



EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COMO BASE PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DA IRRIGAÇÃO NO NOROESTE PAULISTA

Me. Josué Ferreira Silva Junior

31 de março de 2017



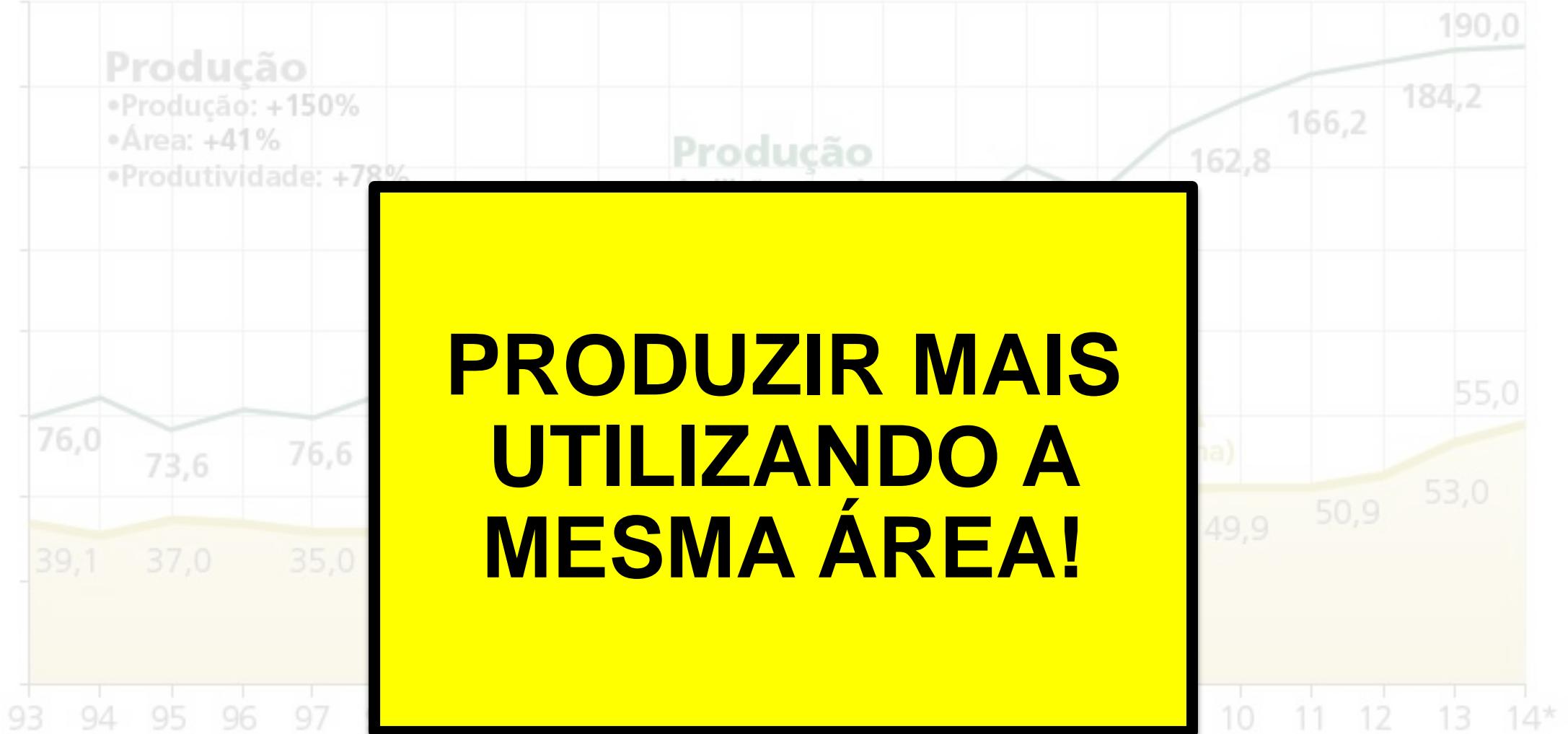
INTRODUÇÃO



Fonte: CONAB/MAPA. Elaboração: SPA/MAPA

* Estimativa

Produtos: Algodão, amendoim, arroz, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, culturas de inverno, trigo e triticale.



Fonte: CONAB/MAPA. Elaboração: SPA/MAPA

* Estimativa

Produtos: Algodão, amendoim, arroz, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, culturas de inverno, trigo e triticale.



Fonte: Google Imagens



Fonte: Google Imagens

Fonte: Google Imagens

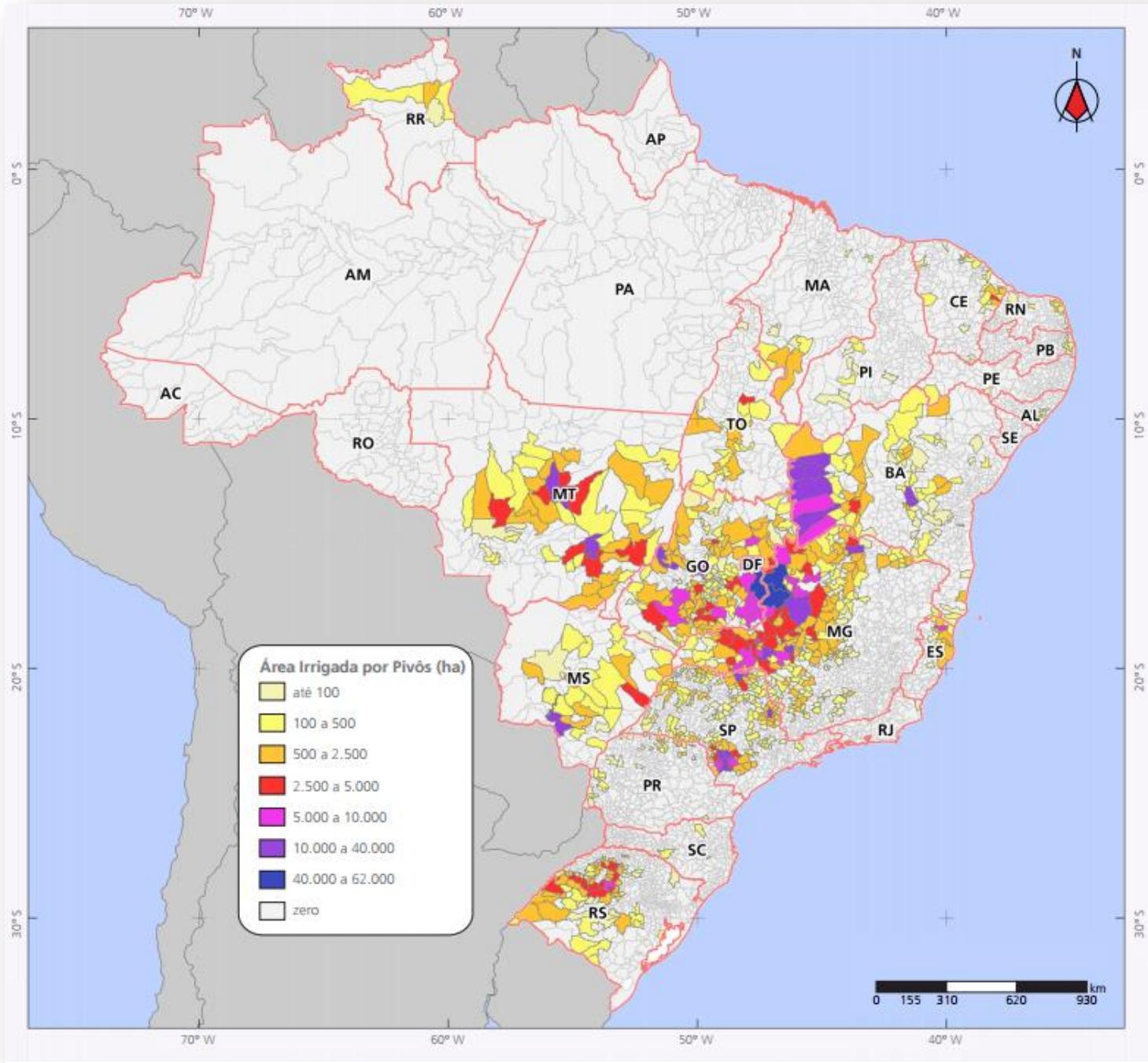


LEVANTAMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA
POR PIVÔS CENTRAIS NO BRASIL - 2014

RELATÓRIO SÍNTESE



Fonte: EMBRAPA; ANA, 2014



Área irrigada no Brasil cresce 4% em 2016, para 5,623 milhões de hectares

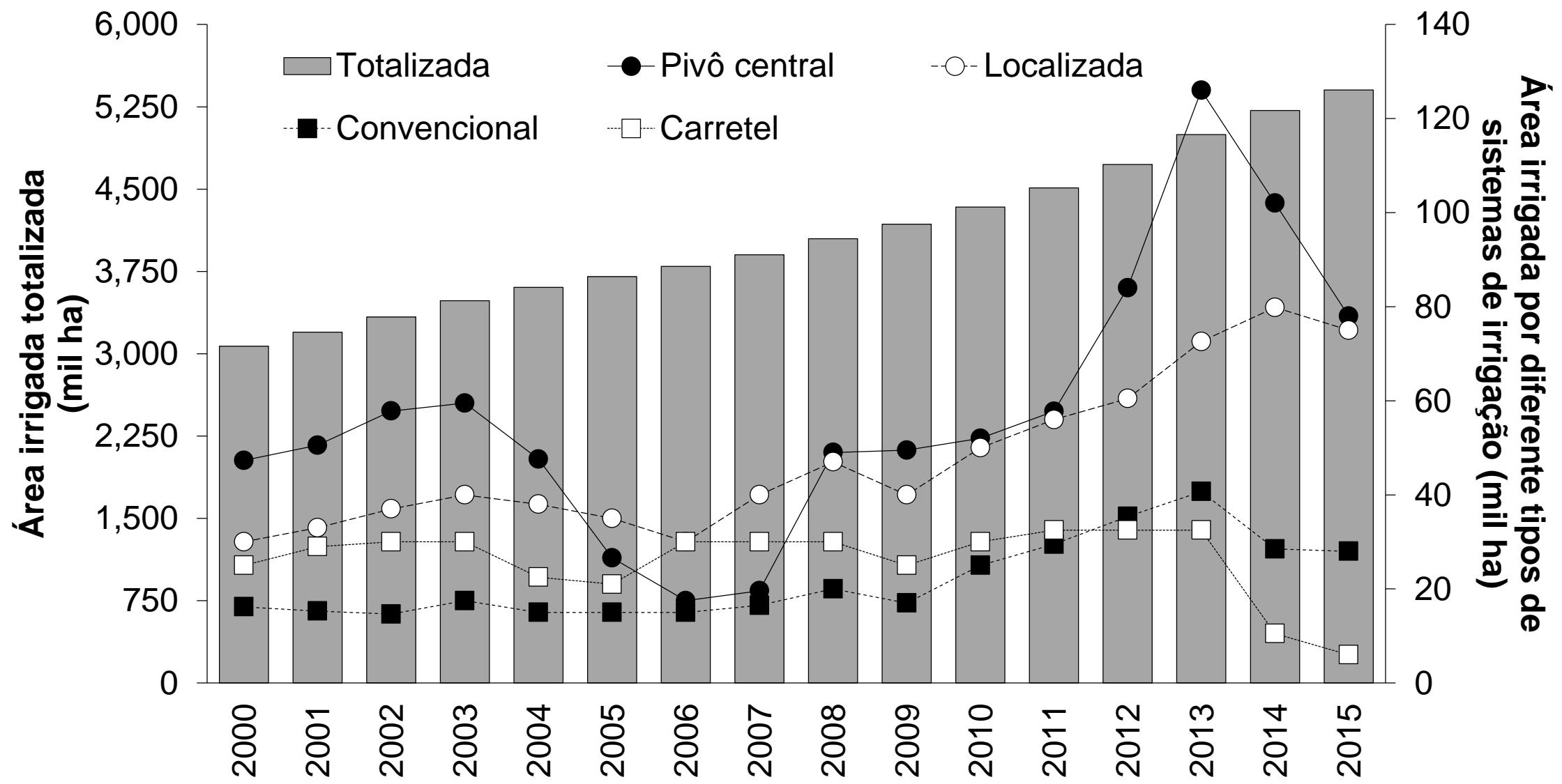
Estadão Conteúdo

⌚ 16.03.17 - 19h32



Ribeirão Preto, 16 – A área agrícola irrigada no Brasil chegou a 5,623 milhões de hectares em 2016, alta de 4% sobre o total de 5,404 milhões de hectares irrigados em 2015, segundo estudo divulgado nesta quinta-feira, 16, pela Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq). O incremento de 218,5 mil hectares na área irrigada no País se deu basicamente pelo crescimento no uso de equipamentos pivôs centrais nas lavouras.

Do total de aumento na área sobre 2015, 105 mil hectares, ou 48%, foram desse tipo de equipamento para irrigação. Se comparada à área incorporada de pivô central para a irrigação em 2015, de 78 mil hectares, o aumento foi de 34,6%.



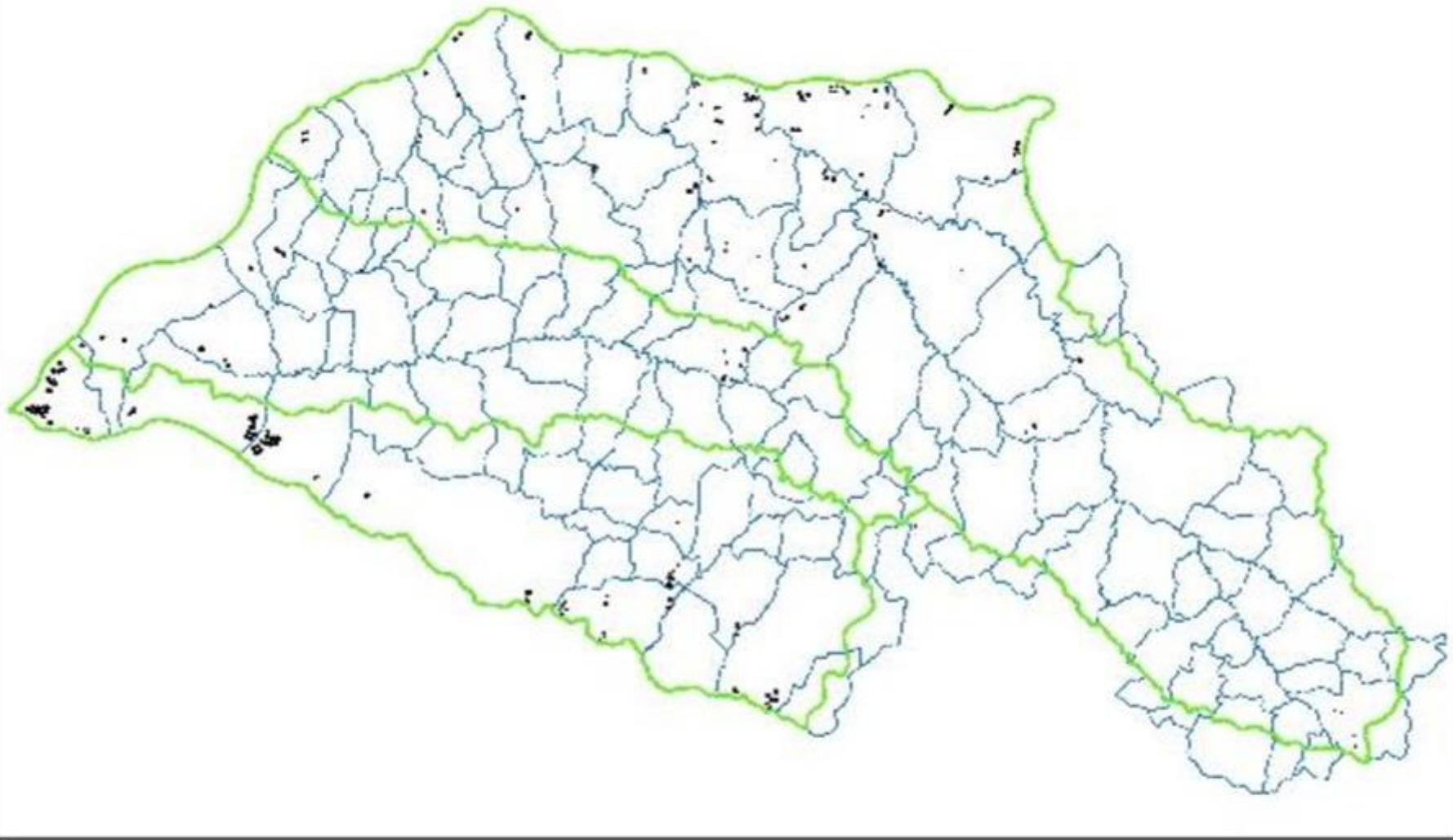
aumento foi de 34,6%.

Fonte: ISTO É, 2017

Fonte: AMENDOLA, 2016



Pivôs Centrais no Noroeste Paulista - 2015



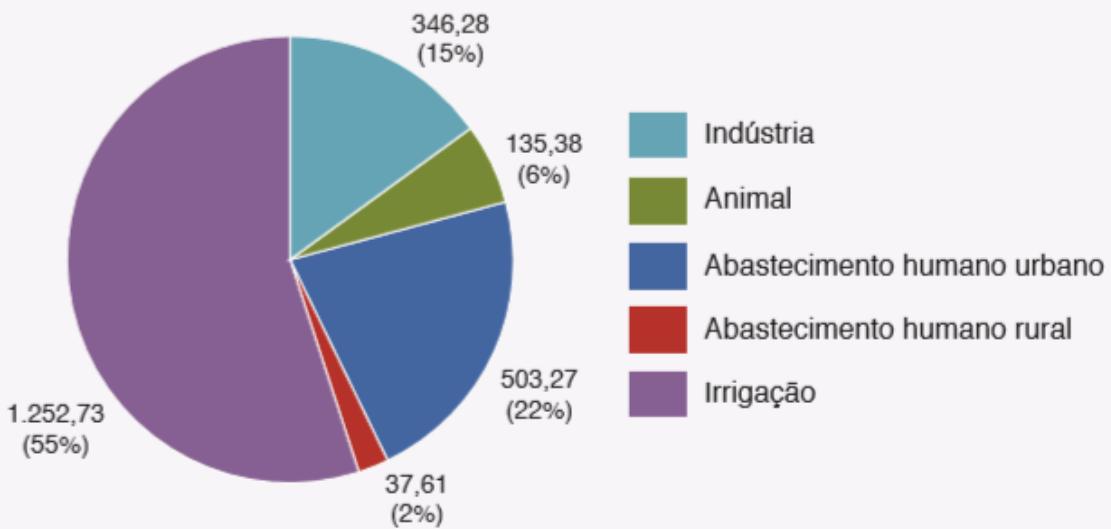
Legenda

- Bacias Hidrográficas
- Pivôs Centrais - 2015
- Municípios

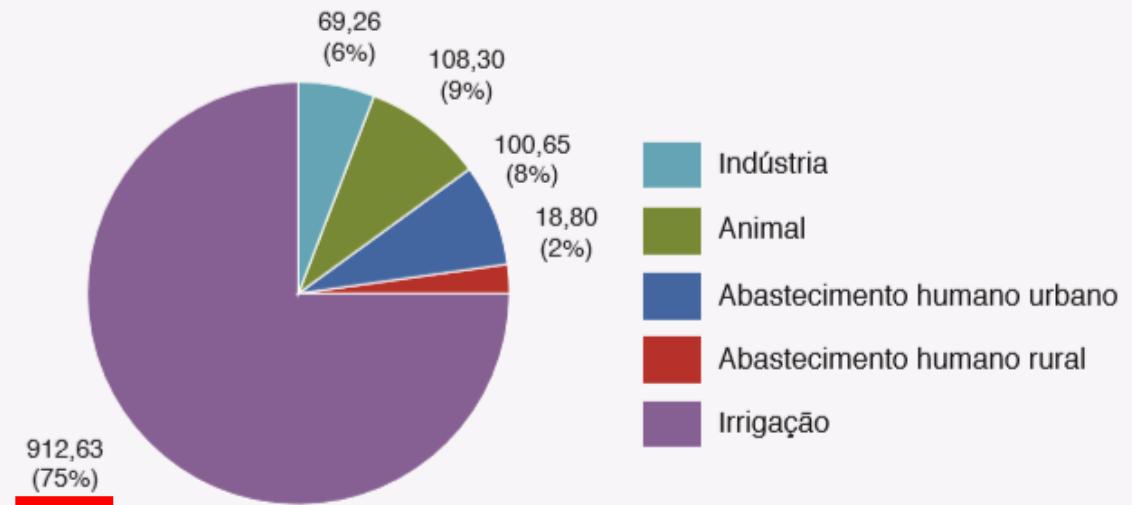


Fonte: Google Imagens

Vazão retirada total: 2.275,07 m³/s



Vazão consumida total: 1.209,64 m³/s



Demand consuntiva total (estimada e consumida) no Brasil (m³/s)

Fonte: ANA, 2015



De acordo com Hernandez (1998), a irrigação realizada por pequenos e grandes proprietários tem sido feita de modo especulativo, muitas vezes com projetos de irrigação mal dimensionados, sem a anuência de qualquer profissional da área.

Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira - Área de Hidráulica e Irrigação

Institucional

- [Página Inicial](#)
- [Canal da IRRIGAÇÃO](#)
- [Apresentação](#)
- [Corpo Técnico](#)
- [Diversos](#)

Dados Climáticos

- [Dados Diários](#)
- [Lista de Estações](#)

Ensino, Pesquisa e Extensão

- [Pesquisas](#)
- [AHI na Mídia](#)
- [Downloads](#)
- [Textos Técnicos](#)
- [Irriga-L](#)
- [FAQs](#)

Serviços

- [AHI na Mídia](#)
- [Downloads](#)



Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista

Projeto Modelagem da Produtividade da Água em Bacias Hidrográficas com Mudanças de Uso da Terra

Entrevista para o Portal Dia de Campo

Software gratuito calcula evapotranspiração: SMAI estima perda de água do solo por evaporação e da planta por transpiração de forma rápida e fácil.



Obs.: Não adotamos o HORÁRIO DE VERÃO

Variáveis climáticas em tempo real: ▼

Gráfico 5 Minutos



Veja a relação de gráficos interativos de Temperatura do Ar, Umidade do Ar, Velocidade do Vento e Chuva que são atualizados a cada 5 minutos.

Gráfico 1 Hora



Veja a relação de gráficos interativos de Temperatura do Ar, Umidade do Ar, Velocidade do Vento e Chuva que são atualizados a cada 1 hora.

DEFERS



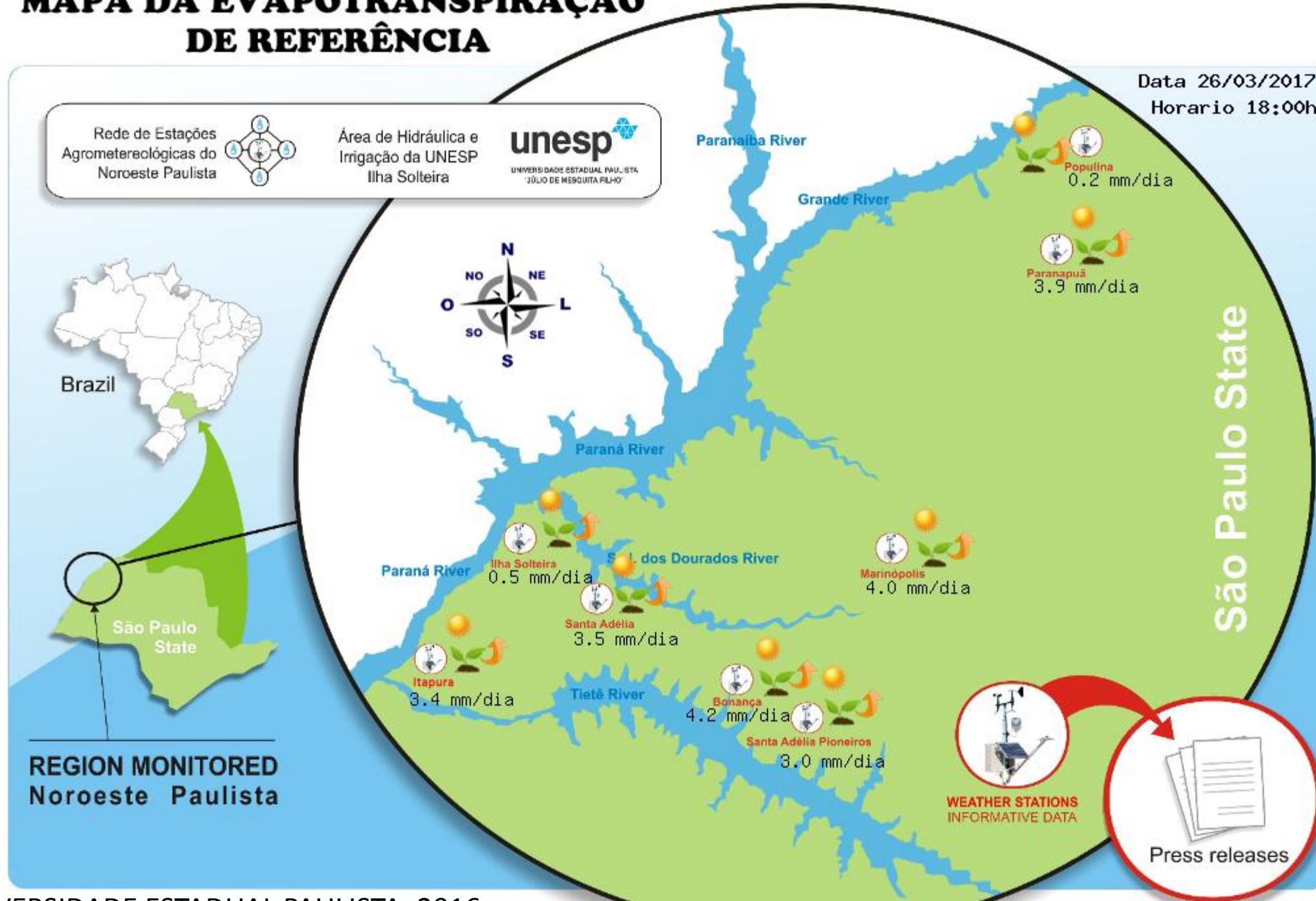
Software SMAI

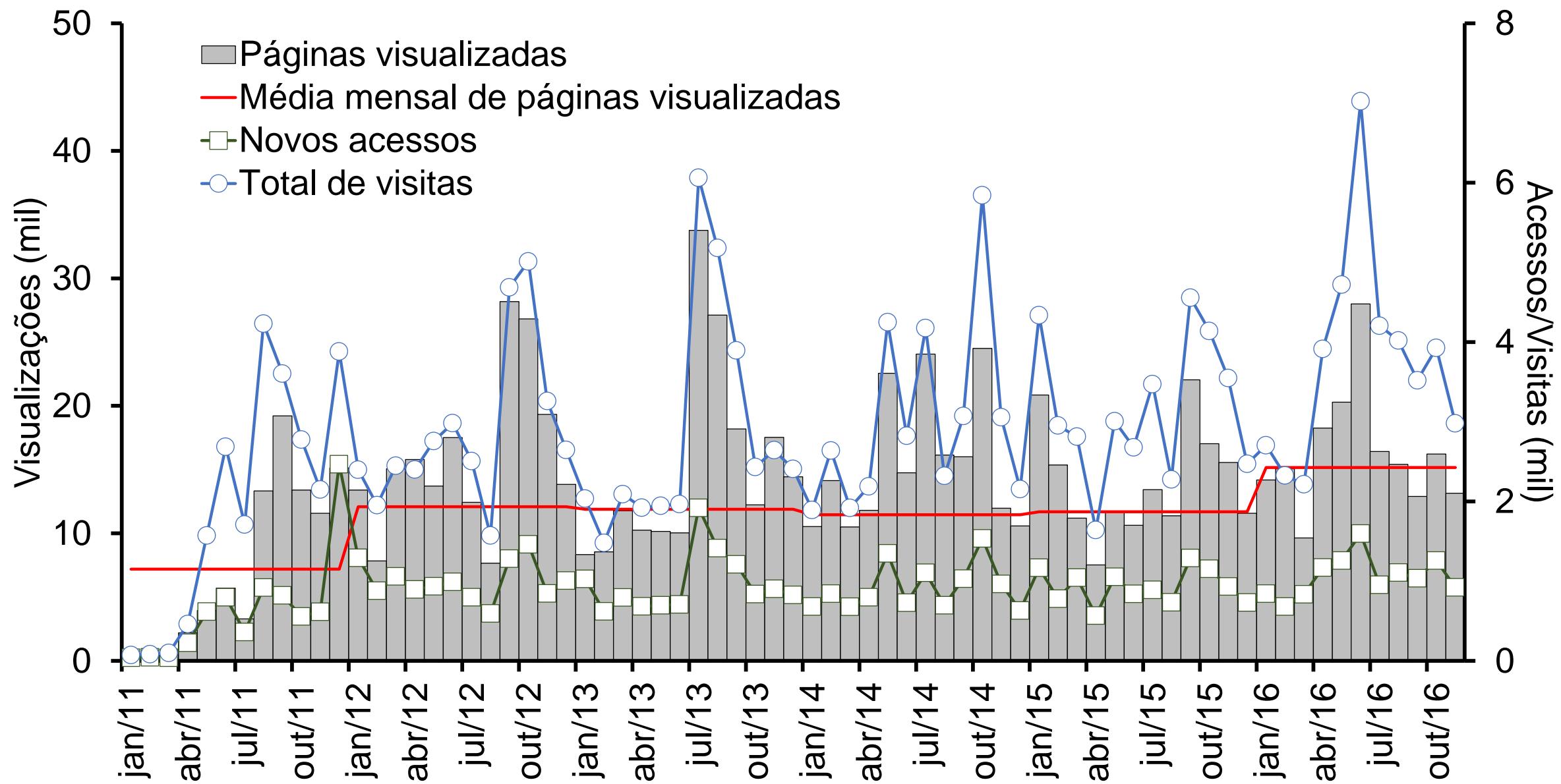
BLOG

Estatística de ACESSO



MAPA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

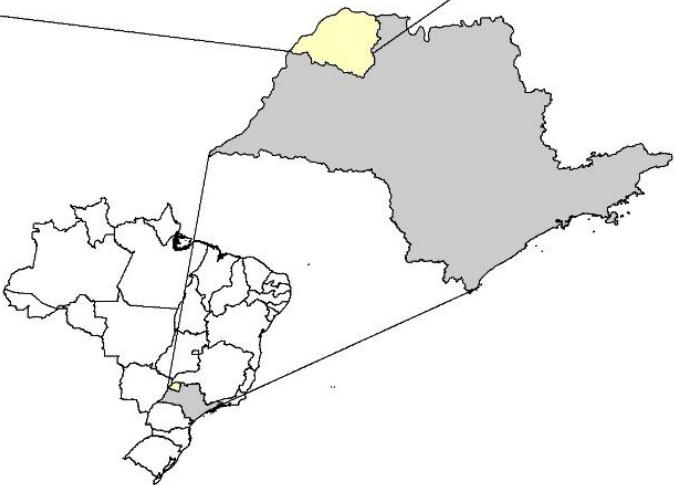
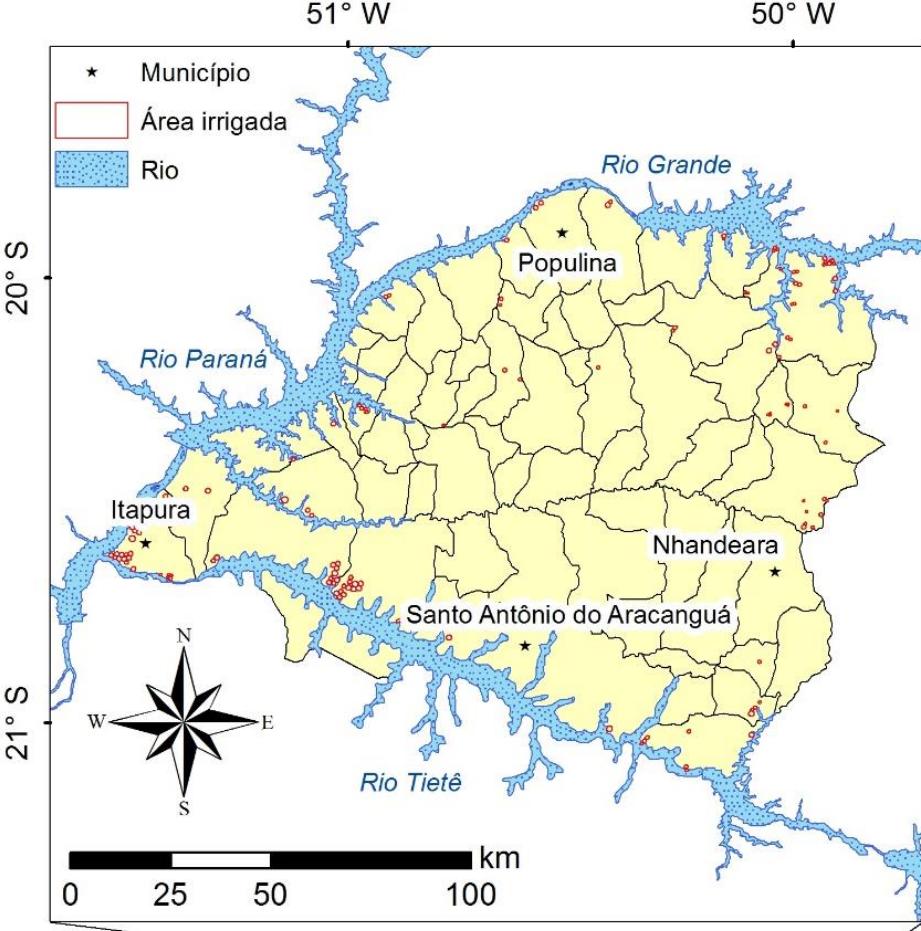




Fonte: Adaptado de UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2016



MATERIAL E MÉTODOS



- Abrange 60 municípios;
- Área total de 16.130 km²;
- Meridianos 49° 47' e 51° 34' O;
- Paralelos 19° 47' e 21° 08' S;
- 137 pivôs centrais, que somam 9.541 ha irrigados (AMENDOLA, 2017)

Fonte: SILVA JUNIOR, 2017

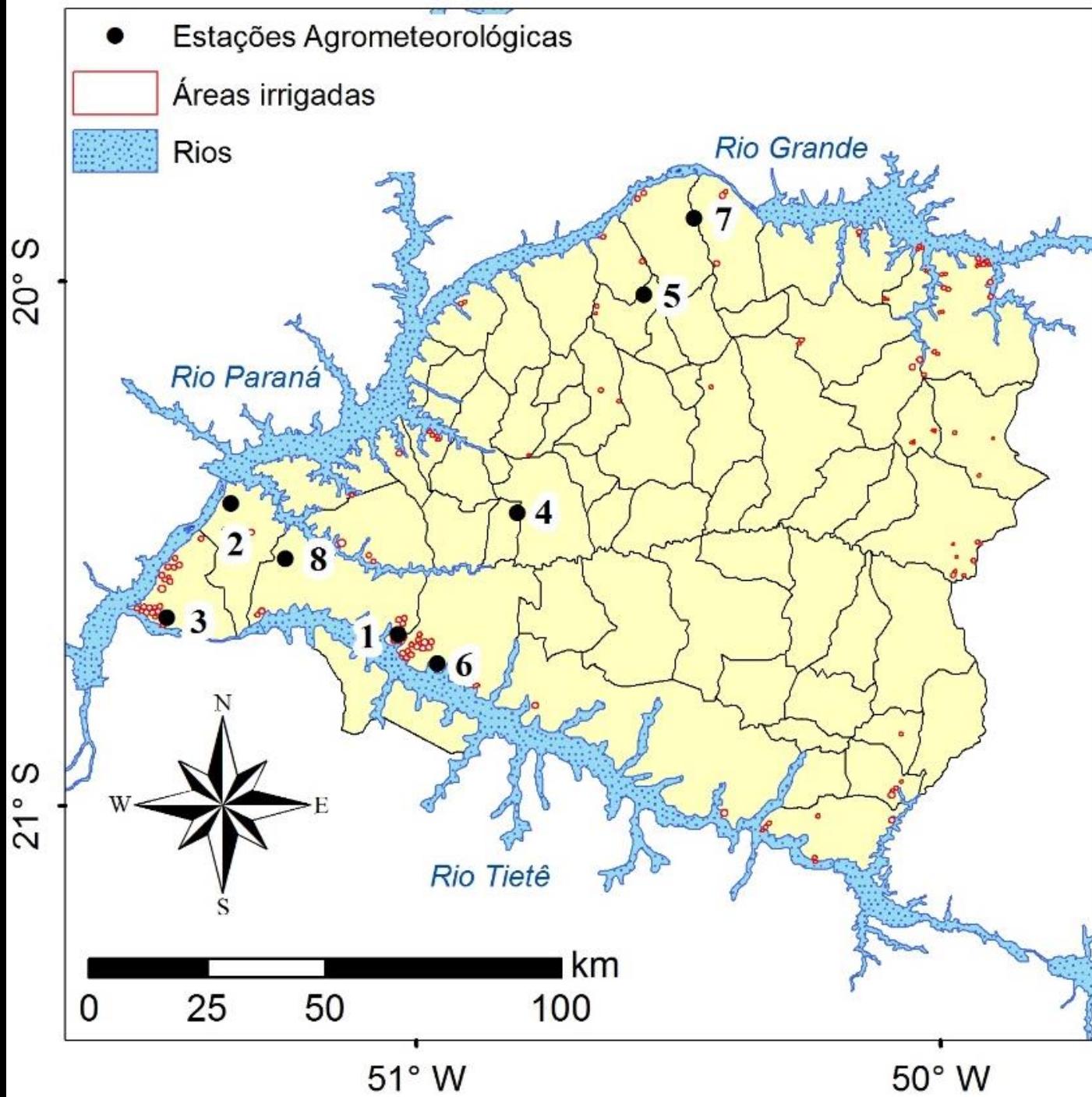
ID	Estações	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Altitude (m)	Município	Início de operação
1	Bonança	20,6731	51,0339	357	Pereira Barreto	02/09/2011
2	Ilha Solteira	20,4234	51,3536	337	Ilha Solteira	20/08/1991
3	Itapura	20,6411	51,4750	335	Itapura	16/11/2011
4	Marinópolis	20,4465	50,8073	370	Marinópolis	06/08/1998
5	Paranapuã	20,0246	50,5659	436	Paranapuã	16/12/2010
6	Pioneiros	20,7283	50,9597	350	Sud Mennucci	07/07/2011
7	Populina	19,8796	50,4704	394	Populina	11/06/2011
8	Sta. Adélia	20,5283	51,2494	426	Pereira Barreto	14/07/2011

Fonte: Adaptado de UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2016

ID	Estações	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Altitude (m)	Município	Início de operação
1	Bonanca	20.6731	51.0339	357	Pereira Barreto	02/09/2011
2	Ilha Solteira	20,4234	51,3536	337	Ilha Solteira	20/08/1991
3	Itapura	20,6411	51,4750	335	Itapura	16/11/2011
4	Marinópolis	20,4465	50,8073	370	Marinópolis	06/08/1998
5	Paranapuã	20,0246	50,5659	436	Paranapuã	16/12/2010
6	Pioneiros	20,7283	50,9597	350	Sud Mennucci	07/07/2011
7	Populina	19,8796	50,4704	394	Populina	11/06/2011
8	Sta. Adélia	20,5283	51,2494	426	Pereira Barreto	14/07/2011

