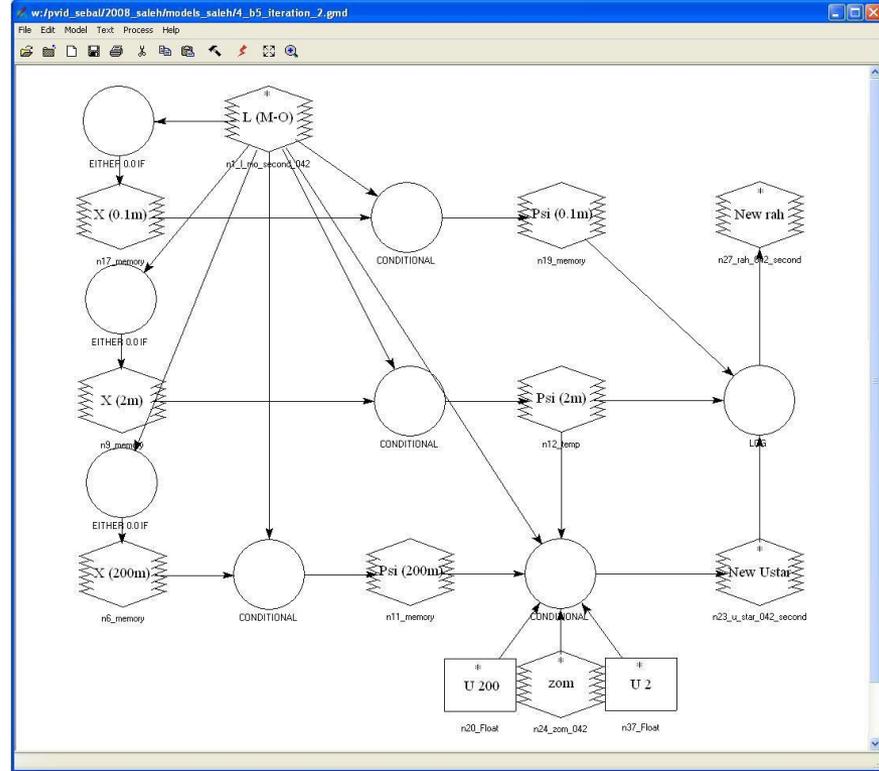
Landsat
TM5
imagery



Ilha
Solteira
Weather
data



ERDAS IMAGE “Model Maker”



Estação Convention Center

30 de abril a 5 de maio de 2011
Curitiba - PR

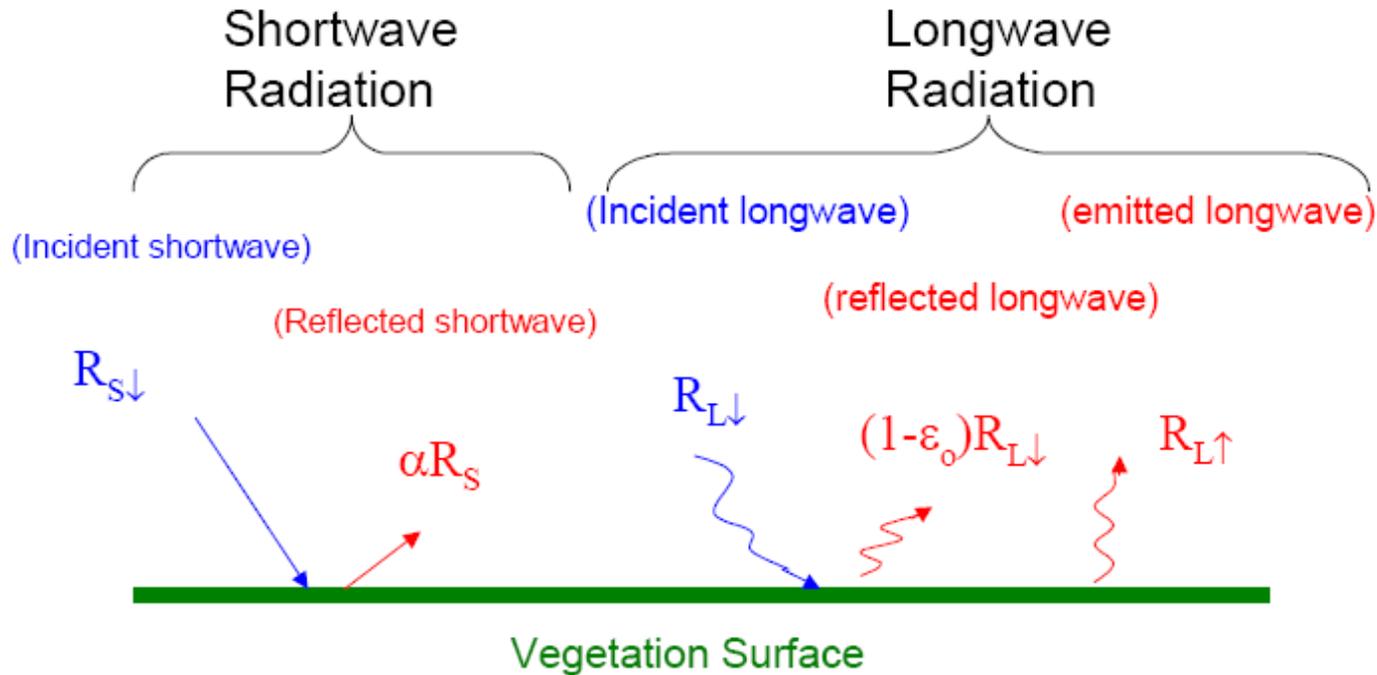
Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

