

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E COEFICIENTES DE CULTURA DOS CITROS IRRIGADOS POR DIFERENTES SISTEMAS

Eng. Agr. Emanoelle Caroline Amendola

(discente)

Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

(orientador)

Defesa de dissertação - 30 de julho de 2018

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Importância econômica

2016: Brasil:
Laranja: 23,6% ;
Limas: 7%

2016: 755 mil ha
19,5 mi t
24 t. ha⁻¹

Sudeste: 500 mil ha
(SP: 72,1%)



Cinturão 17/18:
16,3 mi t de laranja
42 t/ha

Noroeste Paulista:
1,5 mi t de laranja
44,9 t/ha

Fonte: Google/imagens

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Botânica dos citros

- Origem: Sudeste da Ásia; BR: século XVI.
- Família: Rutaceae;
- Sub-família: Aurantioideae;
 - Tribo: Citreaee;
 - Sub-tribo: Citreaee;
 - Gênero: *Citrus*;
 - 178 espécies.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Botânica dos citros

- 4 grupos comercialmente importantes:
 - laranjas doces: Pêra, Lima (*Citrus sinensis* (L) Osbeck);
 - Tangerinas: Ponkan, Cravo (*Citrus reticulata* Blanco); Mexerica Rio (*C. deliciosa* Tenore);
 - Limões verdadeiros: Siciliano (*C. limon* (L) Burm);
 - Limas ácidas: Galego (*C. aurantifolia* (Christimas) Swingle) e Tahiti (*C. latifolia* Tanaka).

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Botânica dos citros

➤ Porta-enxertos:

- Limão Cravo (*C. limonia* Osb.);
- Limão Volkameriano (*C. volkameriana* Ten. et Pasq.);
- Tangerina Cleópatra (*C. reshni* Hort. ex Tan.);
- Tangerina Sunki (*C. sunki* Hort. ex Tan.).

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cultivo:

- Latitudes 40°N e 40°S e até 750 m de altitude;
- Temperaturas ótimas de desenvolvimento: 23 a 32°C;
- Menores que 13°C e maiores que 32°C: podem causar redução no metabolismo da planta e decréscimo na taxa de crescimento.

Cultivo

➤ Principais copas NP:

➤ Laranjas:

➤ Lima: casca fina, amarela esverdeada, considerada sem acidez, portanto doce e suculenta.

➤ Pêra: formato alongado, com casca amarela e baixo teor de suco, poucos açúcares e ligeira acidez, sendo mais indicada para venda a indústria de sucos concentrados.

➤ Lima ácida:

➤ Tahiti: ovalado, casca fina, bom teor de suco e açúcares, ambos consumos.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cultivo

➤ Principal porta-enxertos NP:

➤ Limão Cravo: boa adaptação á solos arenosos e ligeiramente ácidos, tolerância a seca, porte nanicante e maturação precoce dos frutos.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cultivo

- Florescem a partir do terceiro ano após plantio das mudas no campo; quinto ano (comercial).
- Estresse térmico causados pelas baixas temperaturas do inverno, e estresse hídrico para complementar o período de repouso: necessário.
 - Irrigantes: controle deste período de estresse hídrico.
- Do florescimento á maturação dos frutos são necessários entre 7 e 14 meses; Colheita dos citros: abril a maio até novembro ou dezembro.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Irrigação em citros

- Início: anos 60: Mogi-Guaçú e Leme;
- Limeira (SP): adotada por produtores de frutas *in natura* para o mercado internacional e alguns viveiristas

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Irrigação em citros

➤ Crescimento da irrigação no cinturão citrícola:

- 2015: 24,6%
- 2018: 30,14%.

➤ Tamanho das propriedades:

- Acima de mil hectares: 46%,
- de 1 e 10 hectares 10,95%,

➤ Método de irrigação:

- Localizada: 89,20%,
- Aspersão: 10,8%.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Irrigação em citros

➤ Noroeste do cinturão citrícola:

- 2015: 31,7%,
- 2018: 39,4% de 48.760 hectares.

➤ Neste período foram implementados 1.535 hectares irrigados e registrado um decréscimo de 7.074 hectares nas áreas de sequeiro.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Irrigação em citros

➤ Benefícios da irrigação:

- Antecipação do florescimento;
- Possibilidade de quimigação;
- Maior qualidade dos frutos de mesa;
- Ganho de produção em função do aumento em diâmetro e número de frutos por planta.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Irrigação em citros

- A forma como a água será aplicada também deve ser alvo de mais estudos (Sistemas, lâmina e TR).
- Aspersão:
 - Aplicada em toda a área;
 - Velocidade e UR: uniformidade.
- Localizada:
 - Lâminas menores;
 - Cuidados com entupimento.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Necessidade de irrigação

- Requerimento variável: localização geográfica, clima, tipo ou ausência de cobertura do solo, espécie ou cultivar e porta-enxerto.
- Literatura: em geral, o requerimento hídrico dos citros varia de 900 a 1200 mm/ano.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Necessidade de irrigação

- Áreas de grande extensão: manejo via clima;
- Conceitos referentes á evapotranspiração (ET).

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Necessidade de irrigação

➤ Evapotranspiração:

- ETo: FAO Penman-Monteith: condições padrões; fatores ambientais.
- ETc: condições padrões de cultivo;
- ETr ou ETa: condições de campo.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Necessidade de irrigação

➤ Coeficiente de cultivo:

- fator adimensional;
- diretamente relacionado com as condições de manejo de cada cultura.

➤ Influenciado: altura, albedo, resistência da superfície do cultivo e evaporação que ocorre do solo.

- Citros: coeficiente de cobertura da planta;
- Allen et al., (1998): 0,70.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Necessidade de irrigação

- Determinação de K_c atualizados: adaptados para o cultivo em cada região.
- Alves Junior et al., (2006): 0,49 a 1,15 na região de Piracicaba.
- No mesmo local, Barbosa et al., (2008): outono/inverno médio de 0,98 em estudo com uma copa de lima ácida Tahiti.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Necessidade de irrigação

➤ Avaliação da ET:

- Lisimetria: tanques isolados cercados por solo, perturbado ou não, onde a cultura cresce e se desenvolve; “maior atenção”;
- Micrometeorológicos: sofisticados, porém os custos de implantação são altos; Ordem decrescente de investimentos necessários: Scintilômetros, Eddy Covariance, Razão de Bowen e Surface Renewal.
- Sensoriamento remoto.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Sensoriamento remoto na agricultura irrigada

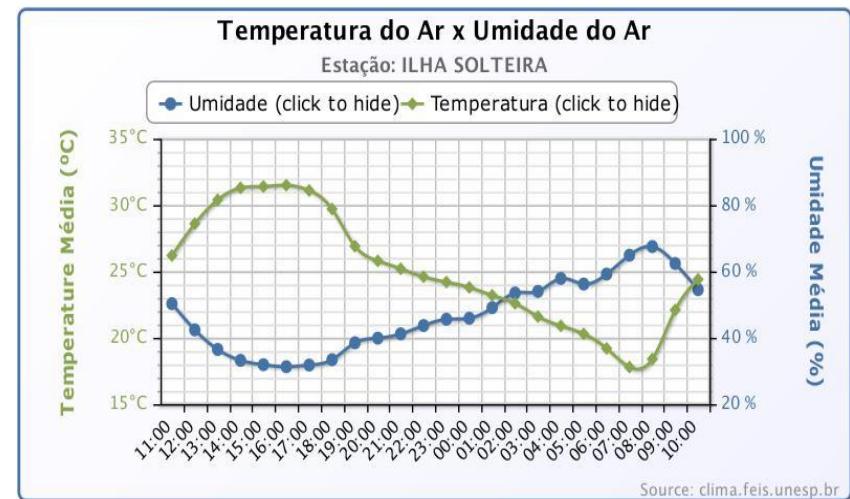
- Vantagens: Precisão; elevado número de dados.
- Desvantagens: repetitividade e nuvens.
- Algoritmos:
 - SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*).
 - METRIC (*Mapping Evapotranspiration at high Resolution and with Internalized Calibration*).
 - SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*).

