

Análise comparativa da temperatura de superfície MODIS e temperatura do ar em diferentes situações no estado do Paraná

Romario Trentin¹
Flávio Deppe¹
Marciel Lohmann¹
Jean Grassi¹

¹ Instituto Tecnológico SIMEPAR - Caixa Postal 19100 – 81531-990 – Curitiba - PR, Brasil
{romario, deppe, marciel, jgrassi}@simepar.br

Abstract: Remote Sensing as well as so called geo technologies, in recent years are allowing the gathering and monitoring climate variables with the possibility of data acquisition in near real time and over large areas. This study aims to evaluate the correlation between land surface temperature (LST) obtained with TERRA/MODIS, product MOD11, with 1 km resolution, and air temperature (AT) registered at 2 meters from automatic weather stations operated by SIMEPAR Institute of Technology, Paraná state, in two distinct areas. The areas are the urban area of the metropolitan region of Curitiba in Eastern Paraná, and an agricultural area in Western Paraná. The analysis of temperature (LST and AT) was based on 35 TERRA/MODIS images with no cloud coverage and data gather from four automatic weather stations for comparison purposes. For the air temperature (AT) data was taken from the instantaneous temperature registered at 10:30 am. This was the time closest to the satellite passes and image acquisition. A preliminary analysis of the results indicates that the TS were always higher than the TA and the difference between them are quite significant. However, the correlation between all studied temperatures is high throughout the year. It can be concluded that images of LST can be used to generate temperature in a pixel base. The annual and seasonal variations indicate a strong correlation. Future studies would include means of calibration between the two data sources.

Palavras-chave: Remote Sensing, Surface Temperature, Air Temperature, Weather Stations, Sensoriamento Remoto, Temperatura de Superfície, Temperatura do Ar, Estações Meteorológicas

1. Introdução

O monitoramento de variáveis climáticas cada vez mais tem se tornado indispensável para avaliar condições do tempo comportamento climático além de servir de subsídio na avaliação da degradação do solo entre outros.

Com o surgimento de geotecnologias, o monitoramento destas variáveis tem ganhado em rapidez e disponibilidade de informações cada vez maior. Um exemplo disso é o surgimento de satélites meteorológicos que apresentam imageamentos que podem chegar a intervalos de 15 minutos.

Além desse muitos outros satélites tem auxiliado no monitoramento destas variáveis, na condição de imageamento da superfície terrestre, ou mesmo a transmissão de dados entre estações de monitoramento climático e os órgãos responsáveis pelo controle destes dados em tempo real.

A plataforma orbital TERRA faz parte do programa da NASA denominado Earth Observing System (EOS) e trata-se de uma missão multinacional que envolve parcerias com as agências aeroespaciais do Canadá e do Japão, tendo como principal objetivo contribuir para pesquisas sobre a dinâmica atmosférica global e suas interações com a superfície terrestre e oceano. Nessas três esferas, a plataforma Terra contribui para pesquisas sobre: a) atmosfera: fluxo de energia radioativa, composição da troposfera, aerossóis, temperatura e a umidade, nebulosidade; b) superfície terrestre: mudanças na cobertura e no uso das terras, dinâmica das vegetações, dinâmica da agricultura, temperatura da superfície, ocorrência de queimadas e

eventos vulcânicos; c) oceanos: temperatura da superfície, o fitoplâncton e a matéria orgânica dissolvida (EMBRAPA, 2010)

A bordo do satélite TERRA estão os sensores MODIS, ASTER, CERES, MISR e MOPITT. O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) é um dos cinco instrumentos do satélite TERRA que visualiza toda a superfície da Terra a cada 1-2 dias, com uma varredura de 2.330 km (swath), adquirindo dados em 36 bandas espectrais distintas (NASA, 2010).

Conseqüentemente, MODIS aperfeiçoa muito o patrimônio do NOAA Radiômetro Avançado de Alta Resolução (AVHRR) (National Oceanic and Atmospheric Administration) e rastreia um amplo conjunto de sinais vitais da Terra melhor do que qualquer outro sensor.