XV SBSR



RADIAÇÃO LÍQUIDA

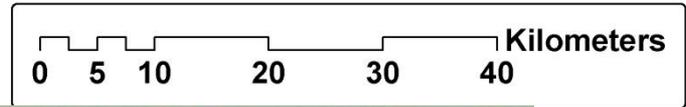
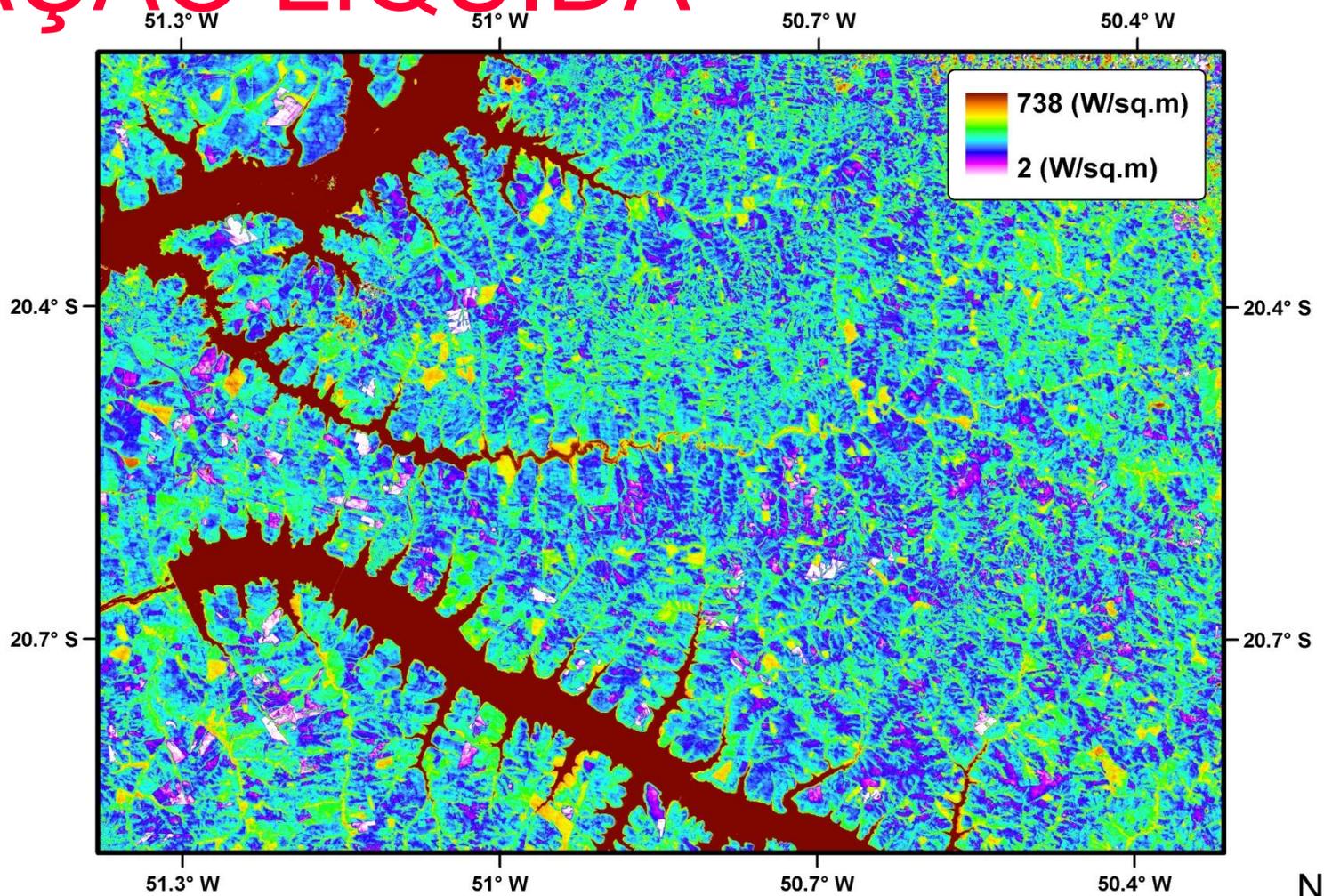
Surface Radiation Balance



Net Surface Radiation = **Gains** – **Losses**

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

RADIAÇÃO LÍQUIDA



Estação Convention Center

30 de abril a 5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

XV SBSR



FLUXO DE CALOR NO SOLO - G

Fluxo de Calor no SOLO é a taxa de calor armazenado dentro do solo e vegetação devido a condução. SEBAL primeiro calcula a razão G/R_n usando a equação empírica desenvolvida por Bastiaanssen (2000) representando o valor próximo do meio dia:

$$G/R_n = T_s/\alpha (0.0038\alpha + 0.0074\alpha^2)(1 - .98NDVI^4)$$

onde T_s é a temperatura da superfície ($^{\circ}\text{C}$), α é o Albedo da superfície e NDVI é o Normalized Difference Vegetation Index. G é calculado pela multiplicação de G/R_n pelo valor de R_n calculada no modelo previamente.