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Temperatura de superfície e NDVI

- Temperatura:
 - Desenvolvimento;
 - Floração das plantas;
 - Qualidade dos frutos.

- Conceito:
 - Temperatura x UR do ar



Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Objetivos

➤ Os objetivos desta Dissertação de Mestrado foram detectar diferenças de temperatura de superfície entre os sistemas de irrigação e diferenciar os coeficientes de cultura por diferentes copas dos citros, comparando-as com o estabelecido na referência mundial FAO 56 (ALLEN et al., 1998) afim de facilitar o manejo da irrigação no Noroeste Paulista.



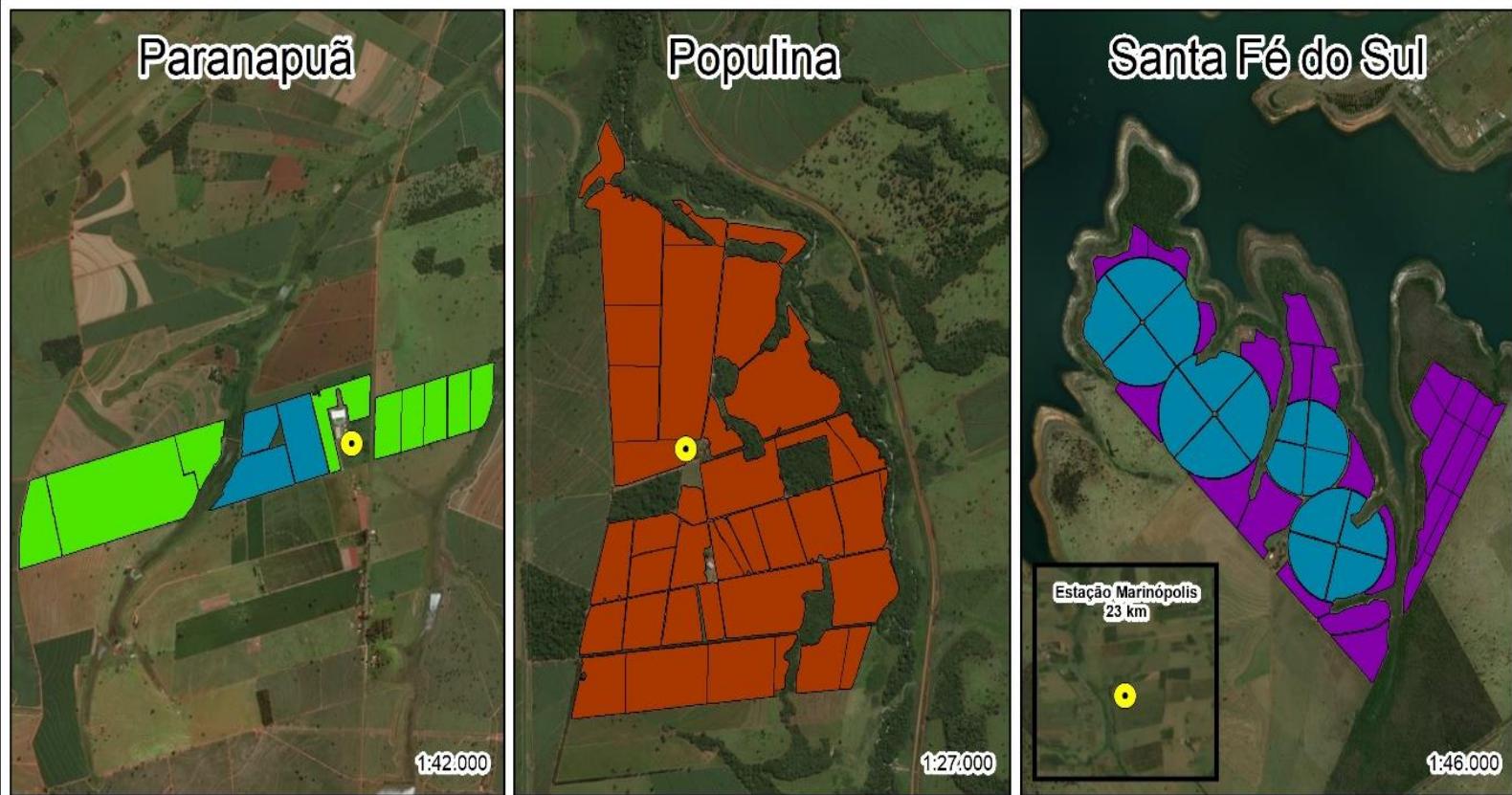
Material e métodos

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Localização

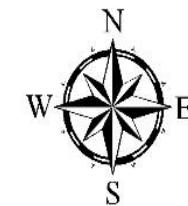
➤ Fazendas comerciais em Populina, Paranapuã e Santa Fé do Sul;

Figura 1: Localização das áreas comerciais e sistemas de irrigação.



Legenda:

- Estações Agrometeorológicas
- Autopropelido
- Gotejamento
- Microaspersão
- Pivô Central



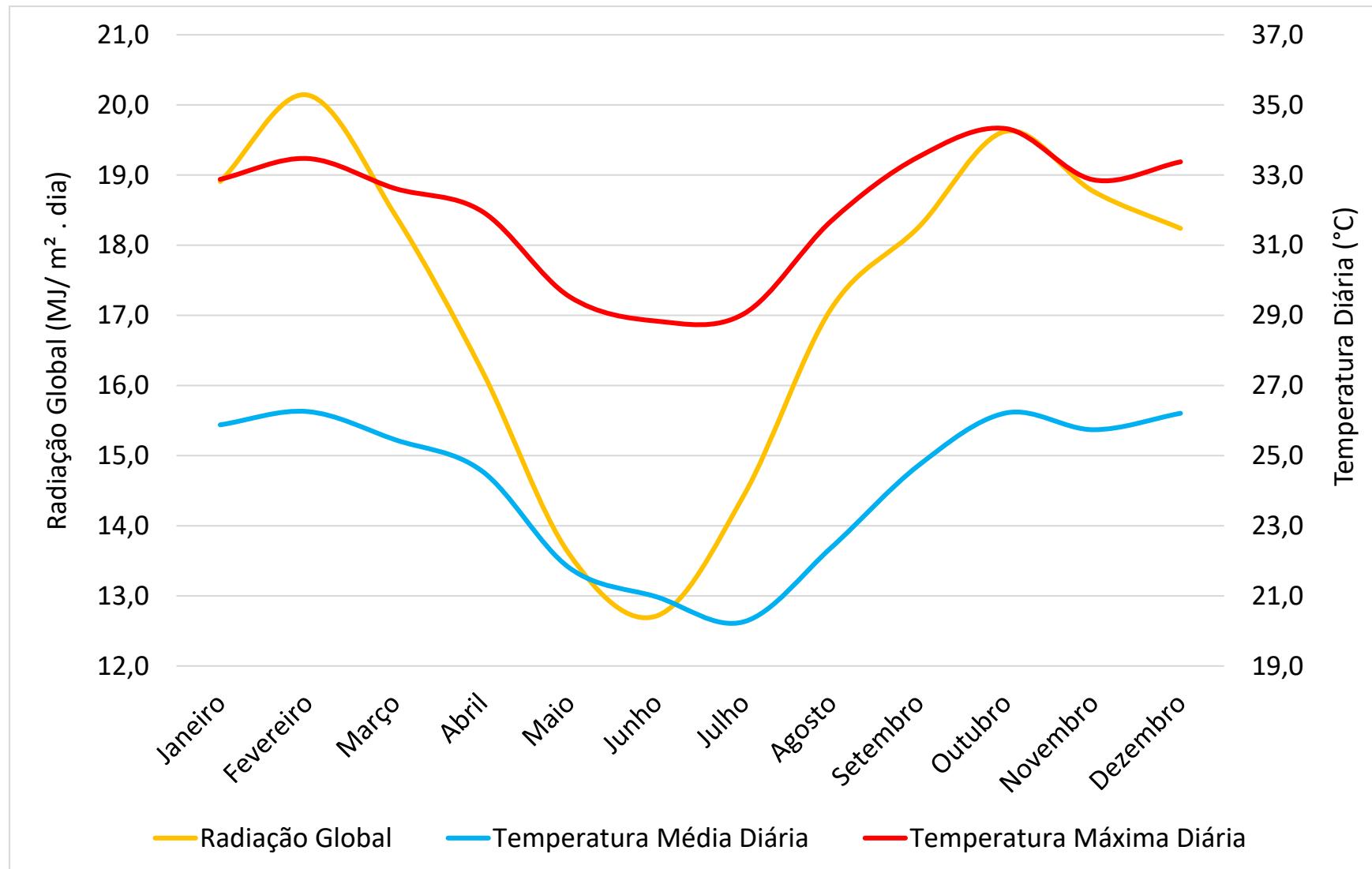
Fazendas comerciais de citros
Datum : WGS 1984
Imagen: Bing Maps