Assim sendo, o objetivo dos produtos gerados por este sensor (MODIS) está, basicamente, na quantificação e detecção das mudanças da cobertura terrestre, e nos processos naturais e antropomórficos, auxiliando assim, nos diversos modelos regionais e globais existentes (Strahler *et al.*, 1999).

O MOD11 é uma das variáveis chaves, necessárias para se descrever os processos da superfície terrestre, sendo extremamente requisitados para diversos estudos climáticos, hidrológicos, ecológicos e biológicos (Running *et al.*, 1994). Como exemplo dos processos hidrológicos, a evapotranspiração, que é altamente sensível às flutuações da temperatura da superfície.

Esta variável utiliza os dados dos níveis 2 e 3 com o algoritmo Land Surface Temperature (LST) e a emissividade recuperados dos dados do TERRA/MODIS, com resoluções espaciais de 1km e 5km da superfície terrestre em condições atmosféricas adequadas (céu limpo). O algoritmo LST é utilizado para recompor *pixels* com emissividades conhecidas nas bandas 31 e 32.

Desta forma o presente trabalho tem por objetivo verificar o grau de correlação entre os dados de temperatura de superfície obtidos pelo produto MOD11 com resolução de 1 km e as temperaturas do ar medidas a 2 m de altura da superfície pelas estações meteorológicas automáticas do Instituto Tecnológico SIMEPAR no estado do Paraná em duas áreas de uso distintas, ou seja, na área urbana de Curitiba e em uma área agrícola no oeste do Paraná. No trabalho, a temperatura de superfície será referida como TS e a temperatura do ar como TA.

2. Metodologia do Trabalho

Para análise das temperaturas de superfície foram utilizadas imagens do satélite MODIS/ TERRA, (produto MOD11 – 1 km, diária), para o ano de 2009, e foram adquiridas no site Primary Data Search - WIST - NASA no endereço <https://wist.echo.nasa.gov/api/> no formato hdf, MODLAND (MODIS/Terra Land Surface Temperature/ Emissivity daily L3 Global 1km SIN Grid V005).

Para a obtenção da temperatura de superfície por meio de sensoriamento remoto, há de se levar em consideração fatores como a interferência atmosférica e a emissividade da superfície Ferreira (2004).

Desta forma cabe ressaltar que foram selecionadas apenas as imagens das datas que não apresentavam nenhuma cobertura de nuvens nas quatro estações meteorológicas. O Quadro 01 apresenta as Imagens TERRA/MODIS (Dia Juliano) e a data correspondente.

Quadro 01 – Imagens TERRA/MODIS sem cobertura de nuvens

MODIS	8	74	82	84	88	90	100	109	118	120	125	136
DATA	8/jan	15/mar	23/mar	25/mar	29/mar	31/mar	10/abr	19/abr	28/abr	30/abr	5/mai	16/mai
143	154	155	168	169	170	171	216	217	226	227	239	240
23/mai	3/jun	4/jun	17/jun	18/jun	19/jun	20/jun	4/ago	5/ago	14/ago	15/ago	27/ago	28/ago
241	242	243	278	286	287	303	304	305	306	347	353	
29/ago	30/ago	31/ago	5/out	13/out	14/out	30/out	31/out	1/nov	2/nov	13/dez	19/dez	

Quanto aos dados de temperatura do ar, foram utilizados os dados coletados pelas estações meteorológicas do Instituto Tecnológico SIMEPAR, sendo esses dados coletados em estações a 2m de altura em relação ao solo, sendo considerado os dados mais próximos da hora da passagem do satélite (10:30 horas local) em quatro estações meteorológicas automáticas de superfície (Curitiba, Pinhais, Santa Helena e São Miguel do Iguazu) sendo as duas primeiras localizadas na Região Metropolitana de Curitiba, e as outras duas localizadas no oeste do Paraná (Figura 1).