Estimates of G/R_n for various surfaces

<u>Surface type</u>	<u>G/R_n</u>
Deep, clear water	0.5
Snow	0.5
Desert	0.2 – 0.4
Agriculture	0.05 – 0.15
Bare soil	0.2 – 0.4



Estação Convention Center

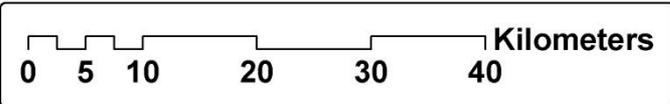
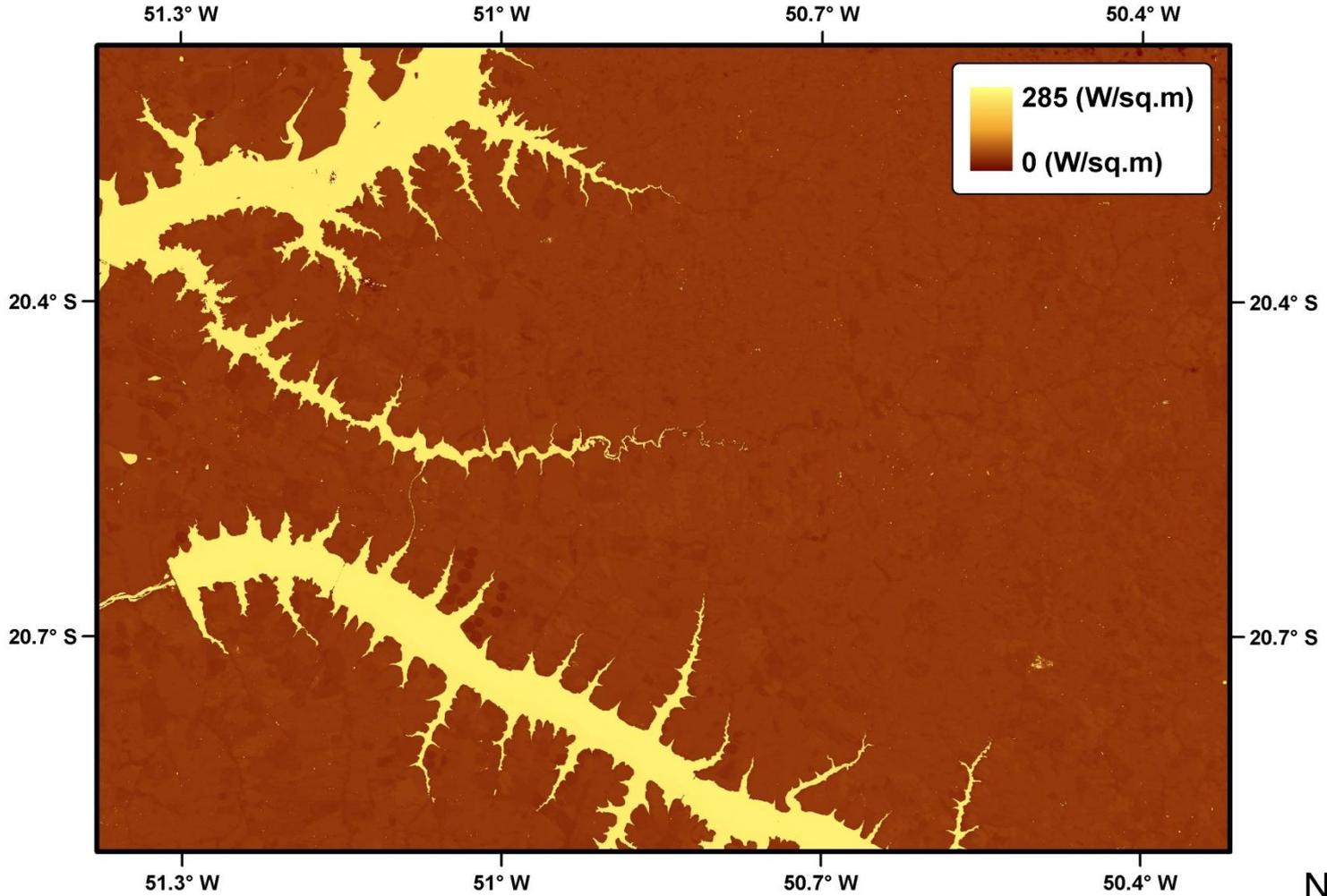
30 de abril a
5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de
Sensoriamento
Remoto