Fonte: Adaptado de UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2016

Fonte: SILVA JUNIOR, 2017





Fonte: Fernando B. T. Hernandez, 2016

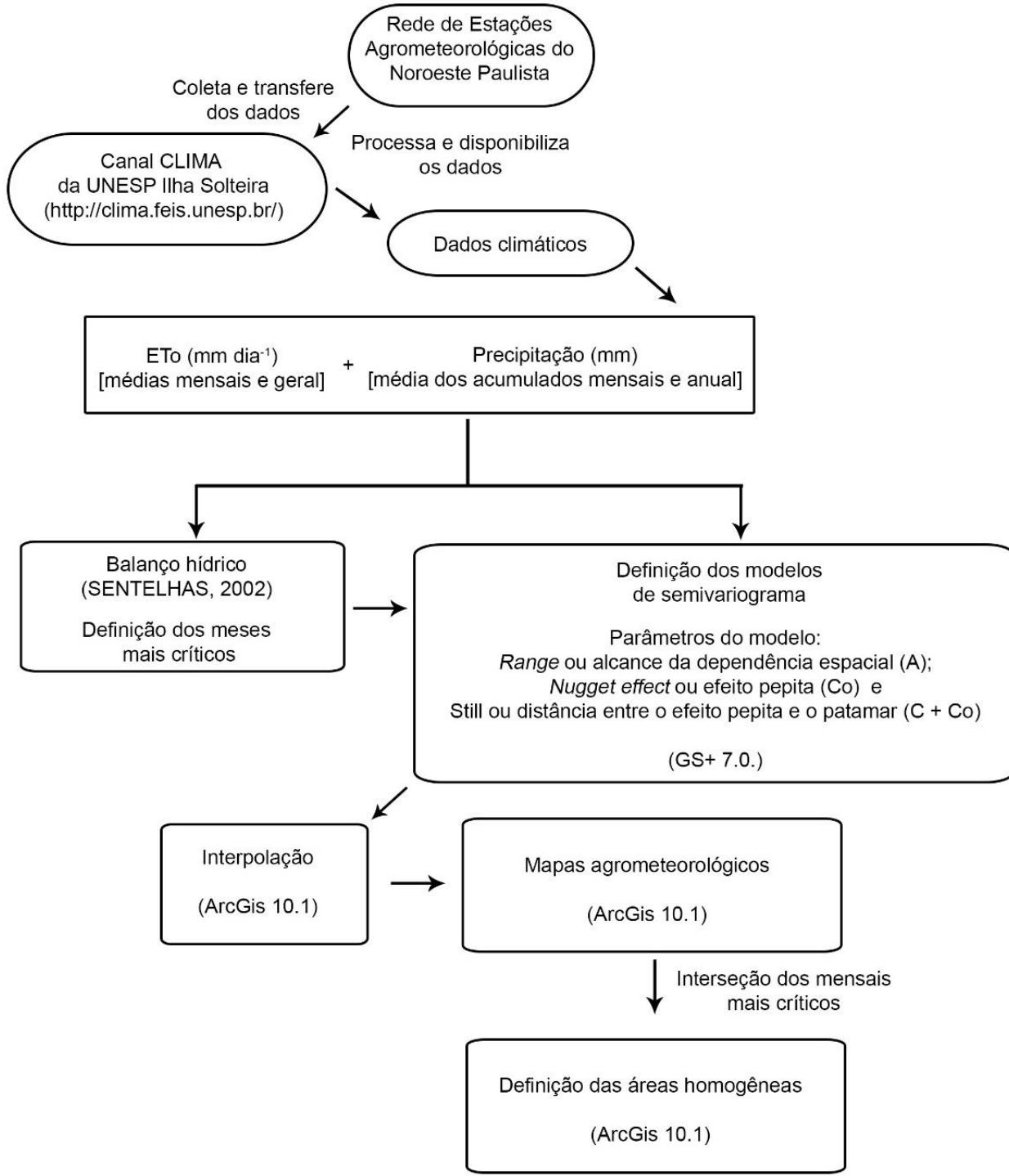
Modelo	Descrição do sensor	Fabricante
LI200	Piranômetro - Radiação global	LI-COR
LI190SB-L16	Quantum - Radiação fotossinteticamente ativa (PAR)	LI-COR
CH100-SW	Regulador e Carregador de tensão 12v	CAMPBELL
NR-LITE-L12	Radiômetro líquido - Radiação líquida	KIPP & ZONE
CS215-L18	Temperatura e umidade relativa	CAMPBELL
TB4-L15	Pluviômetro	CAMPBELL
03002-L12	Anemômetro - Velocidade e direção do vento	YOUNG
CR1000-ST-SW-NC	Datalogger CR1000	CAMPBELL
PTB101B	Barômetro	VAISALA

Fonte: Adaptado de UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2016



As variáveis climáticas utilizadas foram a:

- Evapotranspiração de referência (ET₀);**
- Precipitação pluviométrica.**



Fonte: SILVA JUNIOR, 2017

Institucional

- Página Inicial
- Canal da IRRIGAÇÃO
- Apresentação
- Corpo Técnico
- Diversos

Dados Climáticos

- Dados Diários
- Lista de Estações

Ensino, Pesquisa e Extensão

- Pesquisas
- AHI na Mídia
- Downloads
- Textos Técnicos
- Irriga-L
- FAQs

Serviços

- AHI na Mídia
- Downloads
- Textos Técnicos

Cadastre-se

- Cadastro**
- Login
- Alterar Senha
- Recuperar Senha
- Restrito
- Logout

Olá, Josué Ferreira Silva Junior | Sair

Área Restrita Portal CLIMA

Dados Diários



Dados Extremos



Frequência Dados



Histórico Seca

**Institucional**

- Página Inicial
- Canal da IRRIGAÇÃO
- Apresentação
- Corpo Técnico
- Diversos

Dados Climáticos

- Dados Diários
- Lista de Estações

Ensino, Pesquisa e Extensão

- Pesquisas
- AHI na Mídia
- Downloads
- Textos Técnicos
- Irriga-L
- FAQs

Serviços

- AHI na Mídia
- Downloads
- Textos Técnicos

Cadastre-se

- Cadastro
- Login
- Alterar Senha
- Recuperar Senha
- Restrito
- Logout

Olá, Josué Ferreira Silva Junior | Sair

Acesso à base climática diária:

Preencha os dados abaixo:

Período de: * *Estação:

Opções

- Visualizar dados Diários
- Visualizar média Mensais
- Comparar variáveis entre Estações

- Temperatura Média
- Temperatura Máxima
- Temperatura Mínima
- Umidade Média
- Umidade Máxima
- Umidade Mínima

* campos obrigatórios

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA - UNESP
DEPARTAMENTO DE FITOSSANIDADE, ENGENHARIA RURAL E
SOLOS



UNESP
 HIDRÁULICA E IRRIGAÇÃO
 ILHA SOLTEIRA - SP

ÁREA DE ENGENHARIA RURAL - HIDRÁULICA e IRRIGAÇÃO
 FONE: (18) 3743 -1959 / (18) 3743-1939

URL: <http://clima.feis.unesp.br> / e-mail: irriga@agr.feis.unesp.br

CANAL: www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.php

BLOG: irrigacao.blogspot.com

FACEBOOK: <https://www.facebook.com/ahiunespilhasolteira>



MÉDIA DOS DADOS CLIMÁTICOS MENSAIS
BONANCA

Período de: 2012 à 2015

Altitude: 357.0, Latitude: 20.0°40.0' 23.1"

Longitude: 51.0°2.0' 2.1"

PEREIRA BARRETO/SP

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	To CAA	Velocidade do vento (m/s)	Direção vento	Chuva mm	Insolação h/dia	
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima													
JAN/2012	25.0	31.6	20.5	82.8	98.8	53.5	97.0	21.1	13.1	-	-	-	4.6	-	6.0	1.0	149.2	311.4	6.1
FEV/2012	28.6	33.9	21.2	76.7	97.1	46.0	97.1	22.1	13.5	-	-	-	4.9	-	5.8	0.8	195.9	103.4	7.2
MAR/2012	26.1	33.2	20.8	74.8	98.5	45.5	97.2	20.6	12.7	-	-	-	4.5	-	5.3	0.9	188.2	115.3	7.7
ABR/2012	24.5	31.2	19.4	80.3	97.8	52.6	97.2	16.3	9.4	-	-	-	3.2	-	5.3	0.8	187.7	129.3	6.6
MAI/2012	21.2	28.3	16.1	81.9	98.0	53.2	97.5	14.4	7.2	-	-	-	2.5	-	4.2	0.6	130.8	81.0	7.0
JUN/2012	20.8	27.4	15.9	84.9	99.3	59.7	97.6	12.0	5.5	-	-	-	2.0	-	4.2	0.5	135.3	138.4	6.9
JUL/2012	20.1	28.7	12.7	70.4	98.7	40.3	97.8	15.7	7.4	-	-	-	2.5	-	4.7	0.5	112.3	9.4	8.8
AGO/2012	23.1	31.8	15.9	57.3	83.7	30.7	97.7	18.4	9.3	-	-	-	3.8	-	5.3	0.9	111.3	0.0	9.2
SET/2012	24.9	33.8	17.3	59.4	87.9	33.2	97.4	18.8	9.7	-	-	-	4.2	-	6.5	1.1	145.1	145.8	7.9
OUT/2012	27.0	35.0	20.3	65.9	92.7	37.8	97.0	21.0	12.6	-	-	-	4.8	-	6.6	1.0	170.8	38.1	7.4
NOV/2012	26.8	33.7	21.0	74.1	95.7	45.9	96.9	22.4	13.5	-	-	-	5.0	-	6.1	1.0	161.9	122.4	8.8
DEZ/2012	27.2	34.5	22.3	79.7	98.3	49.6	97.0	20.1	13.3	-	-	-	4.7	-	6.2	0.8	129.5	198.1	5.9
JAN/2013	26.2	32.6	21.7	82.1	98.1	55.7	97.0	20.8	13.4	-	-	-	4.6	-	5.5	0.9	189.8	135.6	5.9
FEV/2013	25.9	32.5	21.5	83.2	99.0	55.6	97.1	18.3	11.4	-	-	-	4.1	-	5.6	0.8	183.9	261.1	5.2
MAR/2013	25.5	31.8	21.1	84.3	98.8	58.3	97.2	18.2	10.7	-	-	-	3.9	-	5.9	0.9	183.0	141.2	6.1
ABR/2013	23.7	30.6	19.0	81.3	98.3	52.0	97.3	15.2	8.0	-	-	-	3.1	-	5.0	0.7	155.1	87.3	5.6
MAI/2013	22.6	30.6	16.7	76.3	97.4	46.2	97.4	14.4	7.3	-	-	-	2.8	-	4.7	0.8	136.5	36.3	6.8
JUN/2013	21.9	29.1	17.3	85.4	99.4	57.7	97.5	12.1	6.2	-	-	-	2.2	-	4.6	0.6	161.1	65.0	6.8
JUL/2013	20.7	28.5	12.4	75.8	98.6	44.0	97.7	14.8	5.0	-	-	-	2.6	-	5.0	0.0	124.0	7.0	

Estações	ETo (mm dia ⁻¹)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Bonança	4,6	4,5	4,0	3,3	2,6	2,2	2,5	3,6	4,1	4,7	4,6	4,5	3,8
Ilha Solteira	5,1	5,0	4,2	3,7	3,1	2,7	3,1	4,4	5,2	5,1	5,2	5,2	4,3
Itapura	5,2	4,8	4,3	3,4	2,8	2,5	2,8	4,1	4,6	5,0	5,0	4,9	4,1
Marinópolis	4,9	4,9	4,2	3,5	2,8	2,5	3,0	4,3	5,0	5,1	4,9	4,9	4,2
Paranapuã	4,1	4,6	3,9	3,4	2,8	2,5	2,9	3,9	4,6	4,9	4,7	4,8	3,9
Pioneiros	4,8	4,5	3,7	3,3	2,3	2,2	2,2	3,4	3,7	4,3	3,9	3,8	3,5
Populina	4,5	4,6	4,0	3,3	2,7	2,4	2,7	3,8	4,3	4,9	4,4	4,1	3,8
Sta. Adélia	4,7	4,6	3,9	3,4	3,1	2,9	3,4	4,9	4,8	5,4	4,7	4,7	4,2

Estações	Precipitação pluvial (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Bonança	163	187	142	65	65	55	33	3	104	53	180	164	1214
Ilha Solteira	197	173	192	111	42	69	31	6	74	95	200	156	1346
Itapura	131	223	195	65	45	60	36	3	93	61	162	132	1206
Marinópolis	189	175	200	58	56	62	33	6	77	63	174	161	1254
Paranapuã	229	183	279	67	55	60	41	6	76	94	150	220	1460
Pioneiros	168	200	147	78	64	61	37	4	121	53	187	167	1287
Populina	212	124	198	96	65	52	34	2	80	100	152	131	1246
Santa Adélia	182	124	192	96	60	63	40	5	112	71	140	156	1241

Fonte: Adaptado de UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2016



Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather (1955)

Glaucio de Souza Rolim
Paulo Cesar Sentelhas
Departamento de Ciências Exatas Área de Física e Meteorologia
DCE - ESALQ / USP BHseq V6.11399

CIDADE

ANO 2011-2015

CAD

LATITUDE

Tela Normal (CTRL-)

Número de Linhas 12 Ajustar

NDA inicial 1 Tela Inteira (CTRL-)

Tempo MESES	Num de Dias	NDA T °C	P mm	N		I	ETP Thornthwaite 1948	P-ETP mm	NEG-AC mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
				horas										
Jan	30	1		12,00	0,00			0,0	#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fev	28	31		12,00	0,00	I =		0,0	#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mar	31	59		12,00	0,00	a =		0,49	#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abr	30	90		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai	31	120		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jun	30	151		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jul	31	181		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ago	31	212		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Set	30	243		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Out	31	273		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nov	30	304		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dez	31	334		12,00	0,00				#DIV/0!	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAIS								0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
MEDIAS								#DIV/0!	#DIV/0!		± 0	0	0	0

Área reservada para novas fórmulas			
Cálculo do Fotoperíodo			
δ	hn	N	
-23,01	90,00	12,00	
-17,78	90,00	12,00	
-8,67	90,00	12,00	
3,62	90,00	12,00	
14,59	90,00	12,00	
21,90	90,00	12,00	
23,18	90,00	12,00	
18,17	90,00	12,00	
8,10	90,00	12,00	
-3,82	90,00	12,00	
-15,06	90,00	12,00	
-21,97	90,00	12,00	

File Edit Data Autocorrelation Interpolate Map Window Help



Base Input File

Data Title / Description

Data Records

	1	2	3	4	5
	ID	X Coord	Y Coord	Z	
1	1,00	496467,450054	7714024,17046	4,60	
2	2,00	463107,135749	7741611,67346	5,10	
3	3,00	450519,069692	7717487,49007	5,20	
4	4,00	520106,068386	7739742,90353	4,90	
5	5,00	545403,720837	7785725,60451	4,10	
6	6,00	504193,564550	7707909,54126	4,80	
7	7,00	555445,825308	7801752,25109	4,50	
8	8,00	473994,811517	7730023,87857	4,70	

Y Isotropic Variogram Model

Variogram	Nugget	Structural Variance
Model Type	Variance (Co)	Sill (Co+C)
Gaussian	0,029000	0,347000

This Fit

Residual SS: 3,474E-03

r2: 0,504

Proportion (C/[Co+C]): 0,916

Model: Gaussian

AutoFit

3,474E-03

0,504

0,916

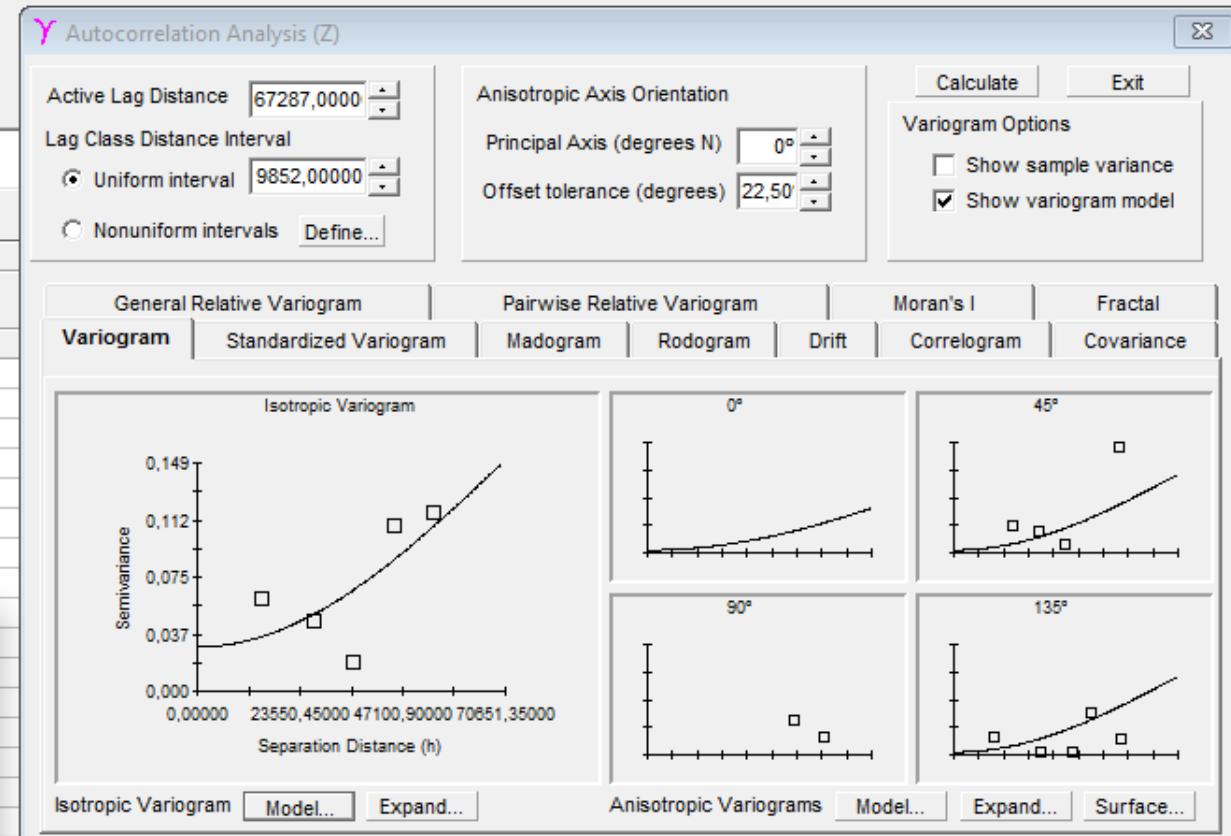
Gaussian

Autofit

Print

Cancel

OK



Import file... | Print | Rebuild | Exit
 Filter.... | Copy | Clear

16 17 18 19

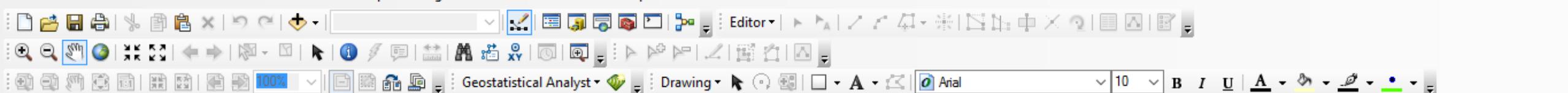


Table Of Contents



Layers



Catalog



Location: Home - Documents\ArcGIS

- + Home - Documents\ArcGIS
- + Folder Connections
 - + C:\ArcGIS_Tese\Antigo\Nova proposta
 - + C:\Users\Josué Ferreira\Desktop\Arcgis
 - + C:\Users\Josué Ferreira\Desktop\ArcGIS
 - + C:\Users\Josué Ferreira\Documents\Arc
- + Toolboxes
- + Database Servers
- + Database Connections
- + GIS Servers
- + My Hosted Services



ArcToolbox

- + ArcToolbox
- + 3D Analyst Tools
- + Analysis Tools
- + Cartography Tools
- + Conversion Tools
- + Data Interoperability Tools
- + Data Management Tools
- + Editing Tools
- + Geocoding Tools
- + Geostatistical Analyst Tools
- + Linear Referencing Tools
- + Multidimension Tools
- + Network Analyst Tools
- + Parcel Fabric Tools

1094,474 108,734 Unknown Units



BRAZIL

Services

Participate

Information access

Legislation

Information channels



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística



DOWNLOADS

procure no IBGE



buscar

Canal que reúne os arquivos para download de todas as áreas do IBGE. Você também pode acessar os downloads mais frequentes da última semana.



estatísticas | geociências | os 20 mais

geociências

- [atlas](#)
- [cartas_e_mapas](#)
- [imagens_do_territorio](#)
- [informacoes_ambientais](#)
- [informacoes_sobre_posicionamento_geodesico](#)
- [metodos_e_outros_documentos_de_referencia](#)
- [modelos_digitais_de_superficie](#)
- [nomes_geograficos](#)
- [organizacao_do_territorio](#)
- [produtos_educacionais](#)
- [recortes_para_fins_estatisticos](#)



Geostatistical Analyst Drawing Arial 10 B I U A

Table Of Contents Catalog

Layers Location: ETo_Média.shp

- ETo_Média
- AreaMascara2UTM22

Geostatistical Wizard... Geostatistical Wizard Launch Geostatistical Wizard

Subset Geostat Geostatistic Tutor

Map showing a study area divided into a grid of green polygons. Seven black dots are placed on the map, representing sampling locations or points of interest.