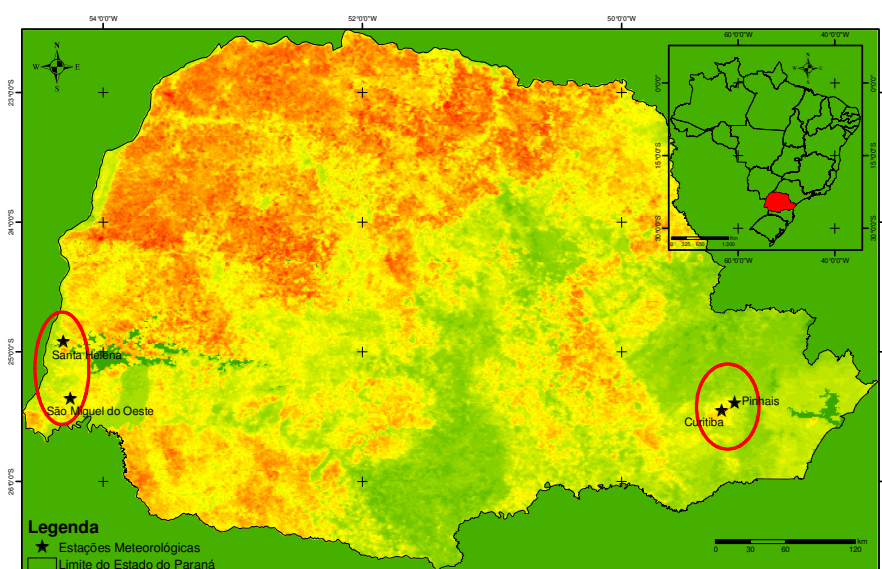


Figura 01 – Mapa de localização das estações meteorológicas analisadas sobre uma imagem de temperatura MODIS.

As temperaturas do ar foram consideradas as leituras instantâneas das 10:30 horas locais, por considerar o horário mais próximo da passagem do satélite sobre as áreas monitoradas. As temperaturas de superfície consideradas constitui-se na média dos 9 pixels mais próximos das estações meteorológicas analisadas.

As imagens MODIS possuem formato original .HDF. Tais imagens foram pré-processadas através do MODIS Reprojection Tool (MRT) sendo que nesta fase selecionou-se apenas as imagens de interesse. As imagens selecionadas correspondem a “*Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km (Day e Night)*”.

Os SIGs utilizados para trabalhar com as imagens de TS MODIS e localização das estações foram o ArcGIS 9.x (ESRI) e o ENVI 4.7 (RSI). No ENVI foram convertidos os dados do sensor MODIS para graus de temperatura através da operação de matemática de bandas aplicando um fator de multiplicação de escala igual a 0.0200 (MODIS, 2010) e posteriormente transformando os valores de Kelvin para Celsius. No ENVI também foram

extraídos os valores de TS para os pixels selecionados. No ArcGIS foram selecionados os 9 pixels do entorno das estações e organizados o layout do mapa.

3. Resultados e Discussão

O quadro 02 apresenta todos os valores de temperatura de superfície (TS) e temperatura do ar (TA), para as quatro estações nas 35 datas analisadas, bem como a diferença entre ambas.