XV SBR



FLUXO DE CALOR NO SOLO



Estação Convention Center

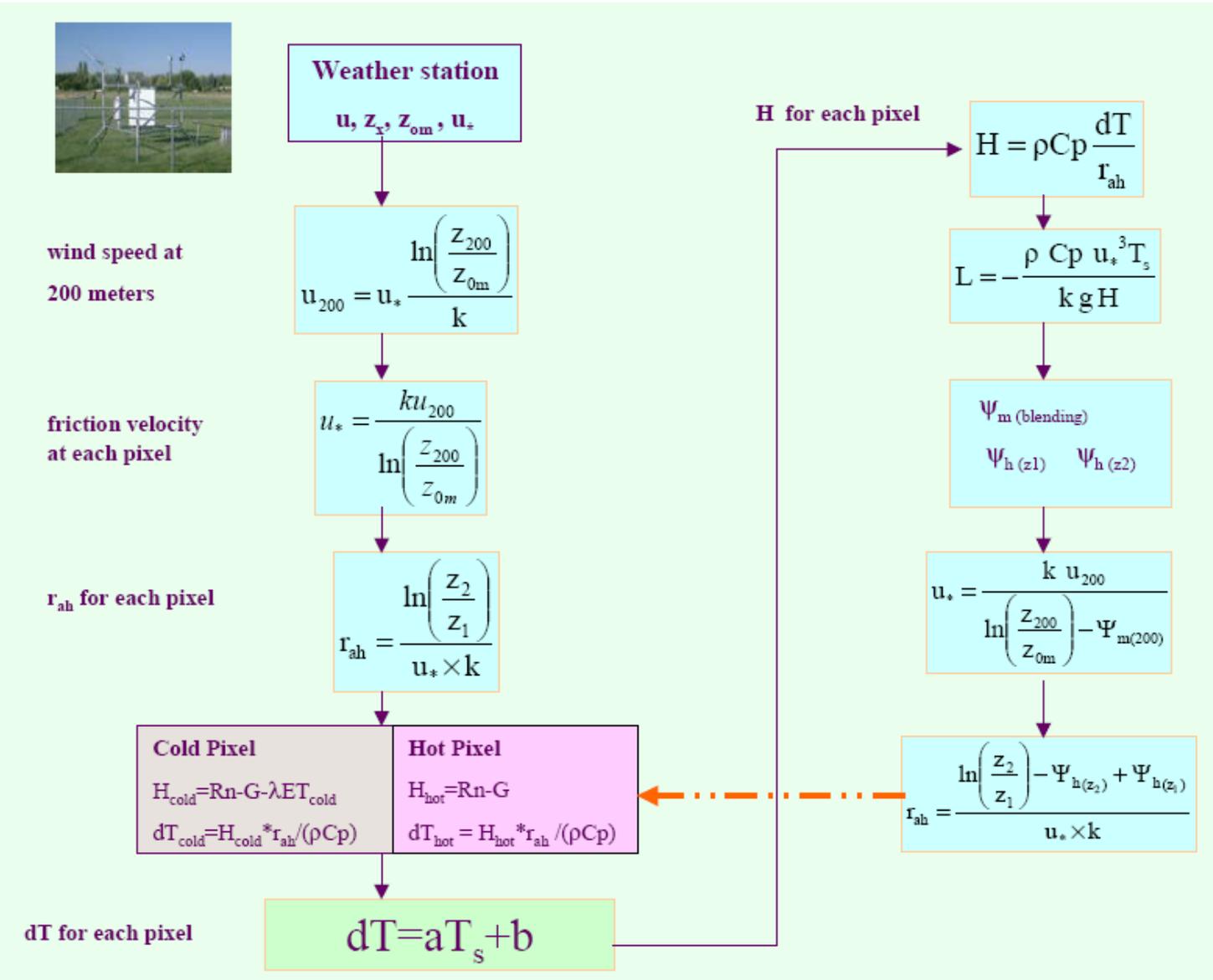
30 de abril a 5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

XV SBSR



FLUXO DE CALOR SENSÍVEL H



Estação Convention Center

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

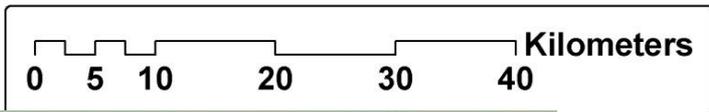
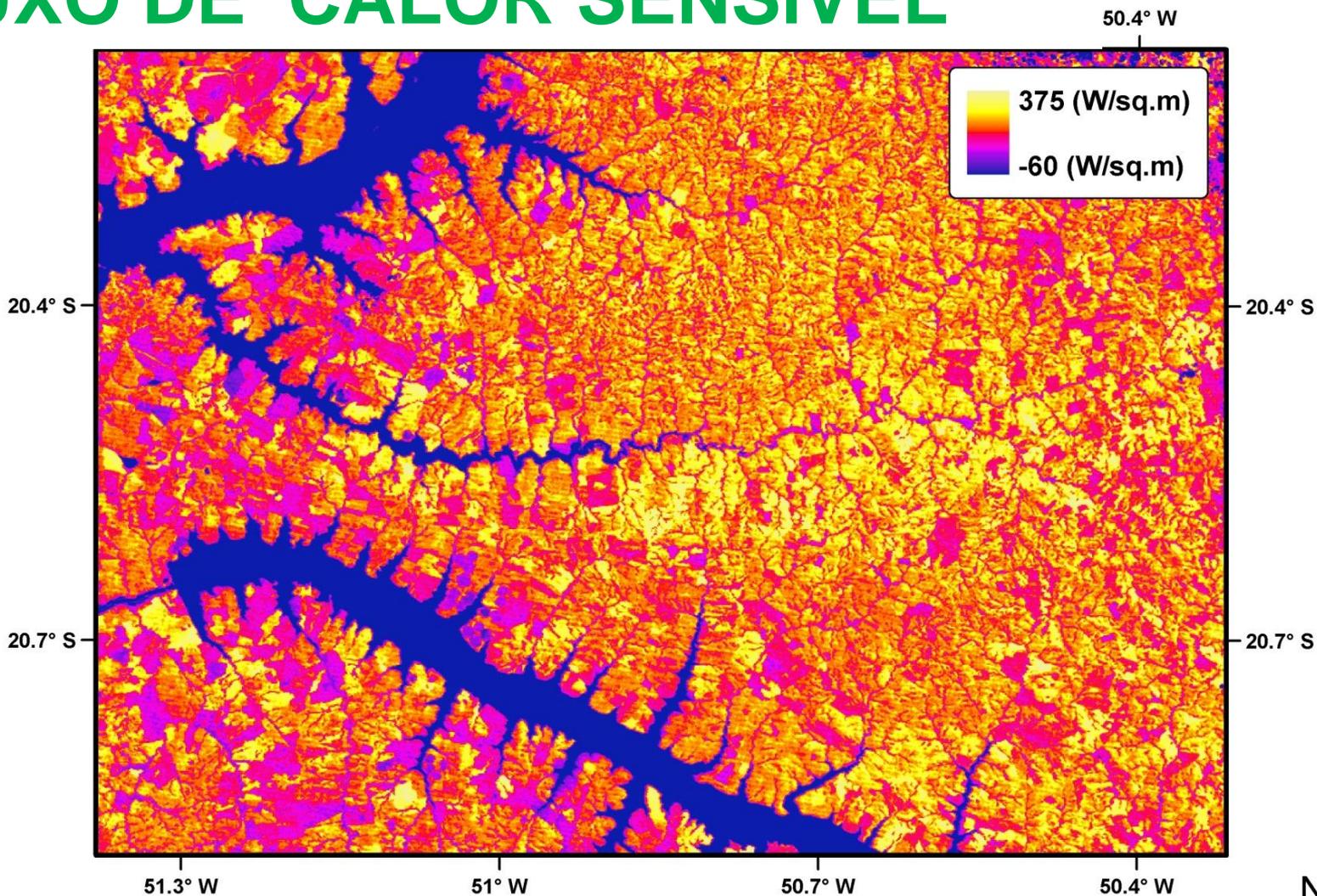
XV SBSR