Catalog Search

ArcToolbox

- ArcToolbox
- 3D Analyst Tools
- Analysis Tools
- Cartography Tools
- Conversion Tools
- Data Interoperability Tools
- Data Management Tools
- Editing Tools
- Geocoding Tools
- Geostatistical Analyst Tools
- Linear Referencing Tools
- Multidimension Tools
- Network Analyst Tools
- Parcel Fabric Tools

433296.311 7818709.717 Meters



Table Of Contents

Layers

- ETo_Média
-
- AreaMascara2UTM22

Geostatistical Wizard: Kriging / CoKriging

Methods

- Deterministic methods
 - Inverse Distance Weighting
 - Global Polynomial Interpolation
 - Radial Basis Functions
 - Local Polynomial Interpolation
- Geostatistical methods
 - Kriging / CoKriging
 - Areal Interpolation
 - Empirical Bayesian Kriging
- Interpolation with barriers
 - Kernel Smoothing
 - Diffusion Kernel

Input Data

- Dataset
 - Source Dataset: ETo_Média
 - Data Field: média
- Dataset 2
 - Source Dataset: <none>
- Dataset 3
 - Source Dataset: <none>
- Dataset 4
 - Source Dataset: <none>

Kriging / CoKriging

Kriging is an interpolator that can be exact or smoothed depending on the measurement error model. It is very flexible and allows you to investigate graphs of spatial auto- and cross-correlation. Kriging uses statistical models that allow a variety of output surfaces including predictions, prediction standard errors, probability and quantile. The flexibility of kriging can require a lot of decision-making. Kriging assumes the data come from a stationary stochastic process, and some methods assume

[About Kriging / CoKriging](#)

< Back Next > Finish Cancel

Catalog

Location: ETo_Média.shp

- Esquemadaarea2.mxd
- estacao2.shp
- estacoes1.shp
- estacoesZ4.shp
- estacoeszona2.shp
- ETo_estaçõesdoano.shp
- ETo_Média.shp
- ETo_Media_Mensal_CoKriga
- ETo_Mensal.shp
- ETo_MensaleMedua.shp
- Intersect.mxd

ArcToolbox

- ArcToolbox
- 3D Analyst Tools
- Analysis Tools
- Cartography Tools
- Conversion Tools
- Data Interoperability Tools
- Data Management Tools
- Editing Tools
- Geocoding Tools
- Geostatistical Analyst Tools
- Linear Referencing Tools
- Multidimension Tools
- Network Analyst Tools
- Parcel Fabric Tools

Untitled - ArcMap

File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessing Customize Windows Help

1:110,787 Editor Drawing Arial 10 B I U A

Table Of Contents

Layers

- ETo_Média
- AreaMascara2UTM22

Geostatistical Analyst Drawing Catalog

Geostatistical wizard - Kriging step 3 of 5 - Semivariogram/Covariance Modeling

Semivariogram

$\gamma \cdot 10^1$

1,800
1,350
0,900
0,450

0,000 0,330 0,661 0,991 1,321 1,652

Model • Binned + Average Distance (Meter), $h \cdot 10^{-5}$

Model : $0,051429 \cdot \text{Nugget} + 0 \cdot \text{Gaussian}(165160)$

Semivariogram map

0,18
0,15
0,12
0,09
0,06
0,03
0

View Settings

- Show se... False
- Show all ... False
- Show poi... Binned a...

Export

Type Gaussian

Major Range 165156

Anisotropy False

Calculate Partial Sill True

Partial Sill 0

Model #2

Model #3

Lag

Lag Size 13763

Number of Lags 12

Type

The selected model influences the prediction of the unknown values, particularly when the shape of the curve near the ...

< Back Next > Finish Cancel

Catalog

Location: ETo_Média.shp

- Esquemadaarea2.mxd
- estacao2.shp
- estacoesz1.shp
- estacoesZ4.shp
- estacoeszona2.shp
- ETo_estaçõesdoano.shp
- ETo_Média.shp
- ETo_Media_Mensal_CoKriga
- ETo_Mensal.shp
- ETo_MensalMedua.shp
- Intersect.mxd

Catalog Search

ArcToolbox

- ArcToolbox
- 3D Analyst Tools
- Analysis Tools
- Cartography Tools
- Conversion Tools
- Data Interoperability Tools
- Data Management Tools
- Editing Tools
- Geocoding Tools
- Geostatistical Analyst Tools
- Linear Referencing Tools
- Multidimension Tools
- Network Analyst Tools
- Parcel Fabric Tools

650779,595 7677051,686 Meters

File Edit Data Autocorrelation Interpolate Map Window Help



Base Input File

Data Title / Description

Data Records

	1	2	3	4	5
	ID	X Coord	Y Coord	Z	
1	1,00	496467,450054	7714024,17046	4,60	
2	2,00	463107,135749	7741611,67346	5,10	
3	3,00	450519,069692	7717487,49007	5,20	
4	4,00	520106,068386	7739742,90353	4,90	
5	5,00	545403,720837	7785725,60451	4,10	
6	6,00	504193,564550	7707909,54126	4,80	
7	7,00	555445,825308	7801752,25109	4,50	
8	8,00	473994,811517	7730023,87857	4,70	

Y Isotropic Variogram Model

Variogram	Nugget	Structural Variance
Model Type	Variance (Co)	Sill (Co+C)
Gaussian	0,029000	0,347000
		175629,9518

This Fit

Residual SS: 3,474E-03

r2: 0,504

Proportion (C/[Co+C]): 0,916

Model: Gaussian

AutoFit

3,474E-03

0,504

0,916

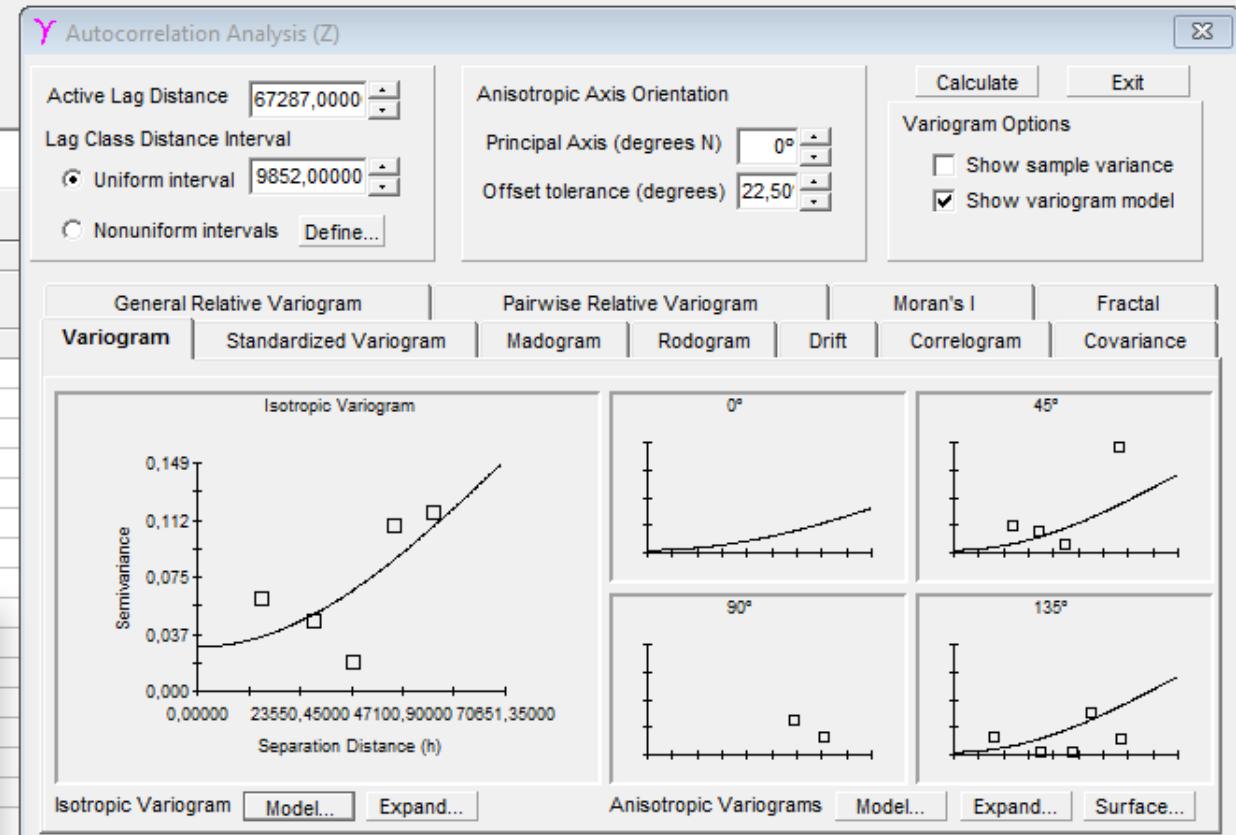
Gaussian

Autofit

Print

Cancel

OK



Import file... | Print | Rebuild | Exit
Filter.... | Copy | Clear

16 17 18 19

Untitled - ArcMap

File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessing Customize Windows Help

1:110.787 Editor Drawing Arial 10 B I U A

Table Of Contents

Layers

- ETo_Média
- AreaMascara2UTM22

Geostatistical Analyst Drawing Catalog

Geostatistical wizard - Kriging step 3 of 5 - Semivariogram/Covariance Modeling

Semivariogram

$\gamma \cdot 10^1$

Model : $0.051429 * \text{Nugget} + 0 * \text{Gaussian}(165160)$

Distance (Meter), $h \cdot 10^{-5}$

Model Nugget: 0,05142857

Measurement Error: 100 %

Model #1:

- Type: Gaussian
- Major Range: 165156
- Anisotropy: False
- Calculate Partial Sill: True
- Partial Sill: 0

Model #2

Model #3

Lag

- Lag Size: 13763
- Number of Lags: 12

Type: Gaussian

The selected model influences the prediction of the unknown values, particularly when the shape of the curve near the ...

< Back Next > Finish Cancel

Catalog

Location: ETo_Média.shp

- Esquemadaarea2.mxd
- estacao2.shp
- estacoesz1.shp
- estacoesZ4.shp
- estacoeszona2.shp
- ETo_estaçõesdoano.shp
- ETo_Média.shp
- ETo_Media_Mensal_CoKriga
- ETo_Mensal.shp
- ETo_MensalMedua.shp
- Intersect.mxd

ArcToolbox

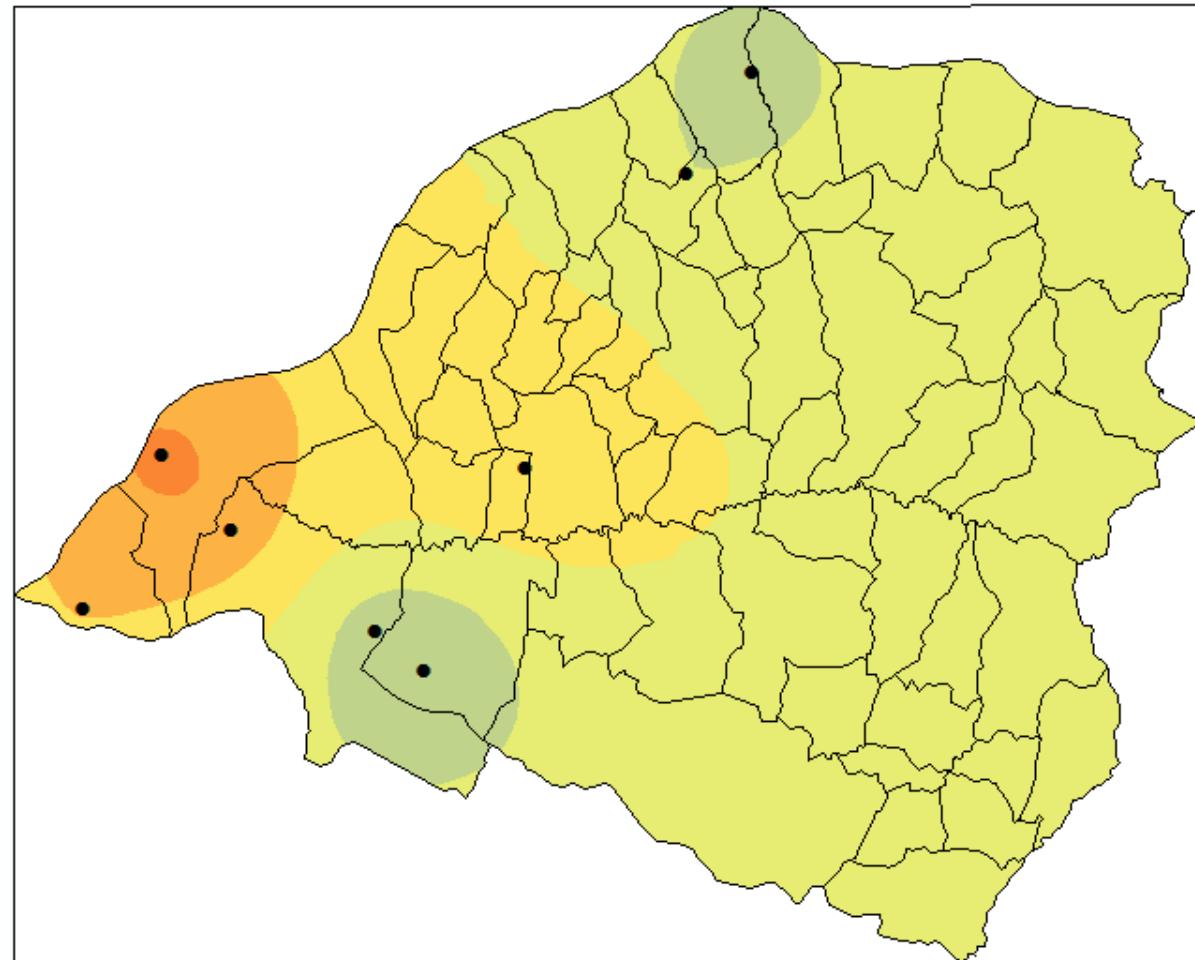
- 3D Analyst Tools
- Analysis Tools
- Cartography Tools
- Conversion Tools
- Data Interoperability Tools
- Data Management Tools
- Editing Tools
- Geocoding Tools
- Geostatistical Analyst Tools
- Linear Referencing Tools
- Multidimension Tools
- Network Analyst Tools
- Parcel Fabric Tools

650779,595 7677051,686 Meters



Table Of Contents

- Layers
 - ETo_Média
 - Background
 - AreaMascara2UTM22
 - Kriging
 - Prediction Map [ETo_Média].[média]
 - Filled Contours
 - 3,7 – 3,76
 - 3,76 – 3,82
 - 3,82 – 3,88
 - 3,88 – 3,94
 - 3,94 – 4
 - 4 – 4,06
 - 4,06 – 4,12
 - 4,12 – 4,18
 - 4,18 – 4,24
 - 4,24 – 4,3



Catalog

- Location: Background.shp
- AreaMascara2UTM22.shp
 - AreaMascara2UTM22_merge
 - ÁreaTeste.shp
 - Background.shp
 - Chuva_periodo.shp
 - Esquemadaarea.mxd
 - Esquemadaarea2.mxd
 - estacao2.shp
 - estacoes1.shp
 - estacoesZ4.shp
 - estacoeszona2.shp

Catalog Search

ArcToolbox

- ArcToolbox
- 3D Analyst Tools
- Analysis Tools
- Cartography Tools
- Conversion Tools
- Data Interoperability Tools
- Data Management Tools
- Editing Tools
- Geocoding Tools
- Geostatistical Analyst Tools
- Linear Referencing Tools
- Multidimension Tools
- Network Analyst Tools
- Parcel Fabric Tools

639611,534 7684986,887 Meters



A partir da análise do balanço hídrico e com os 12 mapas mensais da distribuição espacial da ETo, foi possível determinar 4 zonas homogêneas.



VALIDAÇÃO DAS ZONAS HOMOGENEAS

1. Coeficiente de correlação de Pearson

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2) \cdot (\sum(y_i - \bar{y})^2)}}$$

3. Raiz do erro médio quadrático

$$\text{REMQ} = \sqrt{\frac{\sum(O_i - E_i)^2}{J}}$$

2. Coeficiente de determinação

$$R^2 = \frac{(\sum(x_i - \bar{x}) \cdot y_i)^2}{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2}$$

4. Índice de concordância

$$d = 1 - \frac{\sum(O_i - E_i)^2}{\sum(|O_i - \bar{O}| + |E_i - \bar{O}|)^2}$$



Por fim foram realizadas simulações de custos de energia, considerando diferentes cenários.

Tabela 7 - Especificações dos pivôs utilizados para simulação com custos de energia.

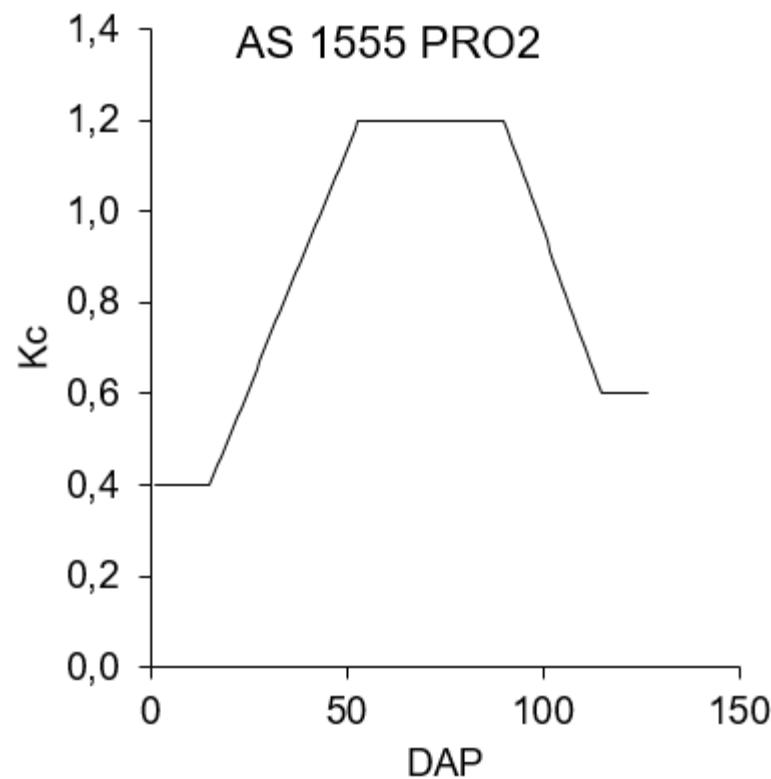
Pivô	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Área irrigada (ha)	Potência (kW)	Lâmina 100% (mm)	Giro 100% (h)	Capacidade (mm dia ⁻¹)
P1	20,6833	50,6833	145	362	4,3	12,9	7,0
P2	20,3167	51,0167	93	163	5,4	12,5	9,0
P3	20,0333	50,9167	98	71	4,5	10,6	9,0

Tabela 8 - Especificações das culturas selecionadas para análise de custo energético.

Pivô	Cultura	Cultivar	Datas			Ciclo (dias)
			Plantio	Florescimento	Colheita	
P1	Milho	STATUS Viptera	25/04/2016	25/06/2016	21/10/2016	179
P2	Milho	AS 1555 PRO2	25/03/2016	17/05/2016	30/07/2016	127
P3	Milho	AS 1555 PRO2	25/03/2016	17/05/2016	30/07/2016	127

Figura 9 - Coeficiente de cultura (Kc) para as cultivares de milho AS 1555 PRO2 (A) e Status VIPTERA (B). Adaptado de Allen et al. (1998).

A.



B.

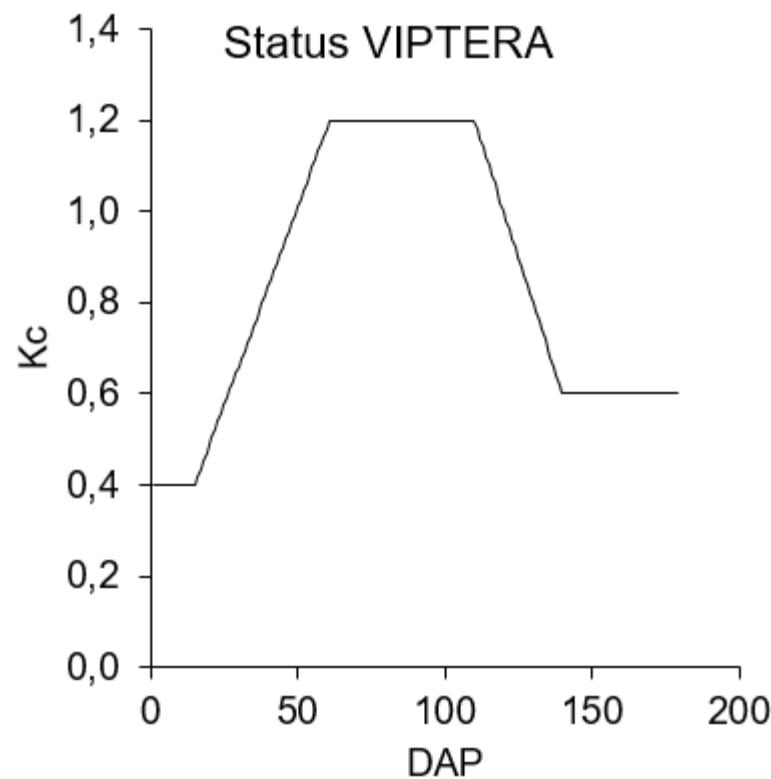


Tabela 9 - Tarifas energéticas praticadas pela concessionária de energia.