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Localização

- Municípios: Populina, Paranapanuã e Santa Fé do Sul;
- Clima: Aw (Köppen);
- Temperatura média diária: 22 a 24°C;
- Precipitação média anual: 1.000 a 1.300 mm/ano.

Figura 2: Radiação Global e temperaturas máximas e médias diárias na região Noroeste Paulista.



Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Fatores avaliados

- Relação ET/ETo (SAFER) e Temperatura de superfície
- Sistemas de irrigação:
 - Gotejamento;
 - Pivô central;
 - Carretel enrolador, ou autopropelido;
 - Microaspersão.
- Condição fenológica:
 - Jovem;
 - Adulta.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Material e Métodos

➤ Área total: 877 hectares.

- Gotejamento: 23%;
- Pivô central: 33%;
- Carretel enrolador, ou autopropelido: 16%;
- Microaspersão: 28%.

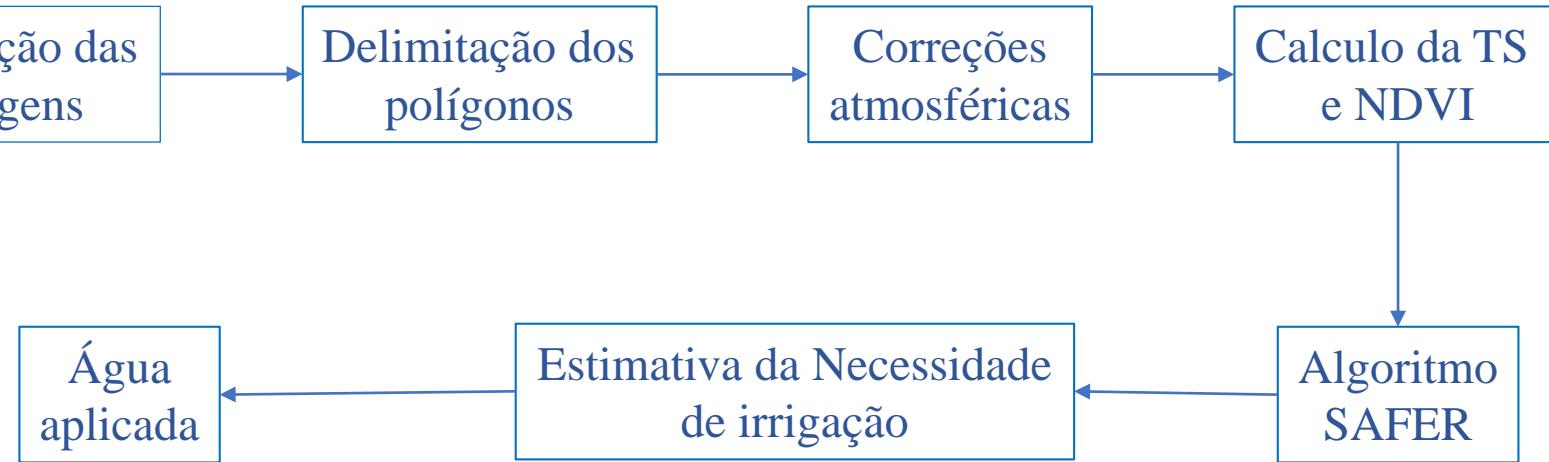
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Material e Métodos

- Foram processadas um total de 14 imagens;
 - satélite Landsat 8 (resolução espacial: 30m);
 - 0% de cobertura de nuvens;
 - 2016 e 2017.
- Cenas da região a cada 16 dias,
 - 10:13 horas, no horário de Brasília.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Material e Métodos



Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Correções atmosféricas

$$L\lambda = M_L Q_{cal} A_L$$

- Bandas 1 a 7, 10 e 11.
- *Onde:*
 - $L\lambda$ é a radiância espectral calculada para as bandas 10 e 11;
 - ML é o fator multiplicativo de dimensionamento específico,
 - AL é o fator aditivo de dimensionamento específico.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Correções atmosféricas

$$\rho_\lambda = \frac{L_\lambda \pi}{ESUN_\lambda \cos\theta_s E0}$$

➤ *Onde:*

- ρ_λ é a reflectância planetária no topo da atmosfera (TOA),
- π é a constante matemática pi,
- $ESUN_\lambda$ é a irradiância solar média no topo da atmosfera para cada banda (Tabela 1 ; em $\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$),
- θ_s é o ângulo zenital solar no momento da aquisição (rad),
- $E0$ é a correção da distância entre o sol e a terra (unidades astronômicas).

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Correções atmosféricas

$$\alpha_{TOA} = \sum(\omega_\lambda \rho_\lambda)$$

Onde ω_λ é dado por:

$$\omega_\lambda = \frac{ESUN_\lambda}{\sum ESUN_\lambda}$$

➤ *Onde:*

- α_{TOA} é o albedo no topo da atmosfera;
- ρ_λ é reflectância planetária de cada banda;
- ω_λ seus respectivos pesos, de acordo com a Tabela 1.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Correções atmosféricas

Tabela 1: Faixa Espectral, irradiância no topo da atmosfera para cada banda do satélite Landsat 8.

Banda	Faixa espectral	Irradiância	Albedo
	μm	$\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$	*
B1	0,43 - 0,45	1718,8	0,10
B2	0,45 - 0,51	1810,4	0,31
B3	0,53 - 0,59	1741,7	0,30
B4	0,64 - 0,67	1558,3	0,13
B5	0,85 - 0,88	962,5	0,08
B6	1,57 - 1,65	206,3	0,05
B7	2,11 - 2,29	68,8	0,04

Fonte: adaptado de Nuñez, 2016.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cálculo do albedo de superfície

$$\alpha_0 = 0,6054 \alpha_{TOA} + 0,08$$

➤ *Onde:*

- α_0 é o albedo de superfície;
- α_{TOA} é o albedo no topo da atmosfera.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Temperatura de superfície e NDVI

Tabela 2: Cenas utilizadas no cálculo da temperatura de superfície.