30 de abril a 5 de maio de 2011

Curitiba - PR



FLUXO DE CALOR SENSÍVEL



Estação Convention Center

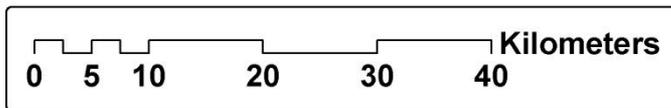
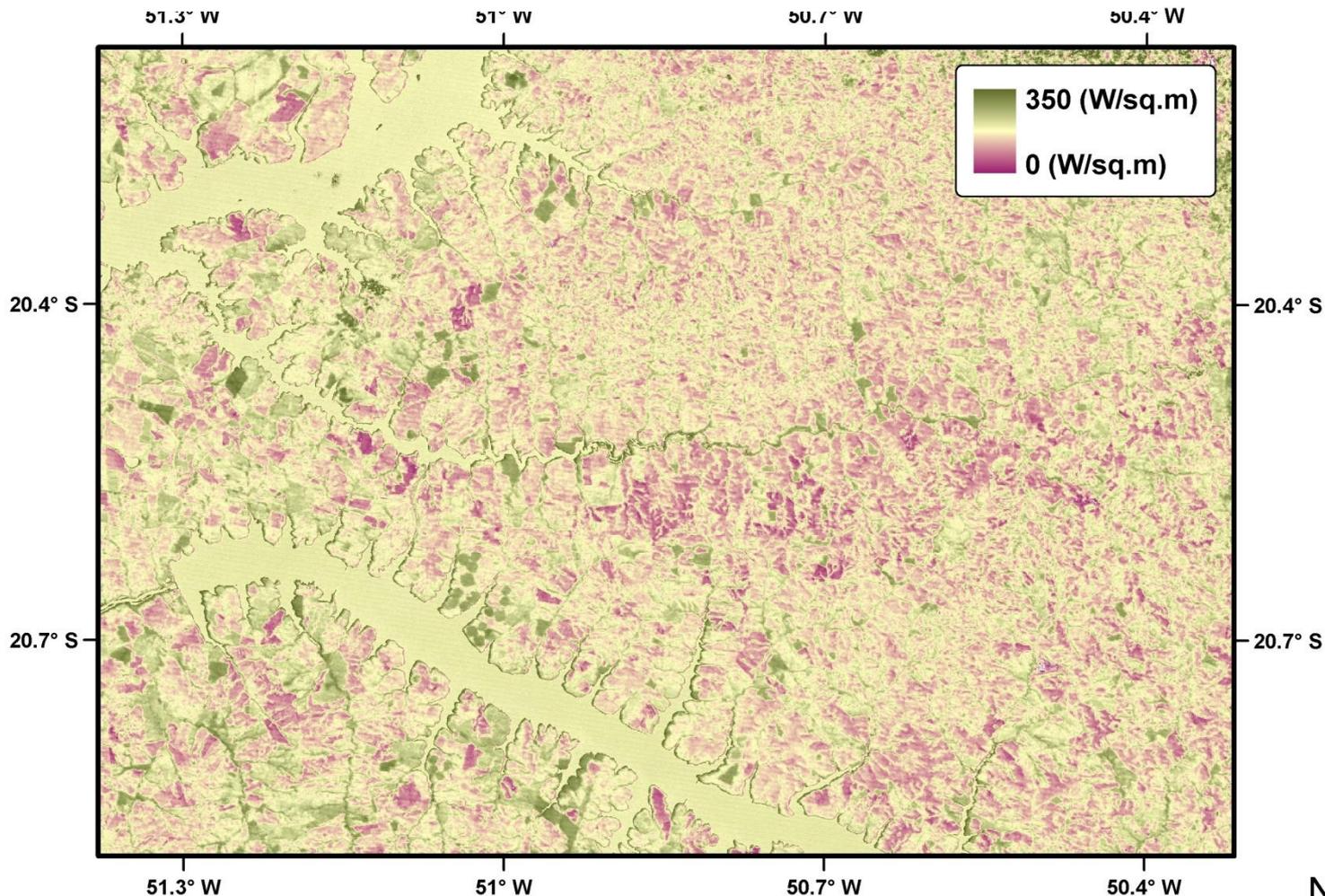
30 de abril a 5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