Tarifa de energia (TE)	Consumo fora ponta (kWh)	Consumo reservado fora ponta (kWh)	Demandada contratada (kW)
Valor (R\$)	0,20416	0,06125	10,24200



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 10 - Balanço hídrico climatológico para o período de 2012 a 2015 utilizando os dados da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

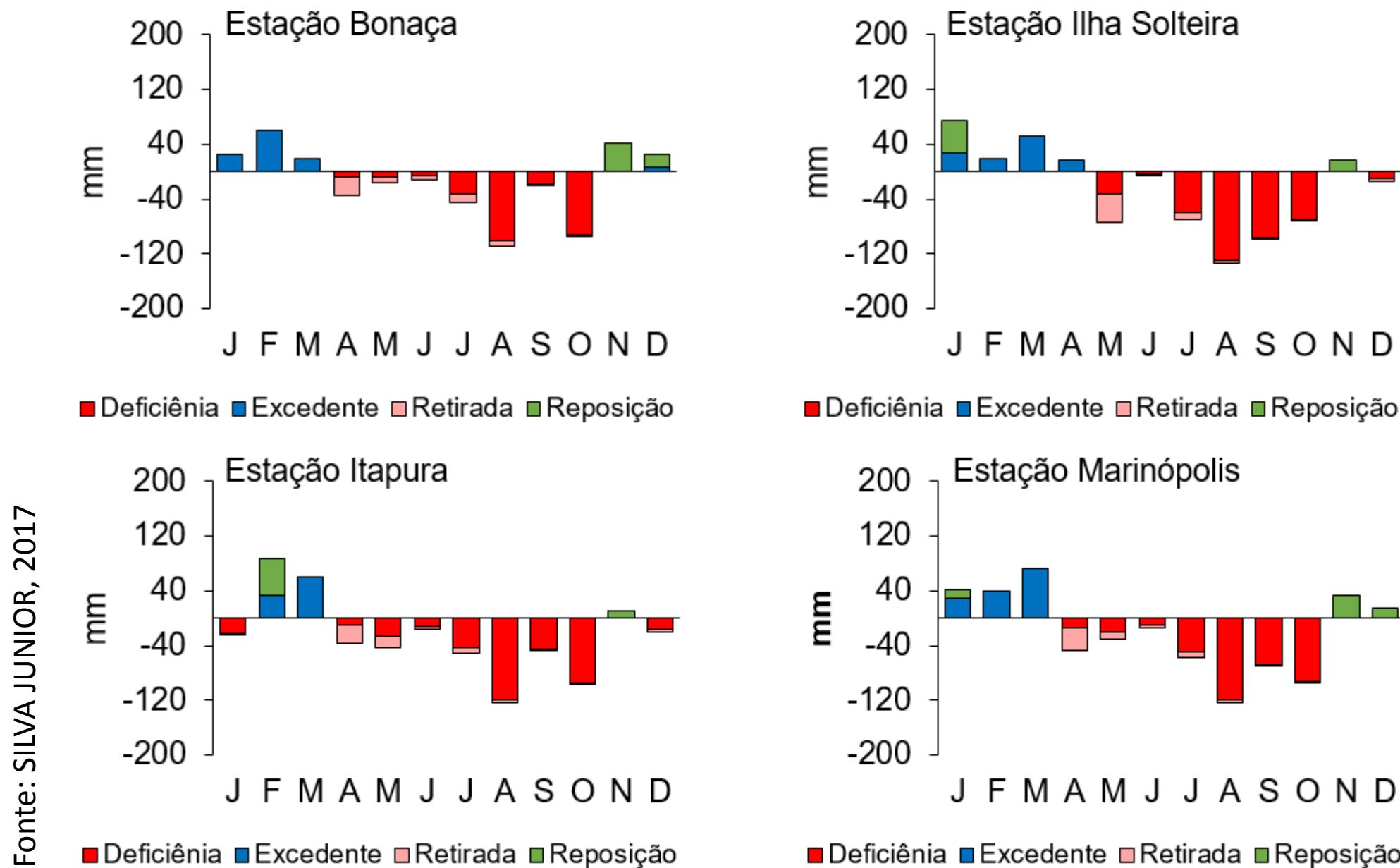


Figura 10 - Balanço hídrico climatológico para o período de 2012 a 2015 utilizando os dados da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

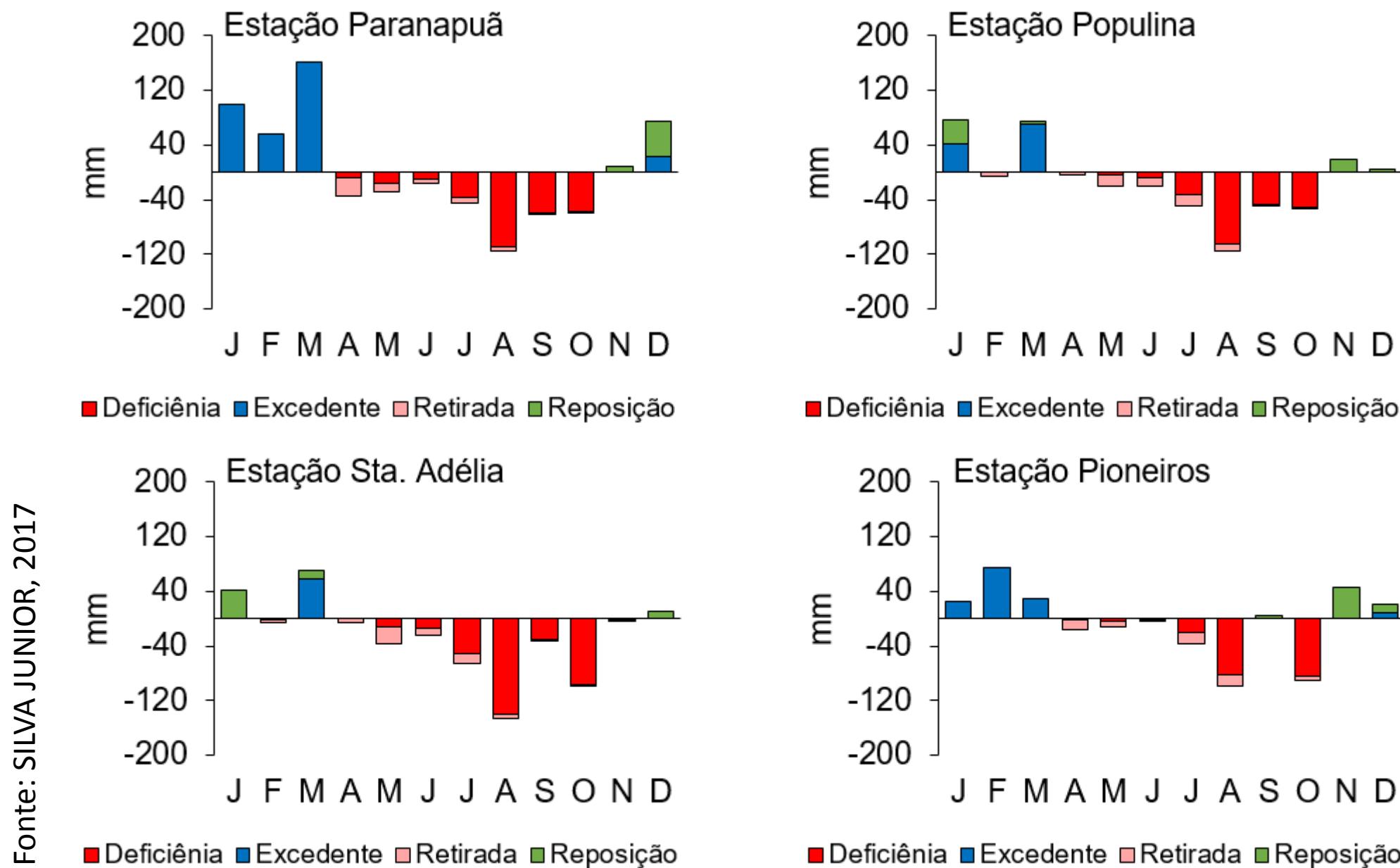


Figura 11 - Análise descritiva das médias mensais para precipitação e evapotranspiração de referência registradas na Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

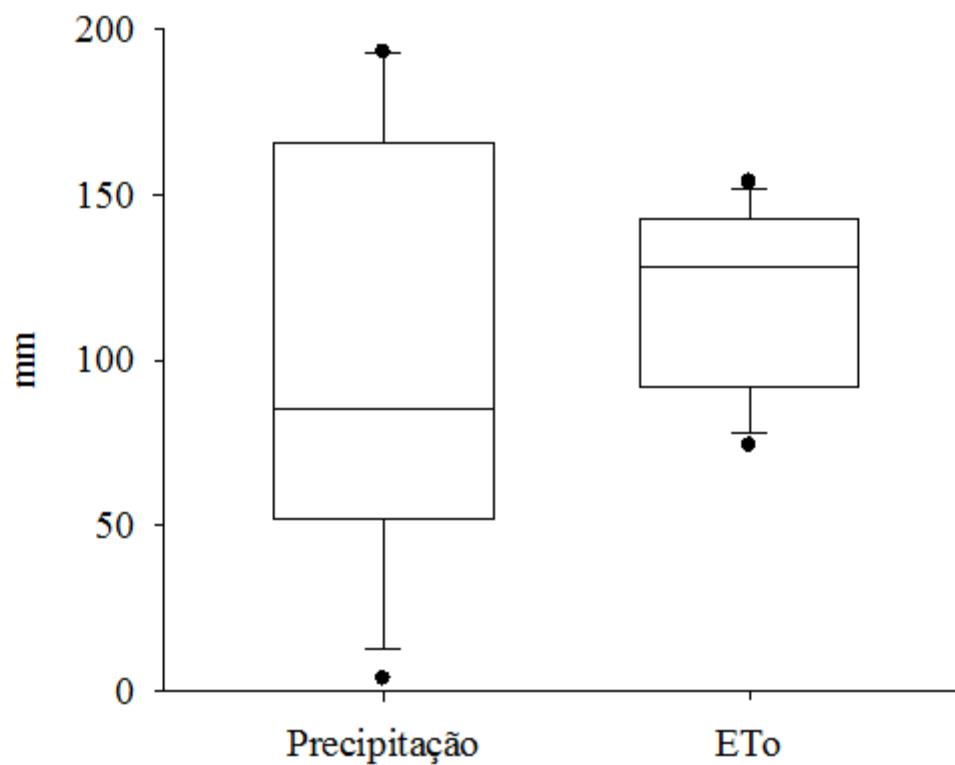
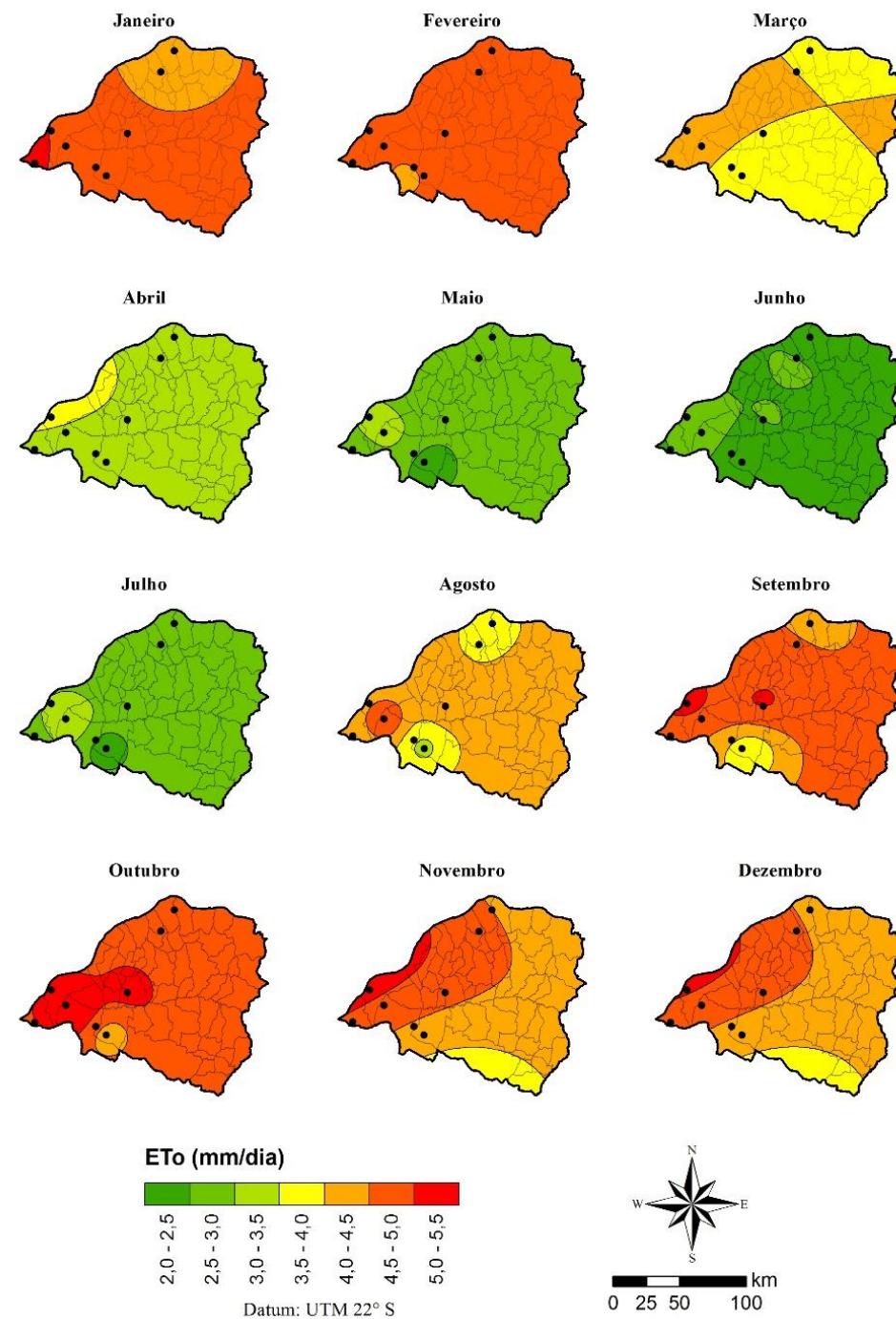


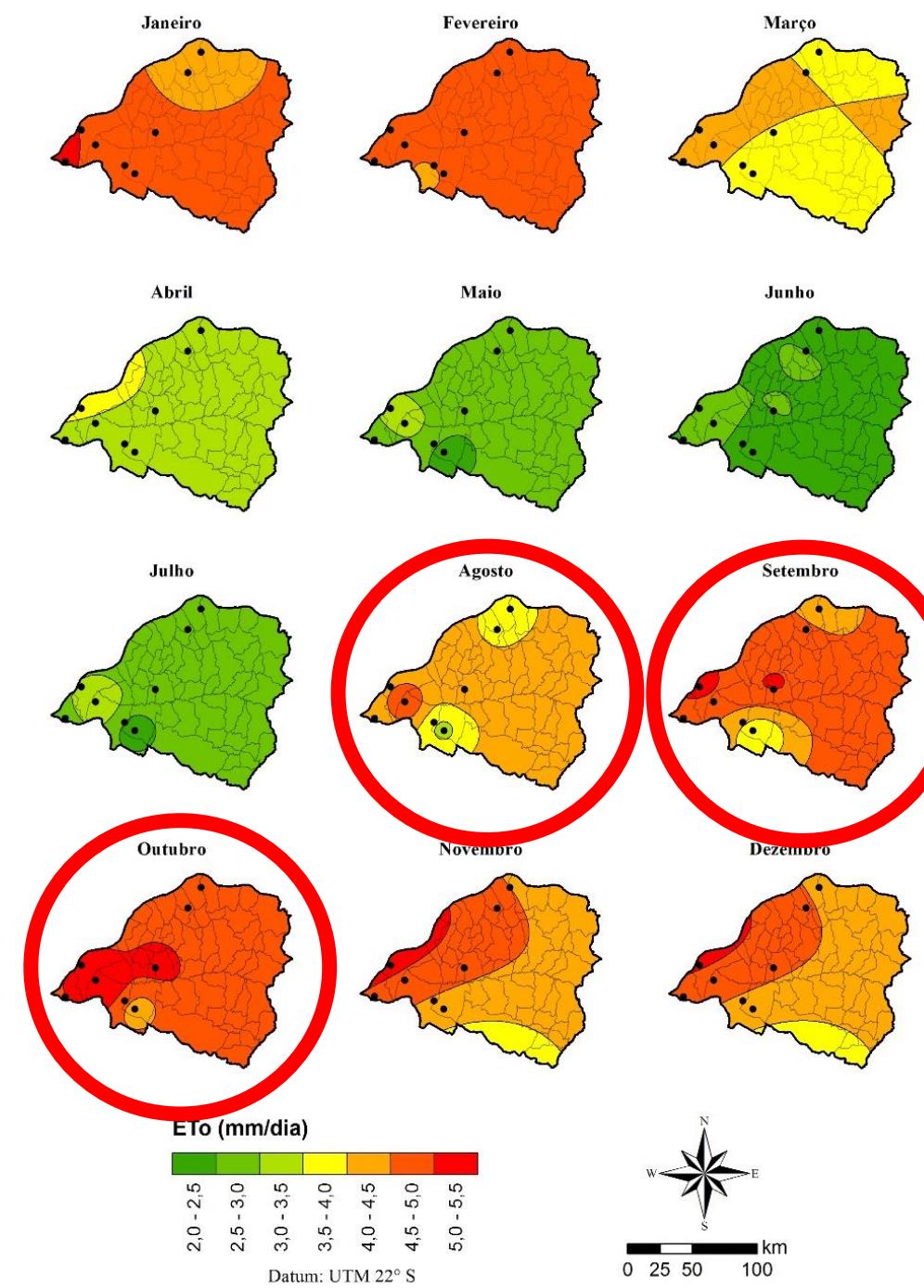
Tabela 11 - Critérios de ajuste (SQres e R²), tipo de modelo e parâmetros de semivariogramas experimentais para interpolação de dados da ETo por krigagem ordinária.

Meses	SQ _{res}	R ²	Modelo	Parâmetros		
				Co	C + Co	A
Janeiro	3,47 10 ⁻³	0,50	Gaussiano	0,0290	0,3470	175.629,952
Fevereiro	8,09 10 ⁻⁴	0,62	Gaussiano	0,0104	0,0745	67.896,392
Março	8,62 10 ⁻⁴	0,63	Gaussiano	0,0215	0,2430	181.865,335
Abril	6,82 10 ⁻⁵	0,65	Gaussiano	0,0129	0,0567	141.162,141
Maio	5,66 10 ⁻³	0,54	Gaussiano	0,0001	0,1132	41.742,424
Junho	4,83 10 ⁻³	0,49	Gaussiano	0,0001	0,0872	31.869,734
Julho	0,54 10 ⁻¹	0,29	Gaussiano	0,0001	0,2112	32.389,350
Agosto	1,25 10 ⁻¹	0,34	Gaussiano	0,0010	0,3460	31.523,325
Setembro	1,10 10 ⁻¹	0,45	Gaussiano	0,0010	0,4130	45.552,936
Outubro	0,45 10 ⁻¹	0,21	Gaussiano	0,0001	0,1672	34.467,811
Novembro	0,53 10 ⁻¹	0,37	Gaussiano	0,0620	1,1590	189.313,153
Dezembro	0,78 10 ⁻¹	0,24	Gaussiano	0,1150	1,0160	180.999,309

SQ_{res} - soma de quadrados do resíduo; R² - coeficiente de regressão; Co - efeito pepita; C + Co - distância entre o efeito pepita e o patamar e A - alcance.