Datas	
12/07/2016	25/03/2017
13/08/2016	12/05/2017
30/09/2016	15/07/2017
05/02/2017	31/07/2017
21/02/2017	01/09/2017
09/03/2017	17/09/2017

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Temperatura de superfície e NDVI

$$T_{bri} = \frac{K2}{In\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)}$$

$$T_0 = 1,0694T_{bri2} - 20,173$$

Onde:

- K2 é a constante de calibração dois ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$) 1321,08 e 480,89,
- K1 é a constante de calibração 1 ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$), 774,89 e 408,89, respectivamente, para as bandas 10 e 11

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Temperatura de superfície e NDVI



$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}$$

Onde:

- ρ_{IVP} é a refletividade planetária do infravermelho próximo;
- ρ_V do vermelho.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Algoritmo SAFER

Tabela 3: Cenas aplicadas o algoritmo SAFER.

Datas Satélite	Interpolações
12/07/2016	28/07/2016
13/08/2016	06/09/2016
30/09/2016	18/04/2017
05/02/2017	31/07/2017
21/02/2017	01/09/2017
09/03/2017	17/09/2017

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Temperatura de superfície e NDVI

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[a + b \left(\frac{T_0}{\alpha_0 NDVI} \right) \right]$$

Onde:

- a e b são coeficientes de regressão, respectivamente, 1,0 e -0,008 para as condições do Nordeste de São Paulo.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Estimativa da necessidade de irrigação

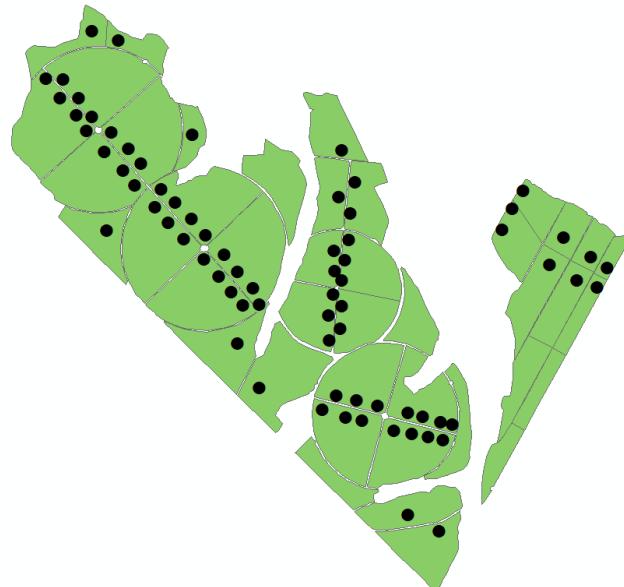
➤ Período: 12 de julho de 2016 até o início da próxima irrigação para cada fazenda.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Cálculo do coeficiente de cobertura

- Amostragem:
- Caminhamento em “ziguezague” nos carreadores;
- Décima planta a cada 10 linhas de plantio.



Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Estimativa da necessidade de irrigação

- Sistemas de irrigação localizada:
- Cobertura do solo (CS):

$$CS = \frac{e' \cdot E'}{e \cdot E}$$



Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Estimativa da necessidade de irrigação

- Sistemas de irrigação localizada:
- Cobertura do solo (CS):
- Volume necessário diário ($l.$ $planta^{-1}.$ dia^{-1}):

$$CS = \frac{e' \cdot E'}{e \cdot E}$$

- Coeficiente de cobertura (Kr):

$$Kr = \frac{CS}{0,85}$$

[Keller e Karmeli (1974)].

$$V = \frac{ET0 \cdot Kc \cdot e \cdot E \cdot Kr}{Ef}$$

- Ef:

SAFER

- 95% para o gotejamento;
 - 90% para microaspersão.
- [Bernardo et al., (2005)]

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Estimativa da necessidade de irrigação

- Sistemas de irrigação por aspersão:
- Volume necessário diário (mm/dia; FAO 56):
 - K_c : 0,7: (70% cobertura vegetal e ativa na entrelinha).

$$LB_{FAO\ 56} = \frac{ET_0 \cdot K_c}{Ef}$$

- Volume necessário diário (mm/dia; SAFER):

$$LB_r = \frac{ET_o \cdot \left(\frac{ET}{ET_o} \right)}{Ef}$$

- Ef:
 - 80% para pivô central;
 - 70% carretel enrolador.
 - [Bernardo et al., 2005].

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Análises estatísticas

- Análise de variância, com 5% de significância;
- Temperatura e relação ET/Eto: Scott-knot, com 5% de significância.



Resultados e discussão

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Caracterização dos pomares

Tabela 4: Área irrigada e plantada com citros nas 3 fazendas estudadas por copas.

	Copas	Sistemas de Irrigação				Total	Total (%)	Municípios			Total
		Carretel Enrolador	Pivô Central	Microaspersão	Gotejamento			Populina	Paranapuã	Santa Fé do Sul	
Área plantada (ha)	Lima	0	16	0	29	46	5%	0	16	29	46
	Pera	41	190	68	106	405	46%	68	41	296	405
	Murcote	0	0	0	20	20	2%	0	0	20	20
	Ponkan	80	15	144	17	255	29%	144	80	31	255
	Taiti	25	61	36	30	151	17%	36	48	67	151
Área plantada (ha)	Total	146	282	248	202	877	100%	248	186	444	877
	Laranjas	41	207	68	135	451	51%	68	57	326	451
	Tangerinas	80	15	144	36	275	32%	144	80	51	275
	Lima Ácida	25	61	36	30	151	17%	36	48	67	151
Condição da planta	Total	146	282	248	202	877	100%	248	186	444	877
	adulta	132	245	244	171	792	90%	*	*	*	*
	jovem	13	37	4	31	85	10%	*	*	*	*
	Total	146	282	248	202	877	100%	*	*	*	*

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Caracterização dos pomares

Tabela 5: Área de citros irrigada em cada fazenda, diferenciadas por municípios.

	Município	Autopropelido	Pivô Central	Microaspersão	Gotejamento	Total
Área Irrigada (ha)	Santa Fé do Sul	0	242	0	202	444
	Paranápuã	146	40	0	0	186
	Populina	0	0	248	0	248
	Total	146	282	248	202	877
% de área irrigada	Santa Fé do Sul	0%	86%	0%	100%	*
	Paranápuã	100%	14%	0%	0%	*
	Populina	0%	0%	100%	0%	*
	Total	100%	100%	100%	100%	*

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Temperatura de superfície

Tabela 9: Temperatura de superfície entre os sistemas de irrigação durante o período seco.