XV SBSR



FLUXO DE CALOR LATENTE



Estação Convention Center

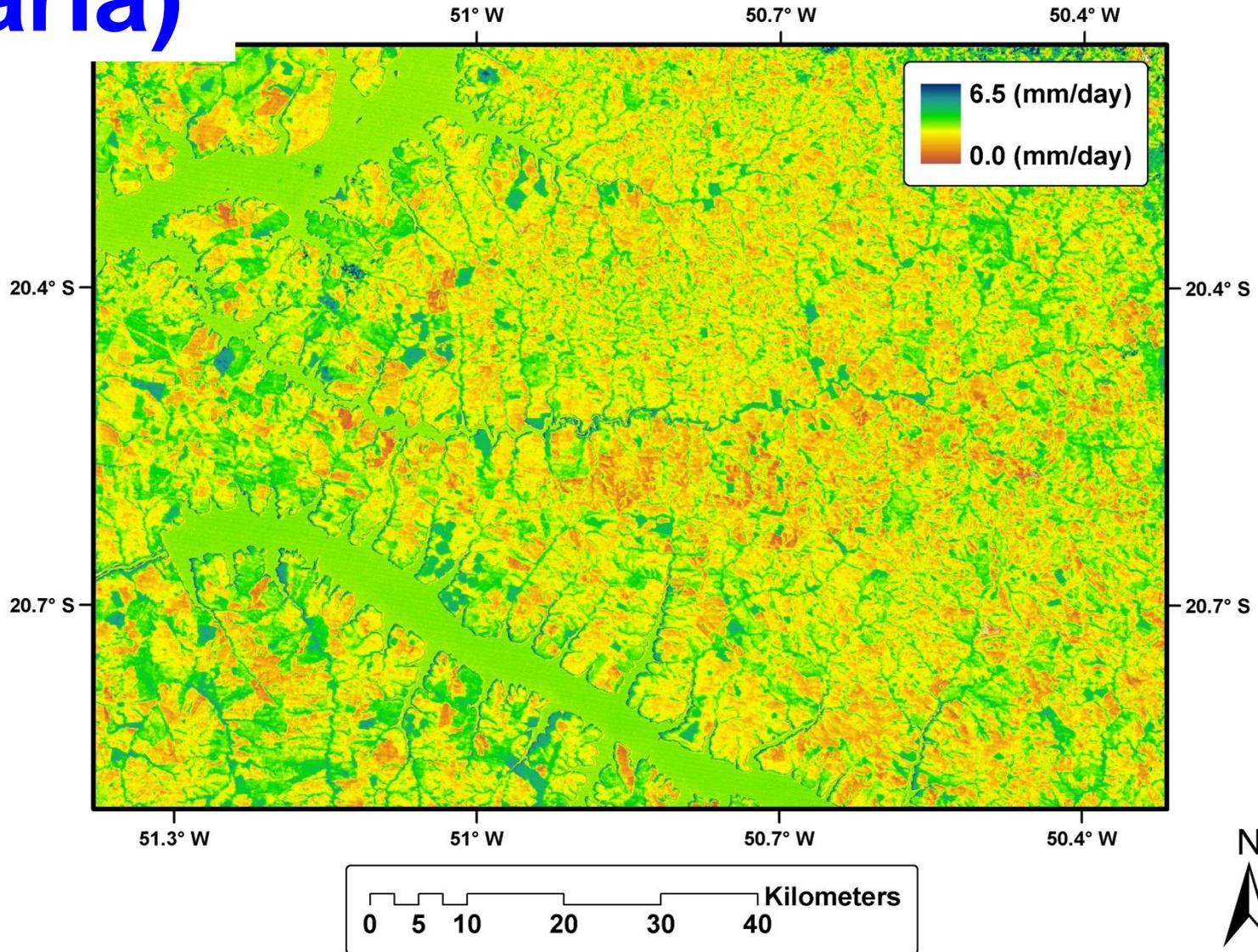
30 de abril a 5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

XV SBSR



ET (Diária)



Estação Convention Center

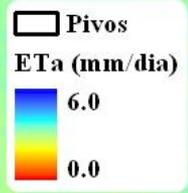
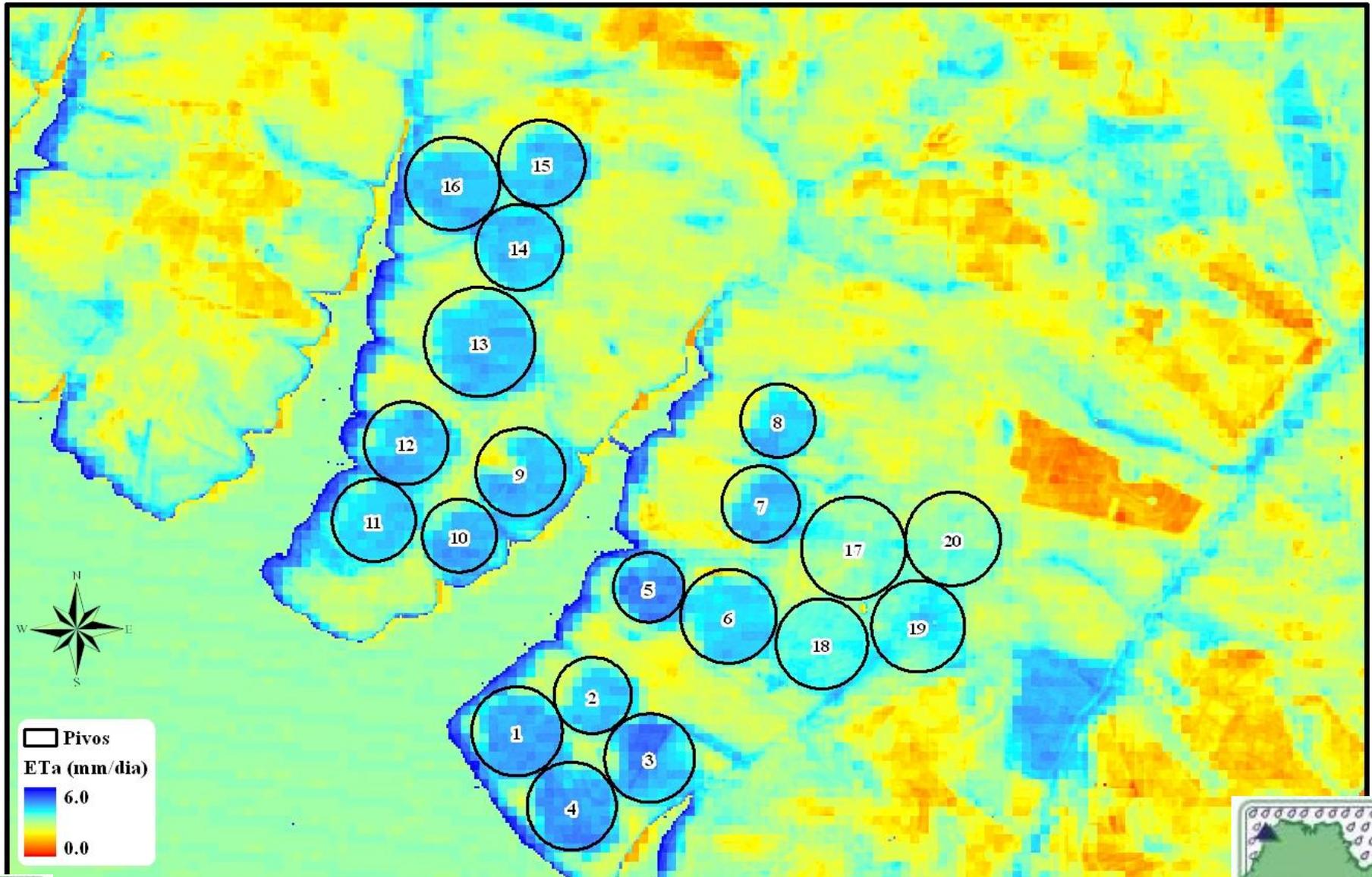
30 de abril a 5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