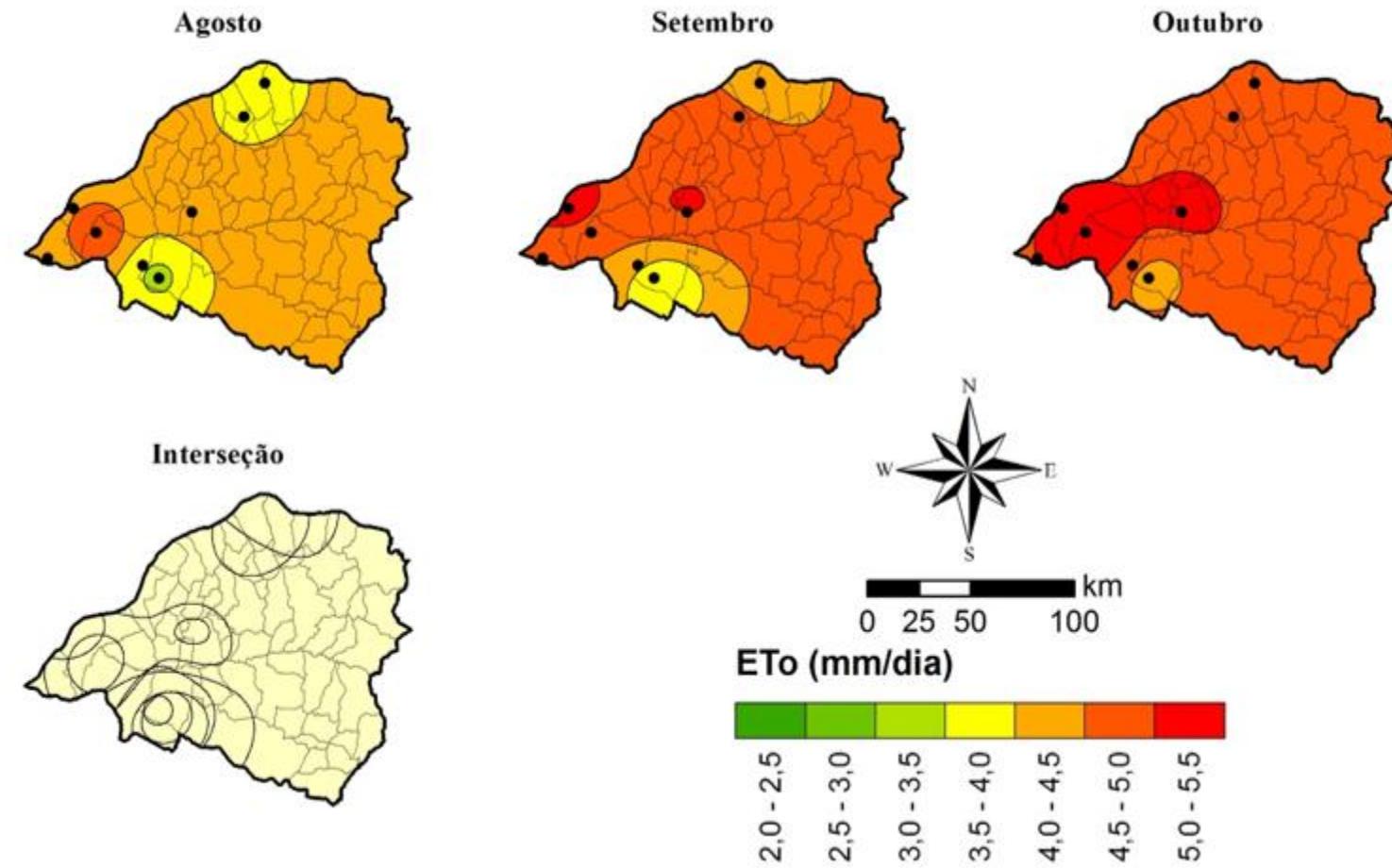


Fonte: SILVA JUNIOR, 2017

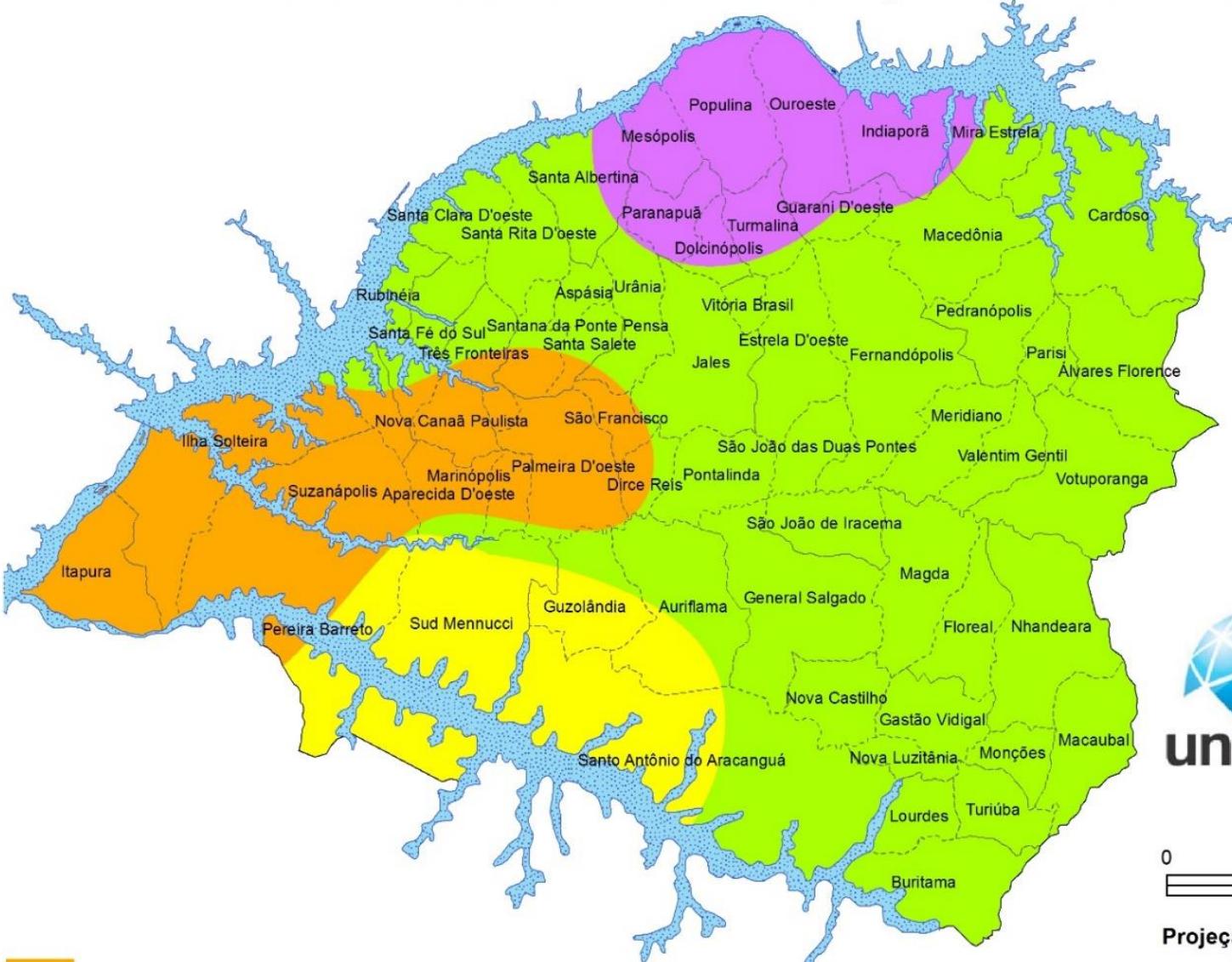


Fonte: SILVA JUNIOR, 2017

Figura 13 - Interseção dos mapas para os meses mais críticos para o manejo da irrigação.



ZONAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETo)



ESCALA 1:950.000

0 40 80 km

Projeção UTM (Universal Transversa de Marcator)
Referência horizontal: SIRGAS 2000
Fuso: -22°

Autores:
Josué Ferreira Silva Junior
Fernando Braz Tangerino Hernandez
2016

Fonte: SILVA JUNIOR, 2017

- Zona homogênea 1
- Zona homogênea 2
- Zona homogênea 3
- Zona homogênea 4

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Z1	4,9	4,8	4,1	3,5	2,9	2,6	3,1	4,4	4,9	5,1	4,9	4,8
Z2	4,8	4,5	3,9	3,3	2,5	2,2	2,4	3,5	3,9	4,5	4,4	4,3
Z3	4,4	4,6	4,0	3,4	2,8	2,5	2,8	3,9	4,5	4,9	4,6	4,5
Z4	4,5	4,8	4,0	3,5	2,8	2,3	2,8	4,3	4,8	4,8	4,5	4,5

Tabela 12 - Validação das zonas a partir dos dados observados e preditos por krigagem ordinária, ajustado para o modelo gaussiano do semivariograma.

Meses	r	R ²	d	REMQ
Janeiro	0,82	0,67	0,86	0,20
Fevereiro	0,81	0,66	0,87	0,11
Março	0,69	0,48	0,70	0,14
Abril	0,51	0,26	0,68	0,12
Maio	0,84	0,71	0,89	0,14
Junho	0,84	0,71	0,90	0,13
Julho	0,86	0,74	0,91	0,18
Agosto	0,88	0,77	0,93	0,22
Setembro	0,89	0,79	0,91	0,29
Outubro	0,88	0,77	0,93	0,15
Novembro	0,79	0,62	0,81	0,24
Dezembro	0,77	0,59	0,76	0,30

Figura 15 - Localização do pivô central (P1) e das Estações Bonança (1), Ilha Solteira (2) e Marinópolis (4), utilizadas para simulação na Zona Homogênea 2.

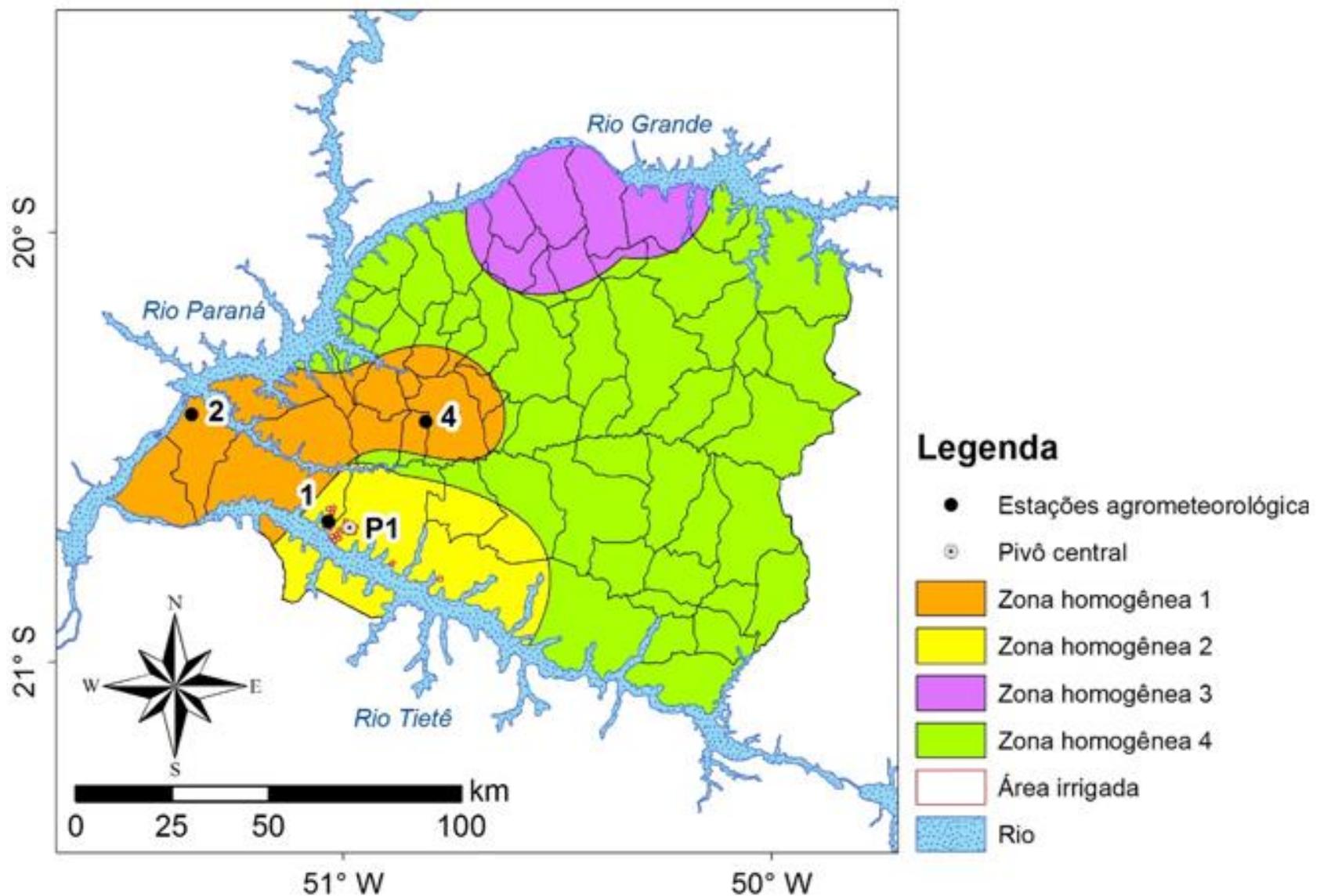


Figura 16 - Comportamento da evapotranspiração de referência (ETo) para as Estações Bonança, Ilha Solteira, Marinópolis e ETo estimada para Zona Homogênea 2 (Zona Homogênea 2), durante o ciclo da cultura do milho.

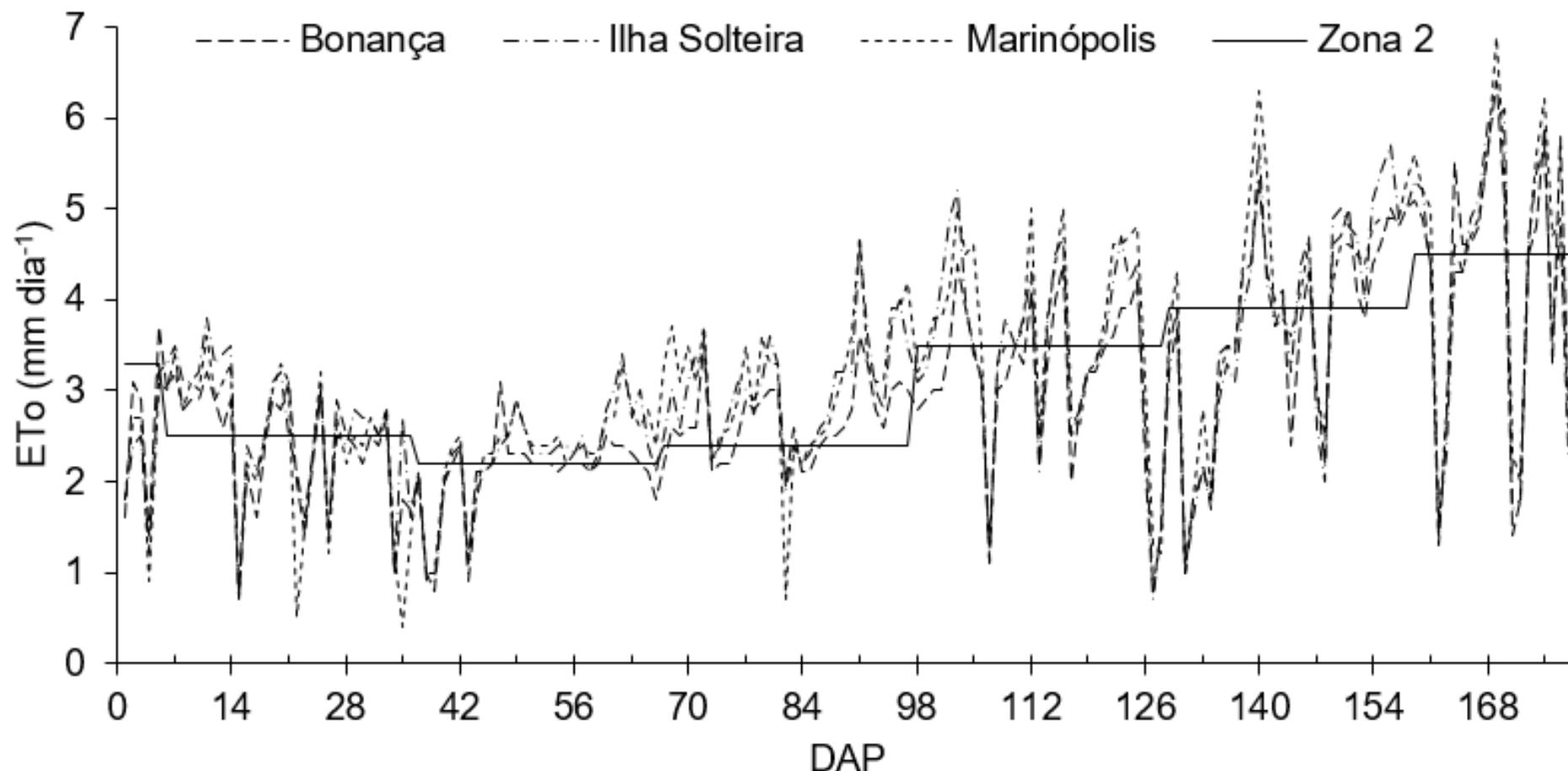


Tabela 13 - Evapotranspiração da cultura (ETc) nos diferentes estádios fenológicos da cultura do milho híbrido, calculados a partir de diferentes fontes de dados da evapotranspiração de referência, Zona Homogênea 2.

Cenários	Estádios fenológicos				
	I	II	III	IV	V
Bonança	16,0	77,3	164,3	84,3	97,9
Ilha Solteira	16,8	81,1	187,7	87,1	100,4
Marinópolis	16,0	79,4	191,5	94,5	102,6
Zona Homogênea 2	16,6	82,9	159,7	96,9	98,8
Média	16,4	80,2	175,8	90,7	99,9
Desvio padrão	0,4	2,4	16,1	6,0	2,1
Coeficiente de variação (%)	2,4	3,0	9,2	6,6	2,1

Figura 17 - Comportamento da evapotranspiração da cultura (ETc), em diferentes estádios fenológicos do milho (I - inicial; II - vegetativo; III - florescimento; IV - enchimento de grãos e V - maturação), Zona Homogênea 2.

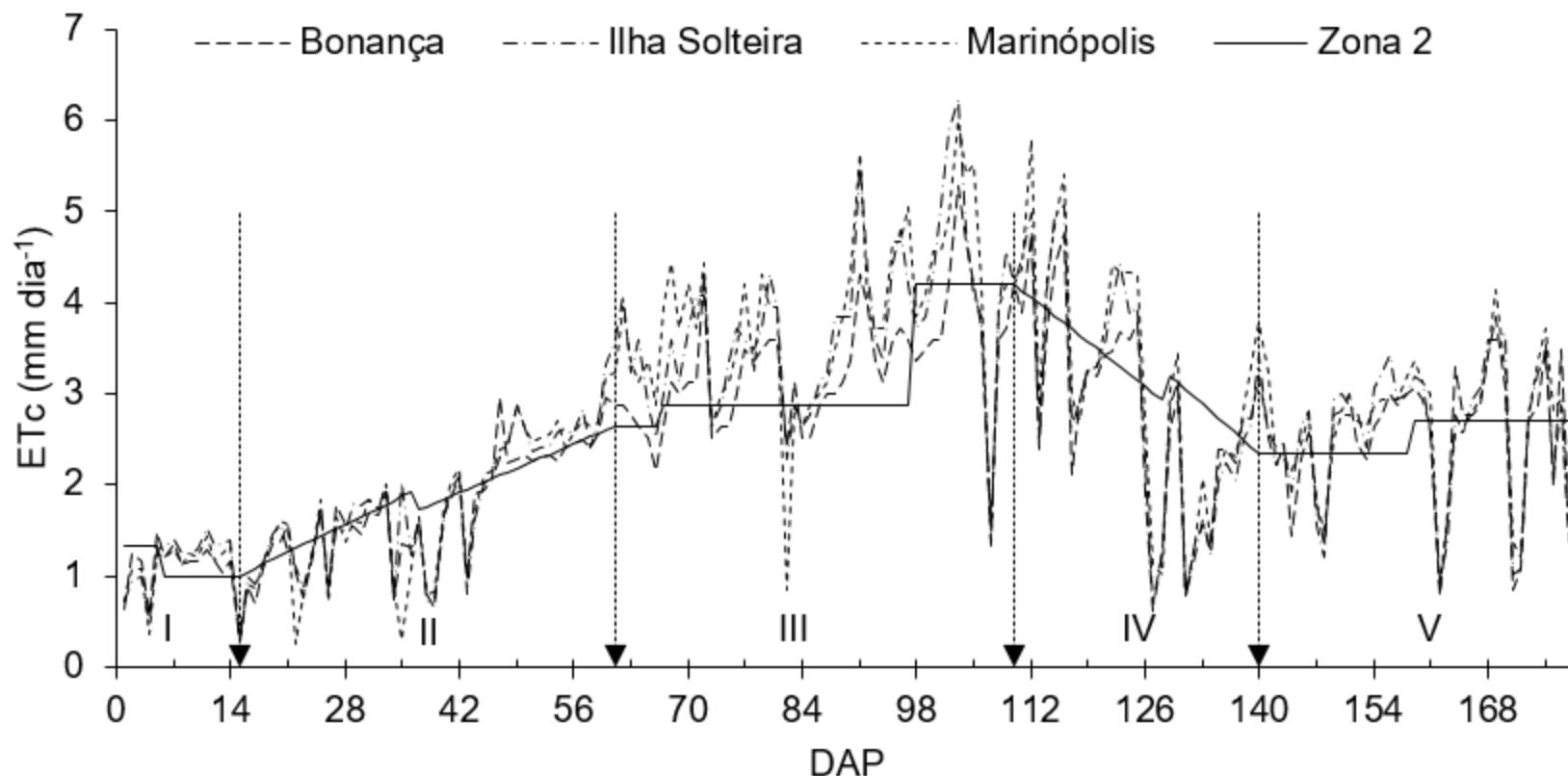


Tabela 14 - Simulação de custos com energia para irrigação integral no ciclo de milho em diferentes cenários

Estações	Distância	Custos	Custo Zona Homogênea 2	Δ (R\$)	R\$ ha ⁻¹
Ilha Solteira	48 km	R\$ 75.736,18		-R\$ 2.048,94	-R\$ 14,13
Marinópolis	33 km	R\$ 76.974,30	R\$ 73.687,24	-R\$ 3.287,06	-R\$ 22,67
Bonança	5 km	R\$ 71.968,64		R\$ 1.718,60	R\$ 11,85

Figura 18 - Localização do pivô central (P2) e das Estações Ilha Solteira (2), Marinópolis (4) e Santa Adélia (8), utilizadas para simulação na Zona Homogênea 1.