Sistemas	Período Seco	Período Úmido
	°C	°C
Gotejamento	27,0 B	24,2 B
Microaspersão	26,8 B	23,8 A
Autopropelido	26,4 B	24,3 B
Pivô Central	25,6 A	23,9 A
Condição		
Adulta	26,4 A	23,9 A
jovem	27,8 B	24,6 B
C.V. (%):	12,56	4,3

Letras maiúsculas nas colunas diferem as médias significativas pelo teste de Scott-Knot, com 95% de confiança.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Temperatura de superfície

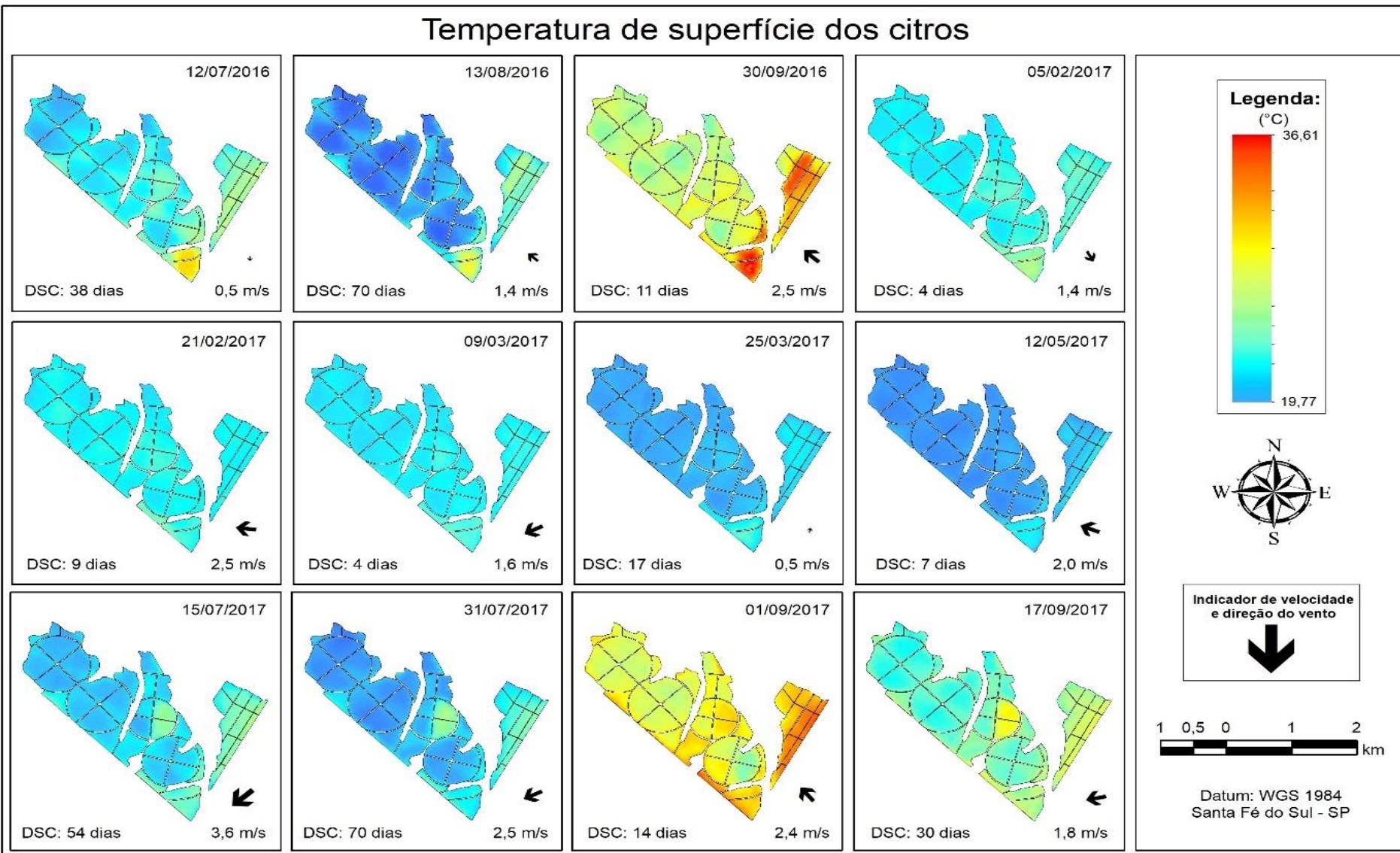
Tabela 10: Temperatura de superfície (°C) entre sistemas de irrigação em Santa Fé do Sul - SP.

Sistema	Período Seco	Período Úmido
Gotejamento	27,0 B	24,2 B
Pivô Central	25,4 A	23,8 A
Condição Fenológica		
Jovem	27,8 B	24,4 B
Adulto	26,1 A	23,9 A
C. V. (%)	11,4	4,3

Letras maiúsculas nas colunas diferem as médias significativas pelo teste de Scott-Knot, com 95% de confiança.

- UNESP (2018): T máxima diária do ar, período seco: 30,8°C, chegando a 33,9°C durante o mês de outubro.
- SENTELHAS, 2005:
- T ótima de florescimento está entre 25 e 30°C;
- Combinação de baixa umidade do solo e elevadas temperaturas (maiores que 35°C) podem ocasionar queda na taxa de florescimento e ainda levar a abscisão dos frutos de diâmetro entre 0,5 e 2 cm.

Figura 3: Temperatura de superfície dos citros irrigados pelos sistemas de gotejamento e pivô central.



Relação ET/ETo

Figura 4: Distribuição de ET/ETo em Paranapuã - SP.