XV SBSR



EVAPOTRANSPIRACAO DIARIA EM 12 DE JULHO DE 2010 A PARTIR DO MODELO SEBAL UTILIZANDO IMAGEM LANDSAT TM 5



UNESP
HIDRÁULICA E IRRIGAÇÃO
ILHA SOLTEIRA - SP

Embrepa
1.2 2.5
Semiárido

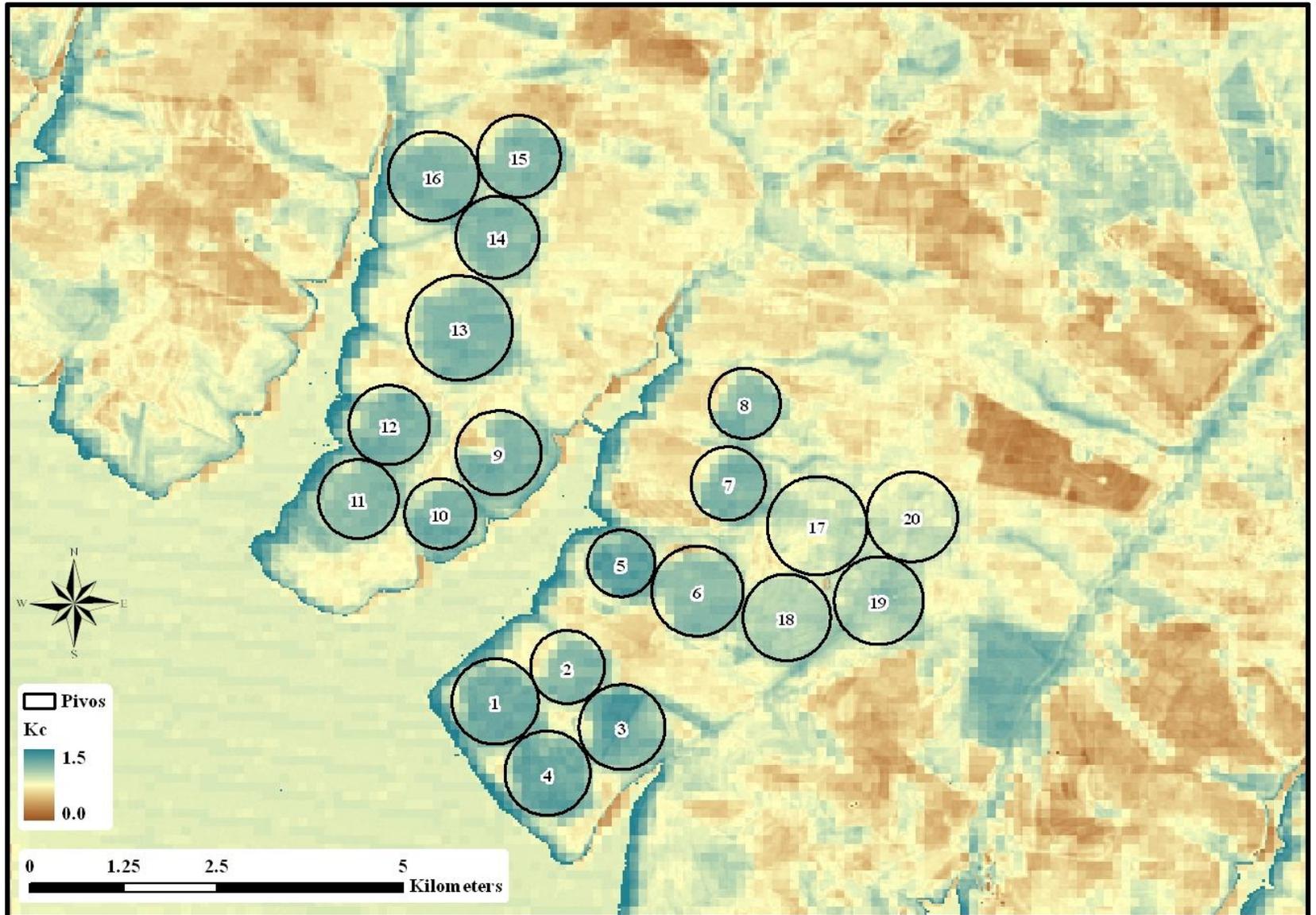
XV SBSR
Simpósio Brasileiro de
Sensoriamento
Remoto