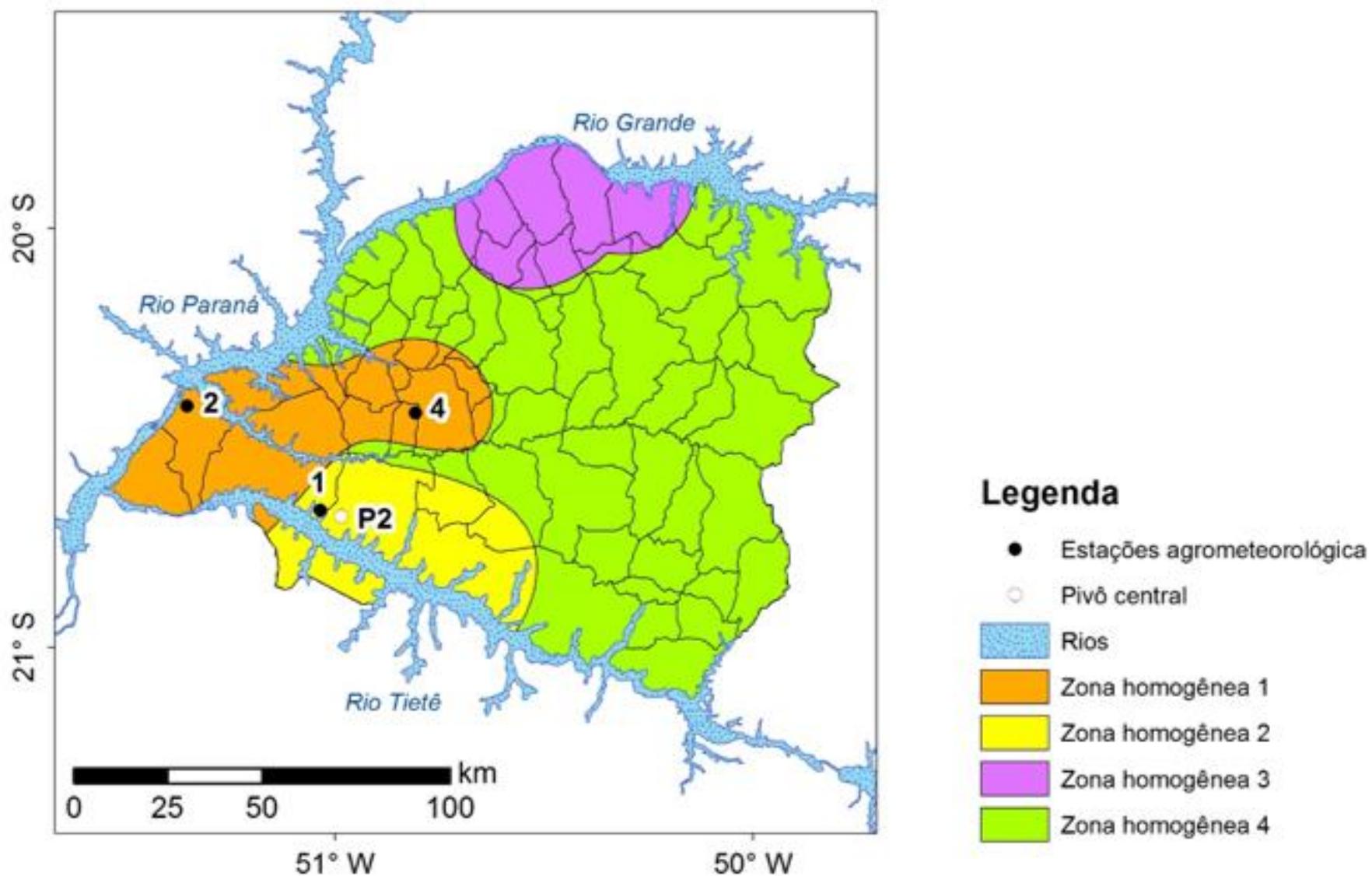


Figura 19 - Comportamento da evapotranspiração de referência (ETo) para as Estações Ilha Solteira, Marinópolis, Santa Adélia e ETo estimada para Zona Homogênea 1, durante o ciclo da cultura do milho.

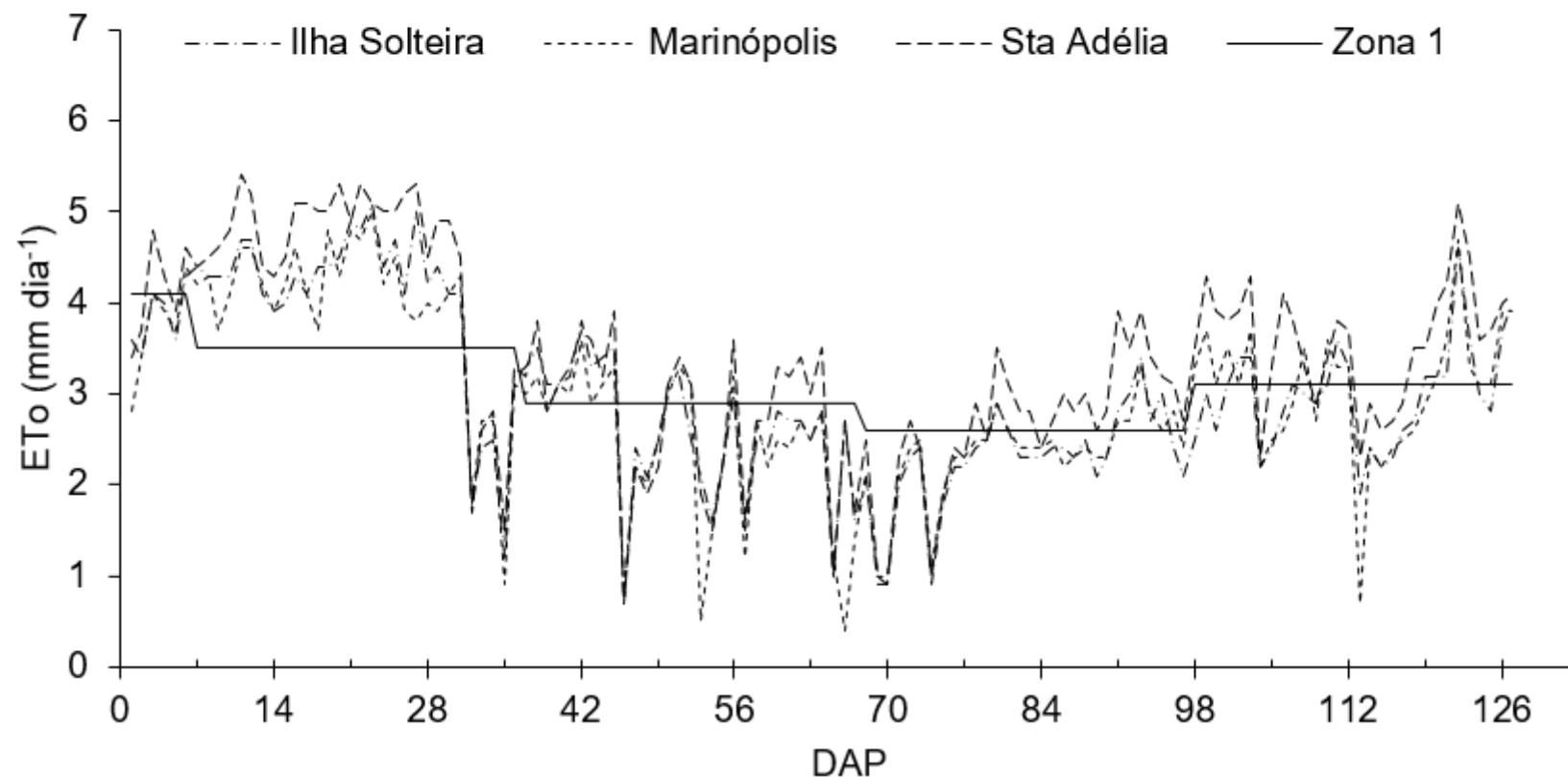


Tabela 15 - Evapotranspiração da cultura (ETc) nos diferentes estádios fenológicos da cultura do milho híbrido, calculados a partir de diferentes fontes de dados da evapotranspiração de referência, Zona Homogênea 1.

Cenários	Estádios fenológicos				
	I	II	III	IV	V
Ilha Solteira	24,7	100,0	97,3	62,6	23,3
Marinópolis	24,0	94,8	95,3	64,2	23,5
Santa Adélia	26,7	105,8	111,0	77,0	27,5
Zona Homogênea 1	22,4	97,3	120,5	65,0	22,3
Média	24,5	99,5	106,0	67,2	24,2
Desvio padrão	1,8	4,8	11,9	6,6	2,3
Coeficiente de variação (%)	7,3	4,8	11,2	9,8	9,5

Figura 20 - Comportamento da evapotranspiração da cultura (ET_c), em diferentes estádios fenológicos do milho (I - inicial; II - vegetativo; III - florescimento; IV - enchimento de grãos e V - maturação), Zona Homogênea 1.

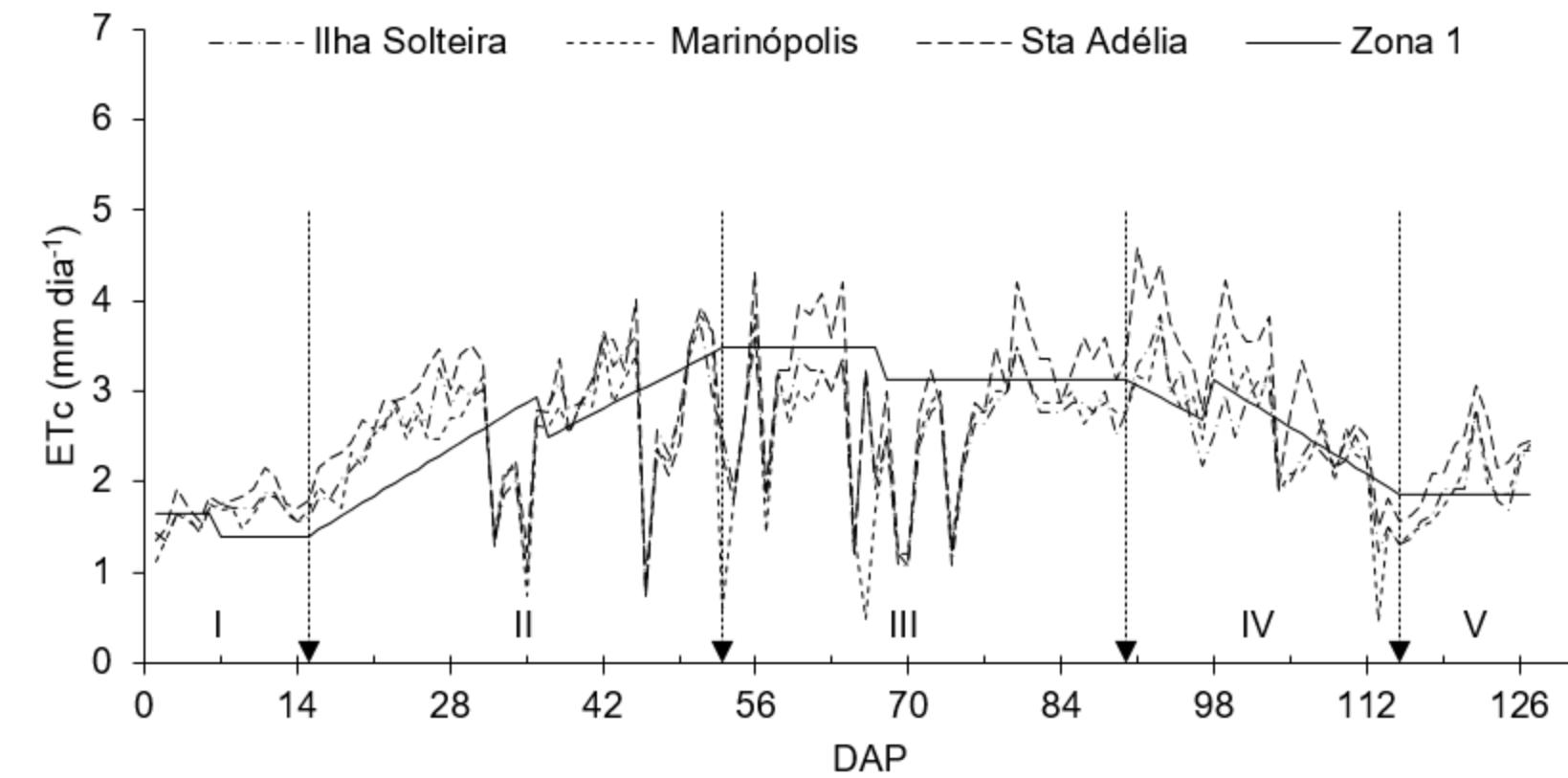


Tabela 16 - Simulação de custos com energia para irrigação integral no ciclo de milho em diferentes cenários, Zona Homogênea 1

Estações	Distância	Custos	Custo Zona Homogênea 1	Δ (R\$)	R\$ ha ⁻¹
Ilha Solteira	36 km	R\$ 20.592,58		R\$ 775,74	R\$ 8,32
Marinópolis	27 km	R\$ 20.348,06	R\$ 21.368,32	R\$ 1.020,27	R\$ 10,94
Santa Adélia	32 km	R\$ 22.184,27		-R\$ 815,95	-R\$ 8,75

Figura 21 - Localização do pivô central (P3) e das Estações Marinópolis (4) e Paranapuã (5), utilizadas para simulação da Zona Homogênea 4.

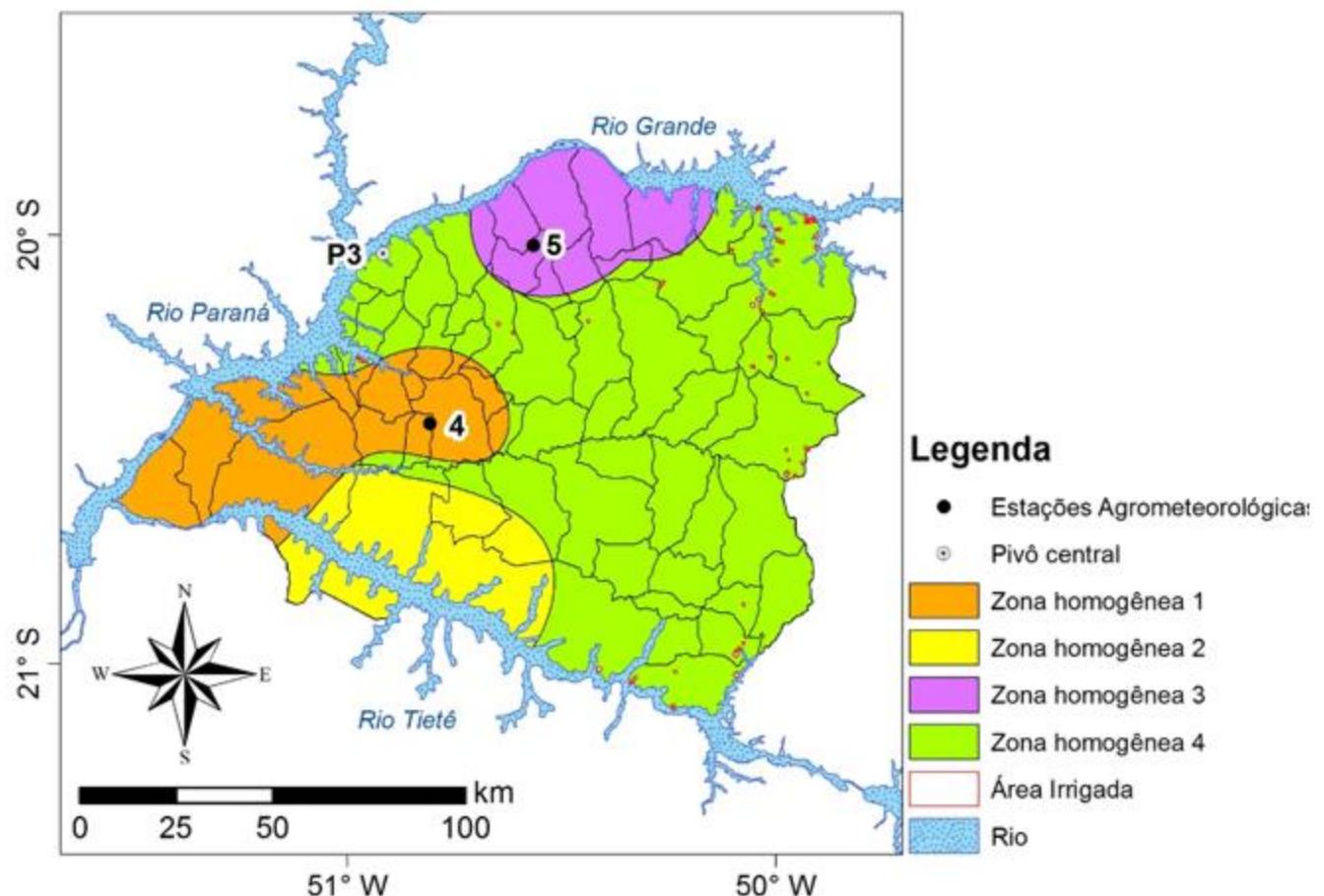


Figura 22 - Comportamento da evapotranspiração de referência (ETo) para as Estações Marinópolis, Paranápuã e ETo estimada para Zona Homogênea 4, durante o ciclo da cultura do milho.