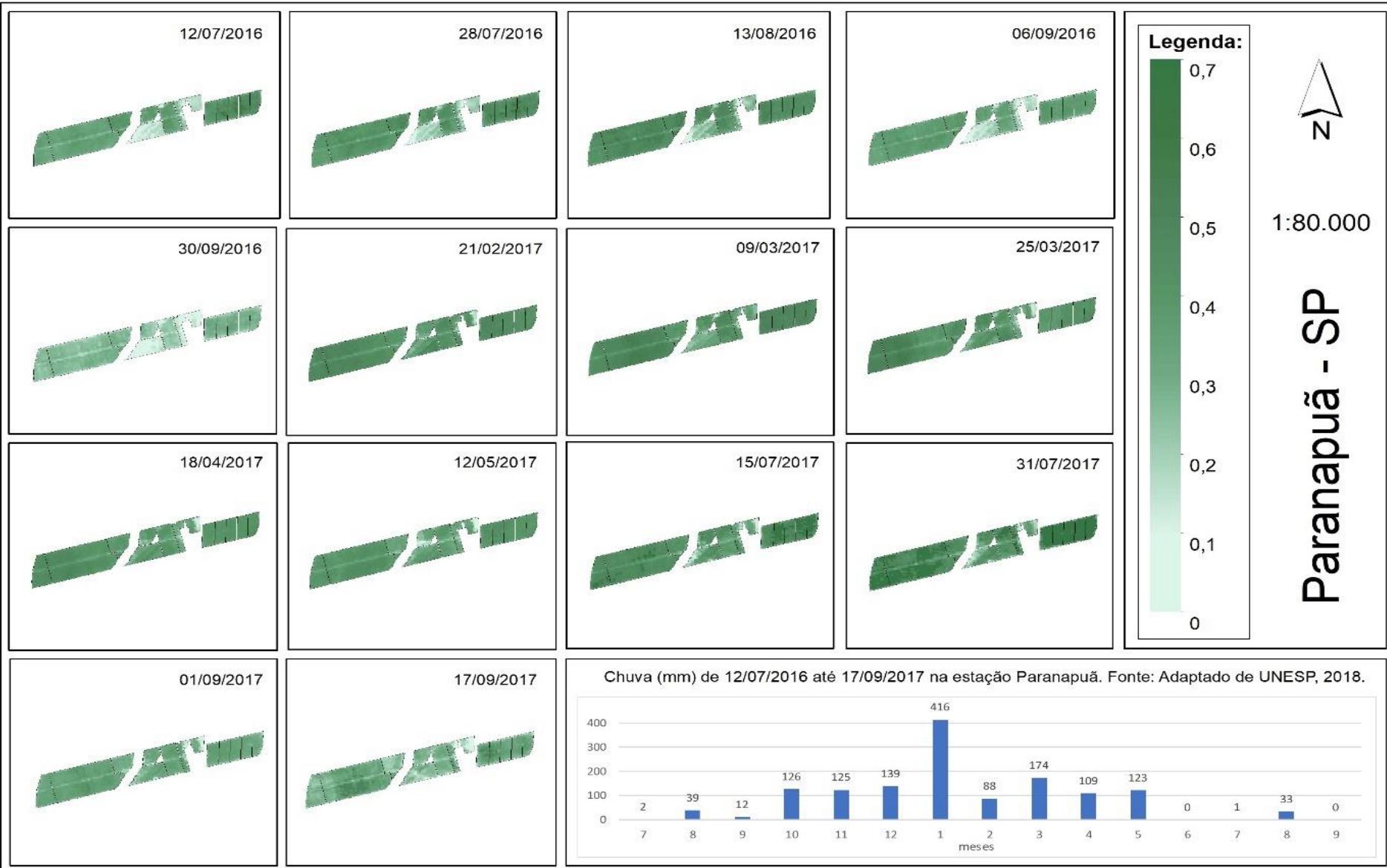
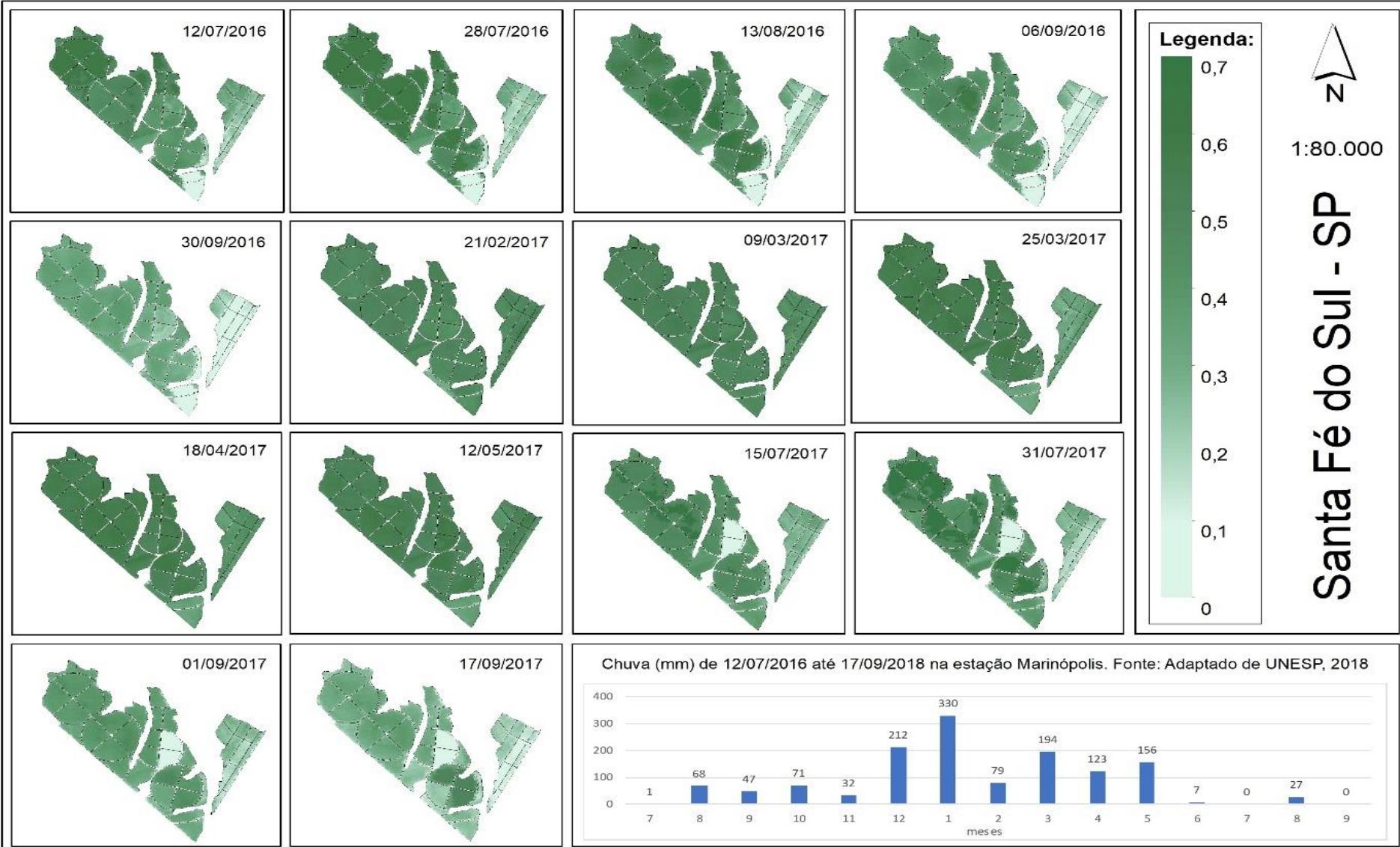


Figura 5: Distribuição de ET/ETo em Populina - SP.



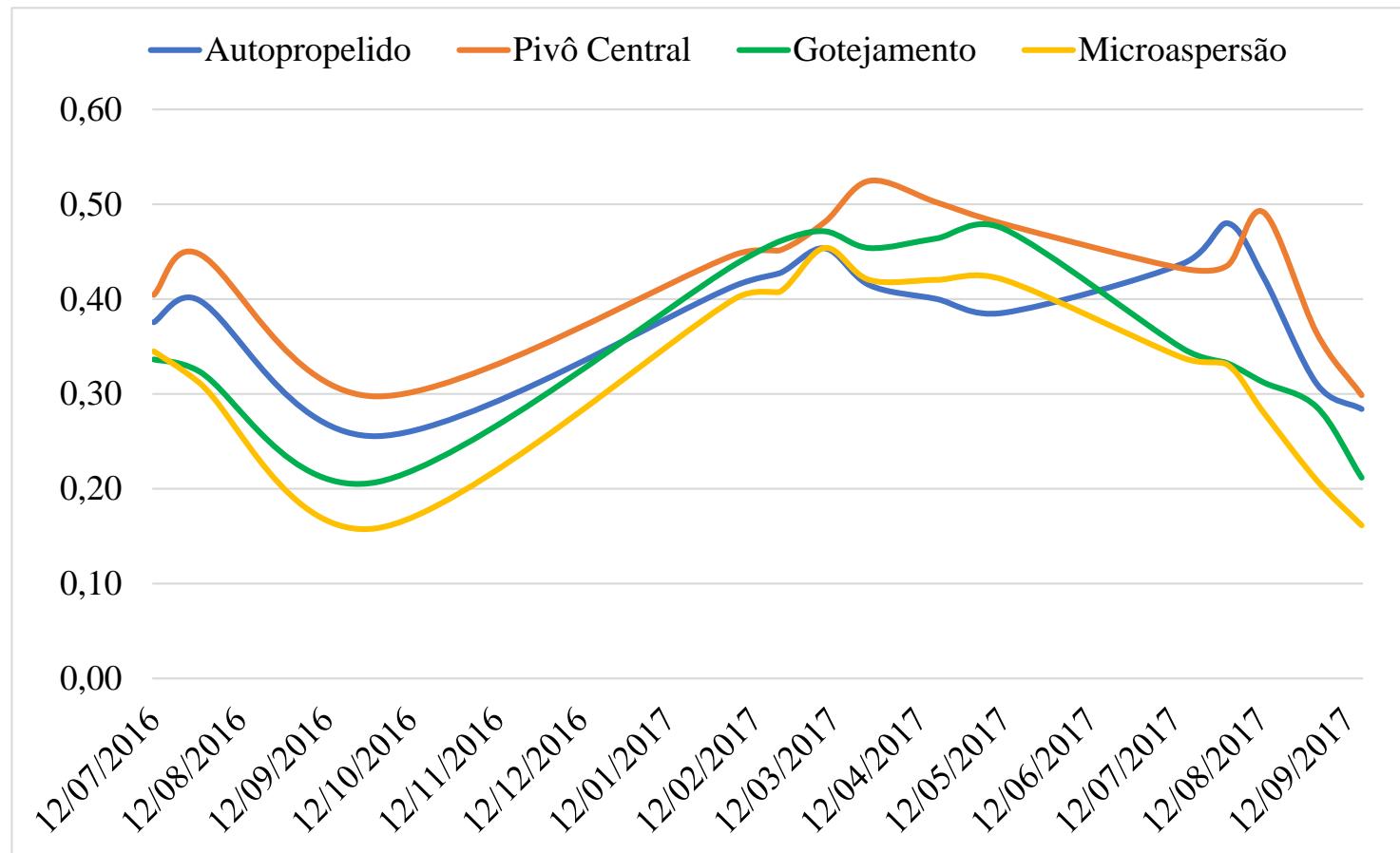
Figura 6: Distribuição de ET/ETO em Santa Fé do Sul - SP.



Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Relação ET/ET₀

Figura 8: Relação ET/ET₀ obtida no modelo SAFER para plantas adultas em diferentes sistemas de irrigação.



Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Relação ET/ET₀

Figura 9: Relação ET/ET₀ obtida no modelo SAFER para plantas adultas em diferentes tipos de copas.

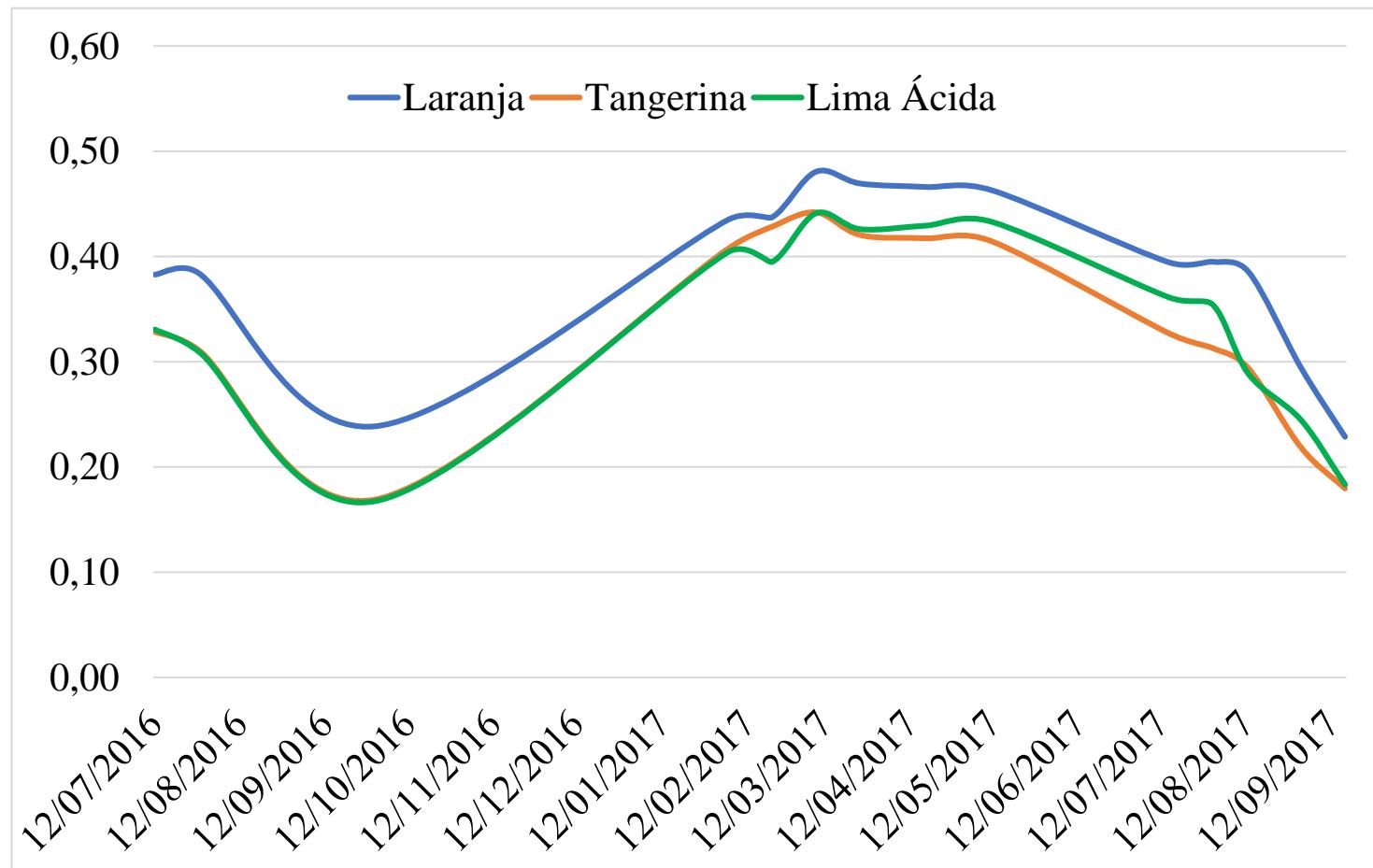
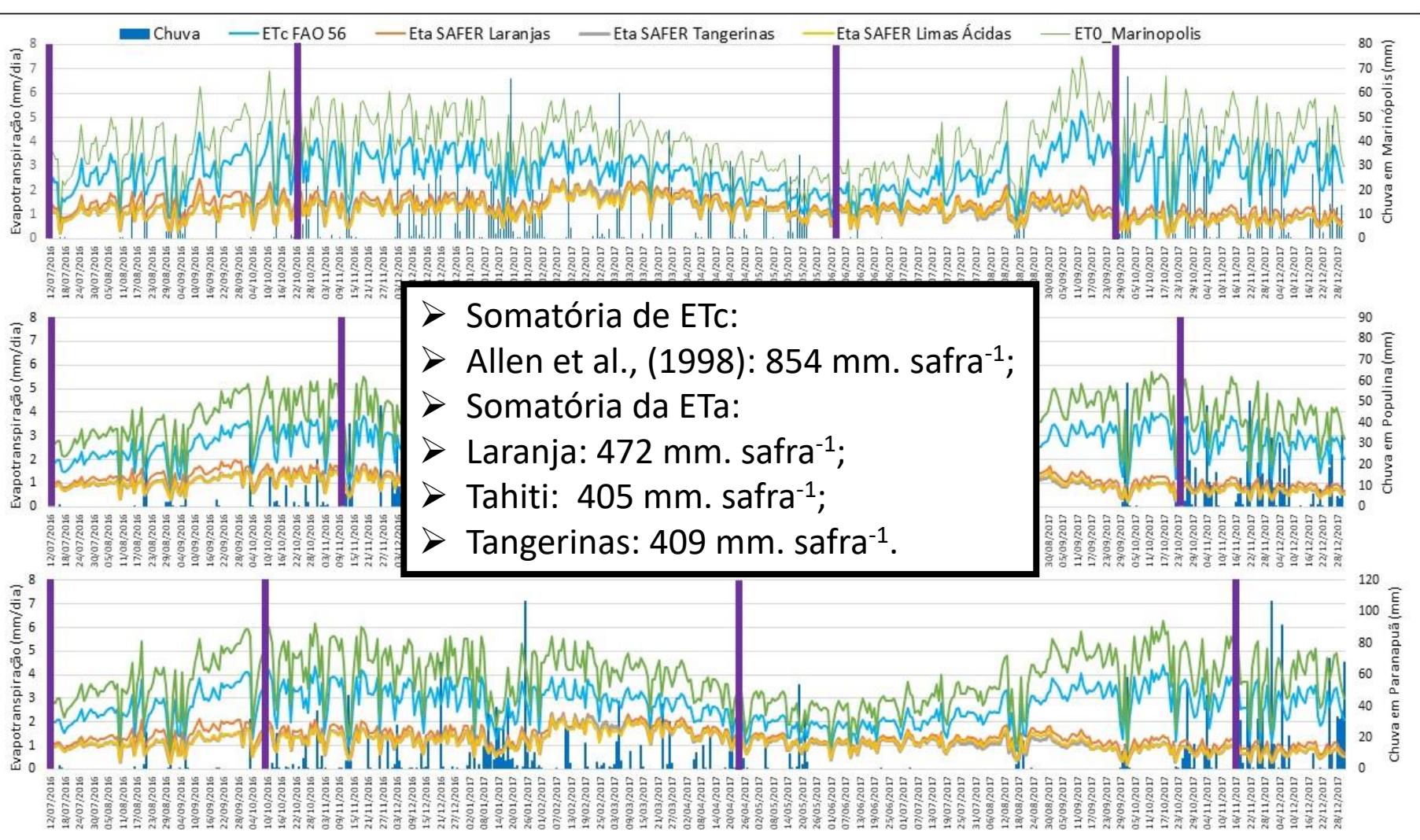