Estação Convention Center
30 de abril a
5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Utah State
University

unesp
Campus de Ilha Solteira

COEFICIENTE DE CULTURA EM 12 DE JULHO DE 2010
A PARTIR DO MODELO SEBAL UTILIZANDO IMAGEM LANDSAT TM 5



Estação Convention Center
30 de abril a
5 de maio de 2011
Curitiba - PR

Simpósio Brasileiro de
Sensoriamento Remoto

XV SBSR



O SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index (Huete, 1994) foi estimado para cada pivô:

$$\text{SAVI} = (\text{IRP} - \text{VER}) * (1+L) / (\text{IRP} + \text{VER} + L)$$

onde, IRP e VER são as reflectâncias nas bandas infravermelha (TM4) e vermelha (TM3) respectivamente, e L é um parâmetro de ajuste do solo (0,1).

O SAVI foi utilizado para estimar o coeficiente de cultura basal em base à reflectância (K_{cbrf}) para o milho e feijão em metodologia descrita por Neale e Bausch (1989), Bausch (1993) e Jayanthi et al. (2001). O SAVI também é um indicador de biomassa e índice de área foliar do cultivo.



Tabela 1. Parâmetros utilizados na estimativa da ET_a e obtidos pelo modelo SEBAL.

PI-VÔ	AREA ha	CULTURA	DAP Dias	UT.	SEBAL	UT.	SEBAL	DIFE- RENÇA mm/dia	DP ET _a SEBAL mm/dia	SAVI (L = 0,1)		
					Kc		ET _a (mm/dia)			MÉDIA	DP	K _{cbrf}
1	109	milho	78	1,4	1,2	4,9	4,7	0,2	0,13	0,76	0,02	1,15
2	75	milho	86	1,4	1,1	4,8	4,3	0,5	0,26	0,76	0,01	1,15
→ 3	109	feijão	5	0,4	1,3	1,4	4,8	-3,4	0,35	0,08	0,03	0,14
4	109	milho	83	1,4	1,3	4,9	4,8	0,1	0,18	0,74	0,03	1,15
→ 5	69	feijão	13	0,5	1,3	1,8	4,9	-3,1	0,21	0,14	0,02	0,24
6	120	milho	76	1,4	1,1	4,9	4,3	0,6	0,12	0,76	0,02	1,15
7	75	milho	88	1,3	1,2	4,5	4,4	0,0	0,25	0,75	0,02	1,15
8	75	milho	89	1,2	1,1	4,3	4,3	0,0	0,21	0,75	0,02	1,15
→ 9	120	repouso	-	0,3	1,1	1,1	4,1	-3,1	0,69	0,12	0,02	0,15
→ 10	75	milho	116	0,5	1,2	1,8	4,6	-2,8	0,20	0,64	0,02	1,12
→ 11	95	milho	121	0,5	1,1	1,8	4,3	-2,6	0,13	0,66	0,03	1,15
12	95	milho	95	1,0	1,2	3,4	4,5	-1,1	0,18	0,72	0,03	1,15
→ 13	162	milho	102	0,7	1,2	2,4	4,4	-2,1	0,16	0,73	0,02	1,15
14	100	milho	91	1,1	1,2	4,0	4,4	-0,4	0,14	0,76	0,03	1,15
15	100	milho	106	0,5	1,2	1,8	4,4	-2,6	0,21	0,71	0,02	1,15
16	117	milho	117	0,5	1,2	1,8	4,5	-2,7	0,12	0,69	0,02	1,15
17	145	cana	-	-	0,9	-	3,4		0,32	0,38	0,09	0,66
18	120	cana	-	-	1,0	-	3,8		0,12	0,54	0,04	0,93
19	120	cana	-	-	1,0	-	4,0		0,26	0,53	0,10	0,91
20	120	cana	-	-	0,9	-	3,4		0,21	0,45	0,06	0,78
MD	106	-	-	0,9	1,1	3,1	4,3	-1,4	0,22	0,58	0,03	0,94

* DAP: Dias após o plantio; UT.: Utilizado; Kc: Coef. de cultura; DP: Desvio-padrão; MD: Média



CONCLUSÕES

- ✓ O K_c usado no método tradicional deve ser ajustado o intervalo entre as fases fenológicas
- ✓ Novos trabalhos com SEBAL devem ser realizados, com todas as imagens disponíveis para caracterizar o coeficiente de cultivo das culturas e em especial do milho irrigado na região e o consumo de água pelas culturas em escala regional
- ✓ SEBAL é uma ferramenta importante no planejamento dos recursos hídricos.



UNESP Ilha Solteira

Área de Hidráulica e Irrigação
Caixa Postal 34 – ILHA SOLTEIRA – SP
FONE/FAX: (0xx18) 3743-1180 / 3742-3294
www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.php
<http://irrigacao.blogspot.com>
fbthtang@agr.feis.unesp.br