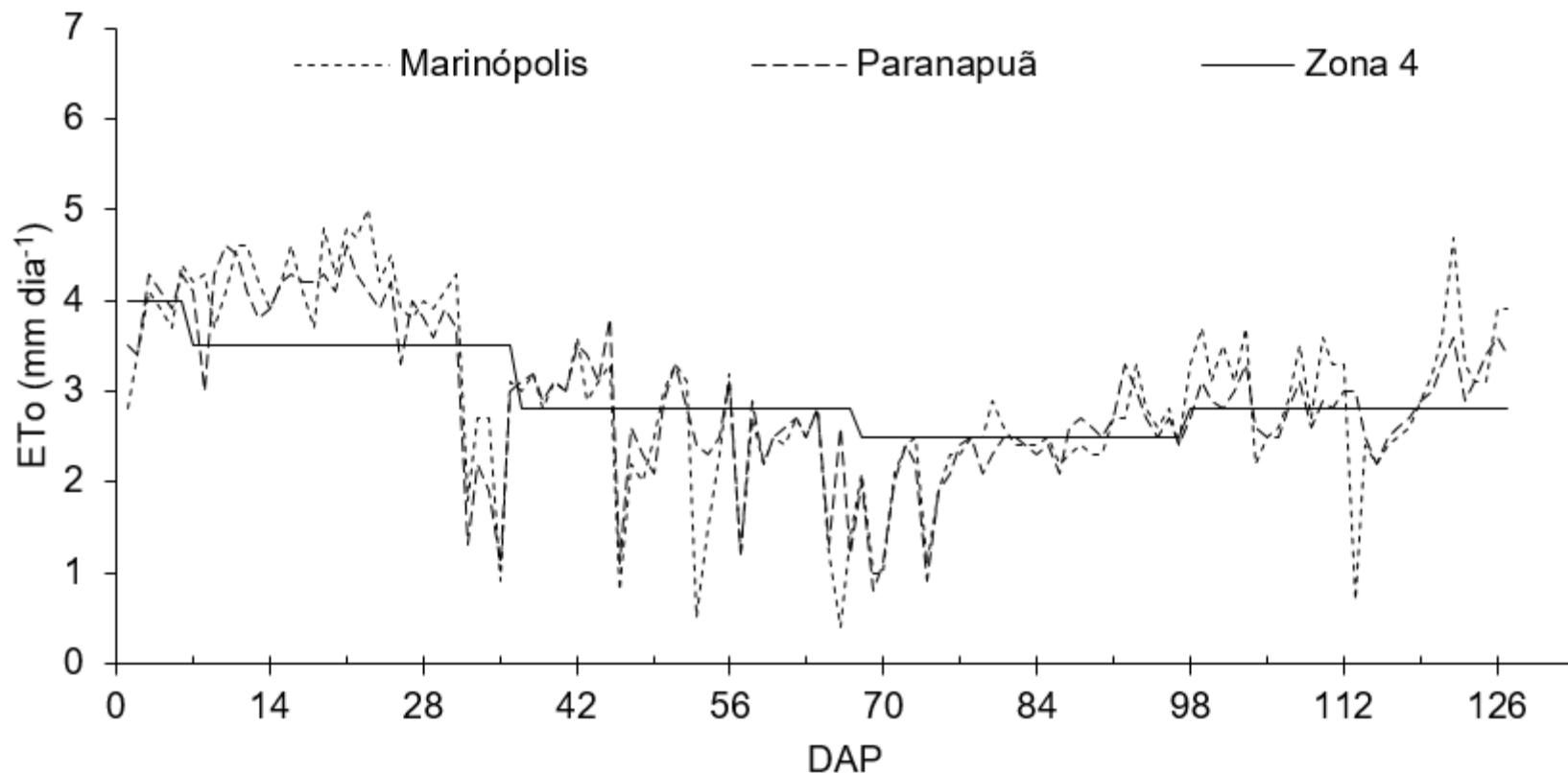


Tabela 17 - Evapotranspiração da cultura (ETc) nos diferentes estádios fenológicos da cultura do milho híbrido, calculados a partir de diferentes fontes de dados da evapotranspiração de referência, Zona Homogênea 4.

Cenários	Estádios fenológicos				
	I	II	III	IV	V
Marinópolis	24,0	94,8	95,3	64,2	23,5
Paranapuã	26,7	105,8	111,0	77,0	27,5
Zona Homogênea 4	22,2	95,5	116,0	59,8	20,2
Média	24,3	98,7	107,4	67,0	23,7
Desvio padrão	2,3	6,2	10,8	8,9	3,6
Coeficiente de variação (%)	9,3	6,3	10,1	13,3	15,4

Figura 23 - Comportamento da evapotranspiração da cultura (ETc), em diferentes estádios fenológicos do milho (I - inicial; II - vegetativo; III - florescimento; IV - enchimento de grãos e V - maturação), Zona Homogênea 4 (Zona 4).

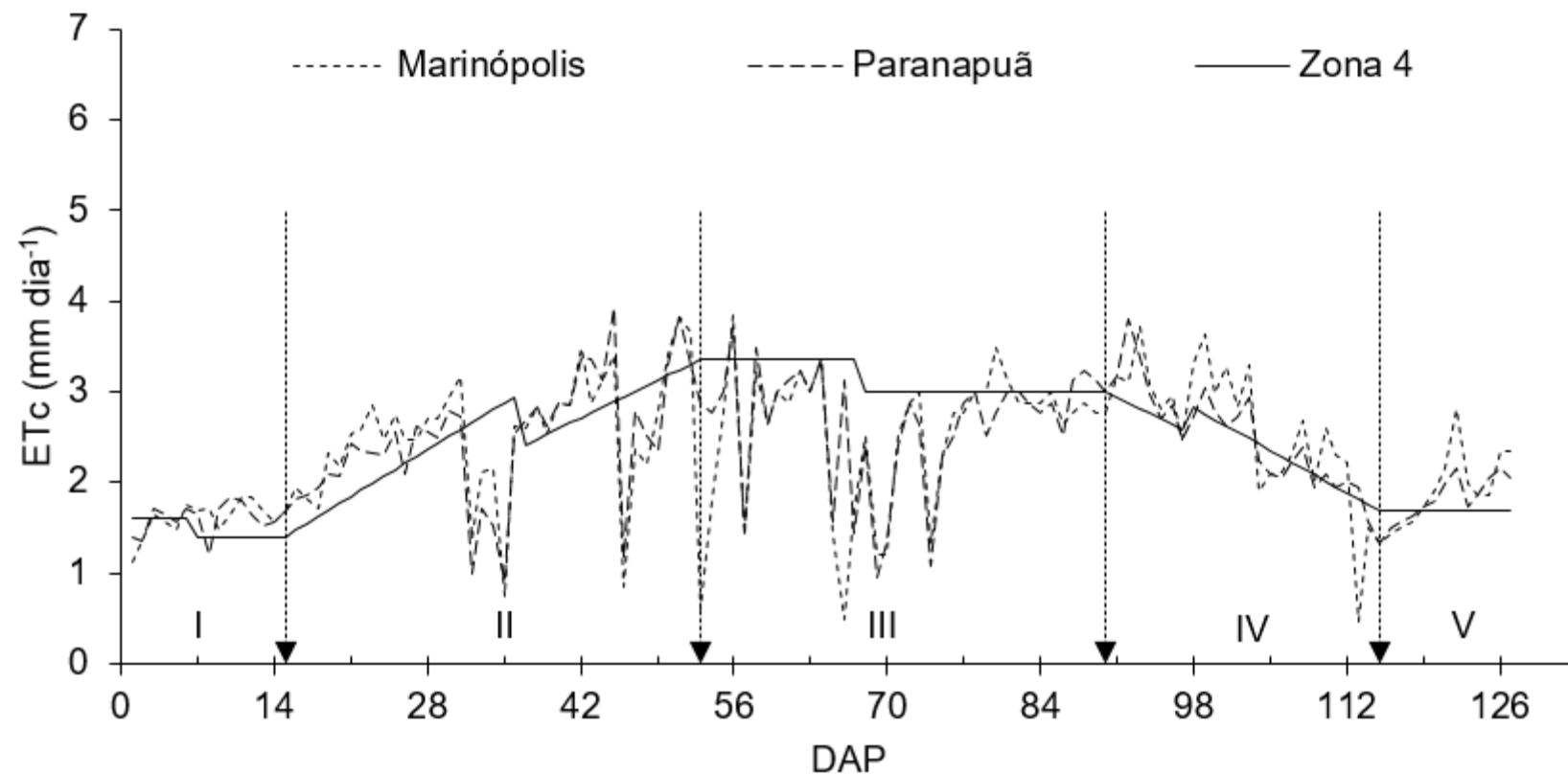


Tabela 18 - Simulação de custos com energia para irrigação integral no ciclo de milho em diferentes cenários, Zona Homogênea 4

Estações	Distância	Custos	Custo Zona Homogênea 4	Δ (R\$)	R\$ ha ⁻¹
Marinópolis	45 km	R\$ 12.280,39		R\$ 288,43	R\$ 4,07
Paranapuã	36 km	R\$ 12.253,38	R\$ 12.568,83	R\$ 315,45	R\$ 4,46

Tabela 19 - Variações observadas entre os valores da evapotranspiração de referência (ET₀) e evapotranspiração da cultura (ET_c) obtidos pela estimativa das Zonas Homogêneas em relação aos dados da Estação mais próxima a área irrigada.

Comparações	Variações	
	ET ₀	ET _c
Zona Homogênea 2 vs. Bonança	-1,8% (-10,1 mm)	-4,0% (-18,1 mm)
Zona Homogênea 1 vs. Marinópolis	3,8% (14,9 mm)	7,8% (25,7 mm)
Zona Homogênea 4 vs. Paranápuã	1,0% (3,9 mm)	3,8% (13,1 mm)

Figura 24 - Perfil do agronegócio regional, com base no valor de produção agropecuária (VPA), em função da área irrigada.

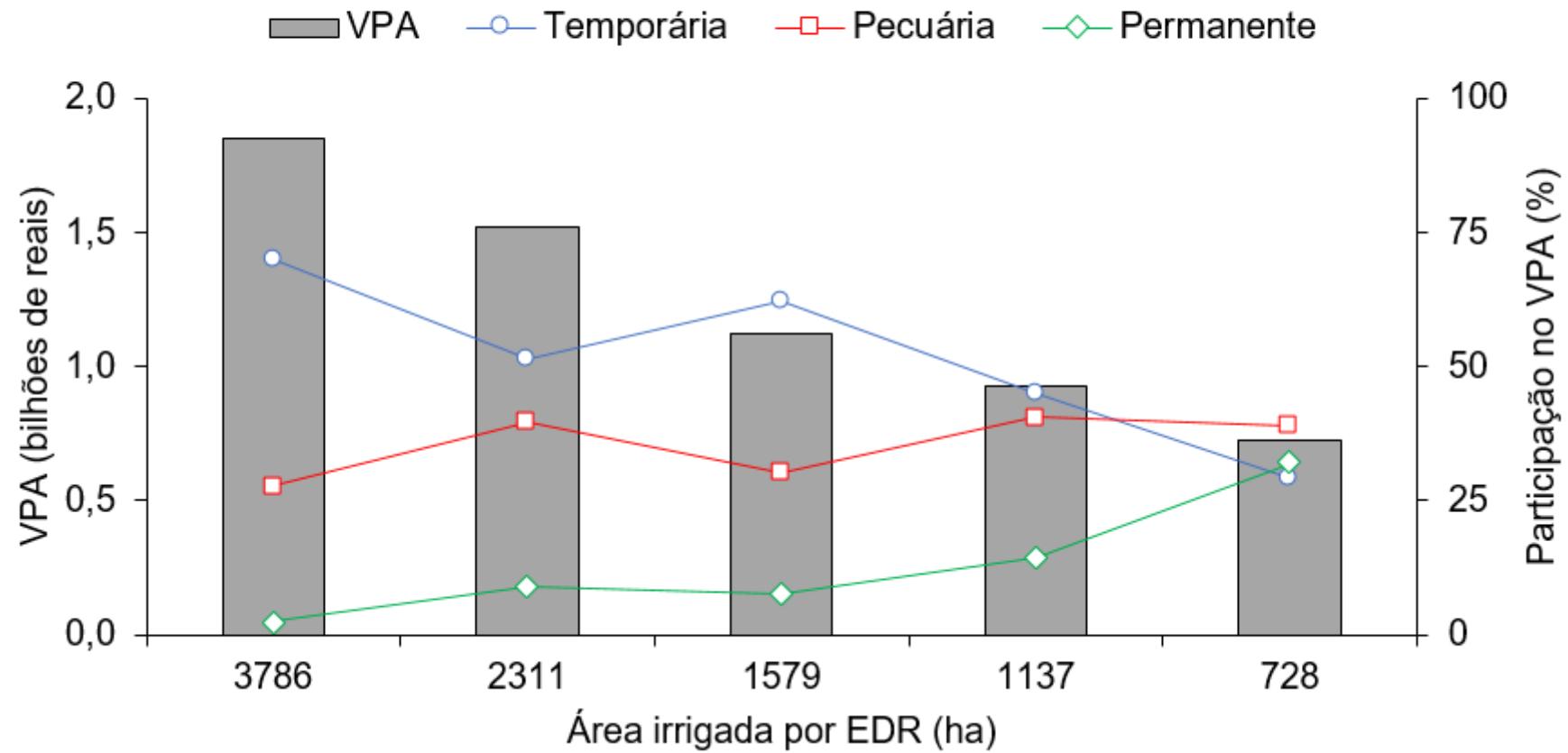


Figura 25 - Produtividade média para as culturas do milho, soja, e feijão para cultivo irrigado e não irrigado.

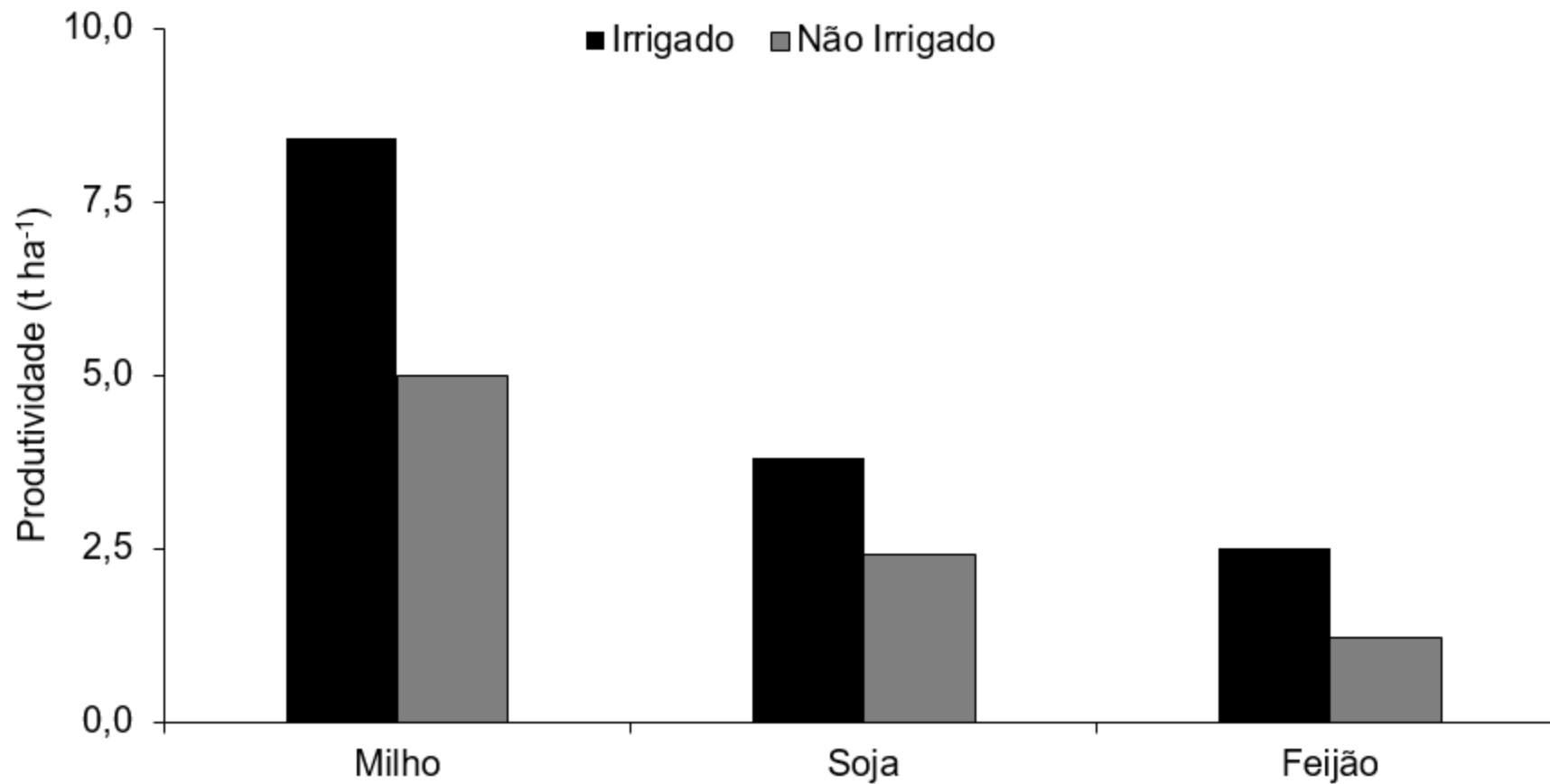
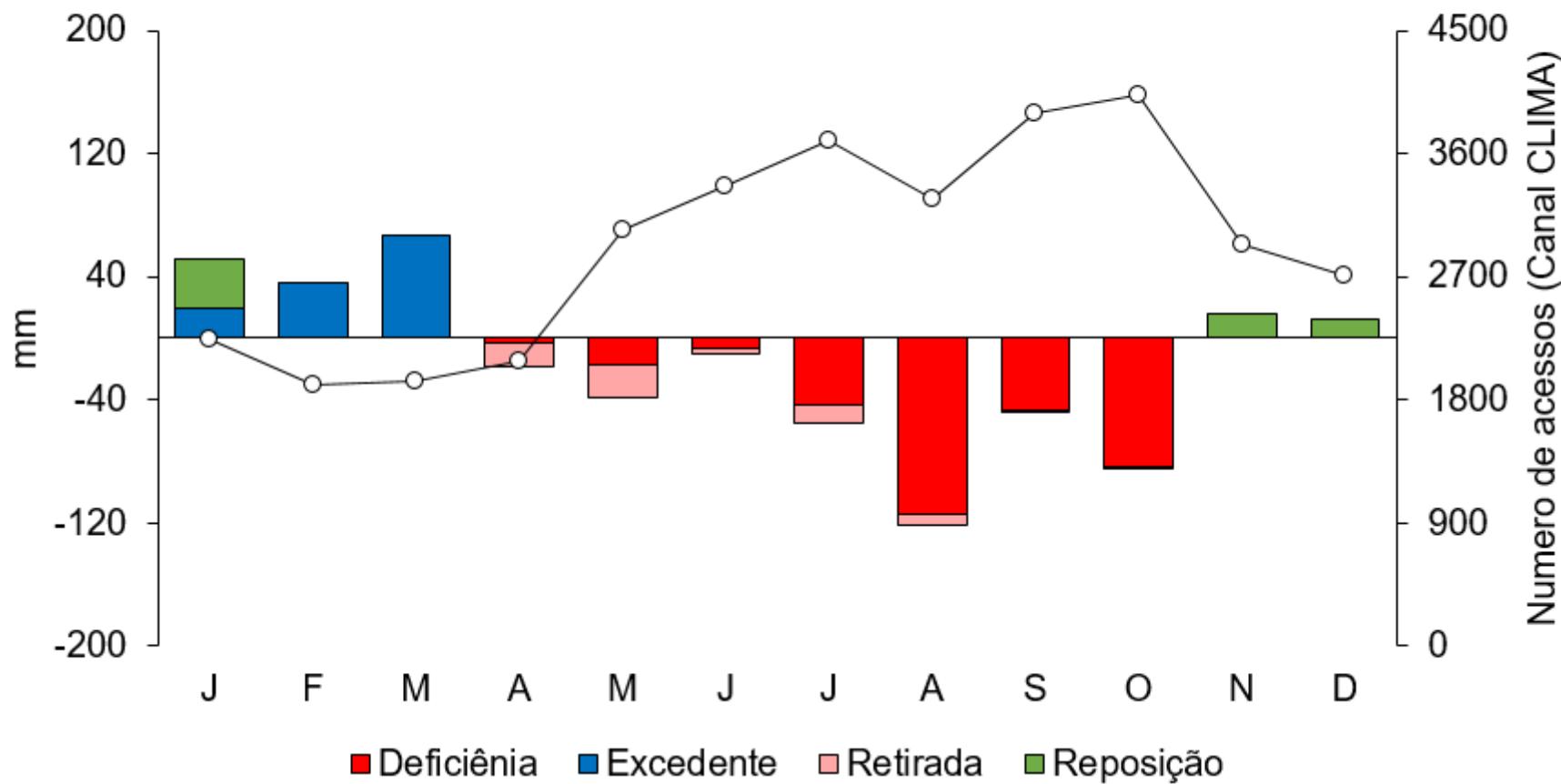


Figura 26 - Número médio de acessos ao Canal CLIMA em função da deferênciá hídrica da região.





CONCLUSÕES



Foram identificadas quatro Zonas Homogêneas de Evapotranspiração de Referência, sendo os valores estimados adequados como ferramenta alternativa para o manejo da irrigação em base histórica, simplificando o processo.

A Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista e o Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira desempenham papel fundamental para gestão eficiente dos recursos hídricos da agricultura irrigada da região.



Se o manejo da irrigação for baseado na evapotranspiração de referência diária, esta deve ser obtida na estação mais próxima da área irrigada.

Novos estudos devem ser feitos visando identificar a necessidade de incluir novas estações baseado na densidade de irrigação ou na Zona Homogênea 4.



Os efeitos financeiros da agricultura irrigada, medidos pelo Valor da Produção Agropecuária dos municípios, adicionados as taxas de crescimento superiores às registradas atualmente aumentará a pressão sobre os recursos hídricos e consequentemente aumentará a importância do monitoramento agroclimatológico na região.