Figura 7: Evapotranspiração da cultura (ETc) e atual (ETa) por município e tipo de copa no Noroeste Paulista.



Safra: 12 de julho de 2016 até o início da próxima irrigação.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Relação ET/ ET0 - Laranjeiras

Tabela 11: Valores médios de ET/ET0 por período para laranjeiras.

Sistema	ET/ET0 SAFER	
	P. Seco	P. Úmido
Carretel Enrolador	0,38 A	0,42 A
Gotejamento	0,33 B	0,47 B
Microaspersão	0,28 C	0,43 A
Pivô Central	0,40 A	0,49 B
C. V. (%):	26,7	12,3

Letras maiúsculas nas colunas diferem as médias significativas pelo teste de Scott-Knot, com 95% de confiança.

- Média: 0,35;
- Allen et al., (1998): 0,7;
- Boman (1994), 445 árvores / hectare: 0,26 - 0,47 (Valênci).

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Relação ET/ ET0 - Limas ácidas

Tabela 12: Valores médios de ET/ETo por período para Limas Ácidas Taiti.

Sistema	Período Seco		Período Úmido
	Adulto	Jovem	
Carretel Enrolador	0,35 Aa	0,23 Ab	0,33 B
Gotejamento	0,20 Ba	0,26 Aa	0,42 A
Microaspersão	0,25 Ba	0,19 Aa	0,40 A
Pivô Central	0,33 Aa	0,20 Ab	0,44 A
C. V. (%):	31,44		15,47

Letras maiúsculas nas colunas diferem as médias significativas pelo teste de Scott-Knot, com 95% de confiança.

- Média: 0,28;
- Allen et al., (1998): 0,7;
- Silva (2006): verão: 0,36; inverno: 0,22.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Relação ET/ ET0 - Tangerineiras

Tabela 13: Valores médios de ET/ETo por período para Tangerineiras.

Sistema	Período Seco		Período Úmido	
	Adulto	Jovem	Adulto	Jovem
Carretel	0,35 A	*	0,44 B	*
Enrolador				
Gotejamento	0,18 Ca	0,18 a	0,42 Ba	0,41 a
Microaspersão	0,26 B	*	0,42 B	*
Pivô Central	0,36 A	*	0,47 A	*
C. V. (%):	31,52		10,37	

Letras maiúsculas nas colunas diferem as médias significativas pelo teste de Scott-Knot, com 95% de confiança.

- Média: 0,29;
- Allen et al., (1998): 0,7.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Caracterização dos pomares

Tabela 7: Necessidade de irrigação das plantas nos sistemas de irrigação localizada.

➤ Gotejamento:	➤ Microaspersão:
➤ 649 plantas/ hectare, 7 m x 2,20 m;	➤ 833 plantas/ hectare, 6 m x 2 m;
➤ Allen et al., (1998): 7.447 m ³ /ha/ano;	➤ Allen et al., (1998): 6.160 m ³ /ha/ano;
➤ Laranja: 4.362 m ³ /ha/ano	➤ Laranja: 2.640 m ³ /ha/ano
➤ Tahiti: 3.511 m ³ /ha/ano	➤ Tahiti: 2.112 m ³ /ha/ano
➤ Tangerinas: 2.766 m ³ /ha/ano.	➤ Tangerinas: 2.552 m ³ /ha/ano.

Média	Gotejamento	11/10/2016	3	*	1	1
	Microaspersão	Adulta	20	9	8	7
Máximo	Microaspersão	Jovem	9	*	*	3
	Gotejamento	Adulta	31	18	12	15
Máximo	Gotejamento	Jovem	17	*	5	8
	Microaspersão	Adulta	36	8	9	7
Máximo	Microaspersão	Jovem	15	*	*	2
	Gotejamento	Adulta	56	22	10	14
	Gotejamento	Jovem	30	*	4	9

Cálculo feito com o espaçamento e Kr mínimo de 30% ou o médio (Tabela 6) das propriedades ¹Populina e ²Santa Fé do Sul e ET₀ retirada da estação mais próximas. O valor de K_c foi o de ^aAllen et al., (1998) ou o ^bencontrado pelo modelo SAFER nas referidas condições e datas.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Caracterização dos pomares

Tabela 8: Lâmina bruta de irrigação das plantas nos sistemas de irrigação por aspersão.

- Carretel Enrolador:
- Allen et al., (1998): 1.132 mm/ano;
- Laranja: 663 mm/ano
- Tahiti: 711 mm/ano
- Tangerinas: 695 mm/ano.

- Pivô central:
- Allen et al., (1998): 1246 mm/ano;
- Laranja: 730 mm/ano
- Tahiti: 463 mm/ano
- Tangerinas: 587 mm/ano.

			31/08/2016	0.8	*	*	0.3
Mínim	Enrolador ¹	Jovem	11/10/2016	0.6	0.3	0.2	0.3
	Pivô Central ²	Adulta		0.6	*	0.2	0.3
Média	Carretel	Adulta	08/09/2016	3.1	1.8	1.9	1.9
	Enrolador ¹	Jovem		3.1	*	*	1.0
Máximo	Pivô Central ²	Adulta	29/07/2016	3.4	2.0	1.3	1.6
		Jovem		3.4	*	1.0	1.6
Máximo	Carretel	Adulta	30/10/2016	5.5	2.0	1.9	1.9
	Enrolador ¹	Jovem		5.5	*	*	0.7
Máximo	Pivô Central ²	Adulta	11/10/2016	6.0	2.4	1.1	1.6
		Jovem		6.0	*	0.8	1.9

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Conclusões

- O sistema de irrigação por pivô central apresentou a menor média de temperatura de superfície entre os quatro sistemas estudados.
- As laranjeiras apresentaram maior média na relação ET/ET₀ estimada pelo modelo SAFER que as tangerinas e lima-ácida Taiti, entretanto, todos os grupos apresentaram valores abaixo do recomendado na literatura clássica.
- Laranjeiras apresentaram requerimentos de água médios maiores que limeiras ácidas Taiti e as tangerineiras em todos os sistemas estudados.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Agradecimentos:



Programa de Pós-
Graduação em
Agronomia
UNESP
Ilha Solteira