Quadro 2 – TS e TA (10:30 horas) e diferenças nas estações analisadas

	Curitiba			Pinhais			Santa Helena			São Miguel do Iguçu		
	TS	TA	Dif.	TS	TA	Dif.	TS	TA	Dif.	TS	TA	Dif.
8-jan	40,00	26,10	13,90	31,87	25,60	6,27	38,52			39,83		
15-mar	30,44	22,30	8,14	24,40	19,30	5,10	31,94			32,66	27,80	4,86
23-mar	30,56	22,20	8,36	25,27	20,00	5,27	32,79			33,57	29,40	4,17
25-mar	30,39	21,40	8,99	24,49	19,50	4,99	32,94			33,35	27,40	5,95
29-mar	32,88	22,50	10,38	25,96	20,50	5,46	29,93	28,40	1,53	32,48	29,60	2,88
31-mar	32,53	23,60	8,93	26,62	21,40	5,22	28,24	27,50	0,74	29,99	28,50	1,49
10-abr	30,43	21,00	9,43	25,53	19,30	6,23	29,51	25,40	4,11	29,38	24,80	4,58
19-abr	30,93	22,20	8,73	26,29	20,30	5,99	29,74	26,80	2,94	30,91	26,60	4,31
28-abr	28,04	19,50	8,54	22,93	16,70	6,23	28,49	25,70	2,79	28,34	25,70	2,64
30-abr	27,90	21,80	6,10	24,06	20,00	4,06	27,70	25,80	1,90	26,72	24,30	2,42
5-mai	25,51	18,80	6,71	22,16	17,30	4,86	26,67	22,70	3,97	26,02	23,90	2,12
16-mai	19,81	12,20	7,61		10,20		18,61	14,90	3,71	16,68	13,30	3,38
23-mai	25,85	18,80	7,05	22,90	17,60	5,30	25,25	25,50	-0,25	24,49	25,40	-0,91
3-jun	14,90	6,80	8,10		5,30		14,25	10,50	3,75	12,56	10,70	1,86
4-jun	19,36	13,00	6,36	18,03	11,80	6,23	18,51	15,90	2,61	18,56	15,20	3,36
17-jun	16,61	10,80	5,81	14,74	9,30	5,44	17,93	14,50	3,43	17,17	13,40	3,77
18-jun	18,98	13,60	5,38	17,74	11,80	5,94	20,83	15,60	5,23	18,49	12,00	6,49
19-jun	19,46	14,70	4,76	17,09	13,20	3,89	20,17	20,20	-0,03	20,11	18,10	2,01
20-jun	21,30	14,90	6,40	19,23	13,10	6,13	24,04	22,10	1,94	24,01	18,90	5,11
4-ago	20,49	13,90	6,59	17,28	11,40	5,88	22,52			20,02	15,20	4,82
5-ago	22,55	15,40	7,15	20,47	12,20	8,27	27,37			29,32	24,80	4,52
14-ago	27,05	21,90	5,15	24,98	20,30	4,68	28,85	27,30	1,55	30,85	27,00	3,85
15-ago	26,68	21,40	5,28	23,18	19,40	3,78	25,11	26,50	-1,39	26,83	27,20	-0,37
27-ago	27,23	18,40	8,83	22,69	16,60	6,09	28,59	24,70	3,89	29,62	22,00	7,62
28-ago	27,30	18,30	9,00	23,11	14,40	8,71	31,30	26,10	5,20	32,93	22,40	10,53
29-ago	28,48	20,10	8,38	23,59	17,70	5,89	28,58	26,40	2,18	30,48	27,20	3,28
30-ago	30,92	21,30	9,62	27,06	19,60	7,46	32,36	28,60	3,76	33,74	24,20	9,54
31-ago	30,61	23,00	7,61	25,65	20,60	5,05	29,45	27,90	1,55	32,02	29,20	2,82
5-out	32,60	20,20	12,40	26,62	18,10	8,52	36,40	31,30	5,10	38,25	32,40	5,85
13-out	27,27	17,30	9,97	21,05	17,30	3,75	32,69	24,40	8,29	33,96	22,40	11,56
14-out	34,20	21,20	13,00	27,70	21,40	6,30	32,29	27,50	4,79		28,30	
30-out	37,43	21,20	16,23	29,51	21,40	8,11	40,21	27,50	12,71	43,09	28,30	14,79
31-out	34,67	25,30	9,37	30,82	24,60	6,22	41,82	31,40	10,42	44,33	32,10	12,23
1-nov	39,46	23,40	16,06	31,22	22,90	8,32	39,99	32,50	7,49	42,52	33,30	9,22
2-nov	38,96	27,60	11,36	32,80	27,00	5,80	43,22	33,70	9,52	44,18	34,60	9,58
13-dez	32,80	19,60	13,20	23,46	20,00	3,46	27,46	22,80	4,66	28,92	22,30	6,62
19-dez	36,70	22,60	14,10	29,02	22,20	6,82	26,87	28,30	-1,43	28,79	28,80	-0,01

As temperaturas de superfície obtidas através das imagens MODIS apresentaram valores maiores que a temperatura do ar das estações meteorológicas em quase todas as datas e estações.

A Figura 02 apresenta a distribuição das temperaturas de superfície e do ar nas quatro estações analisadas. Como pode-se observar as estações de Curitiba e Pinhais são as que apresentam maiores diferenças entre TS e TA, porém a variação anual são muito semelhantes nas quatro estações analisadas.

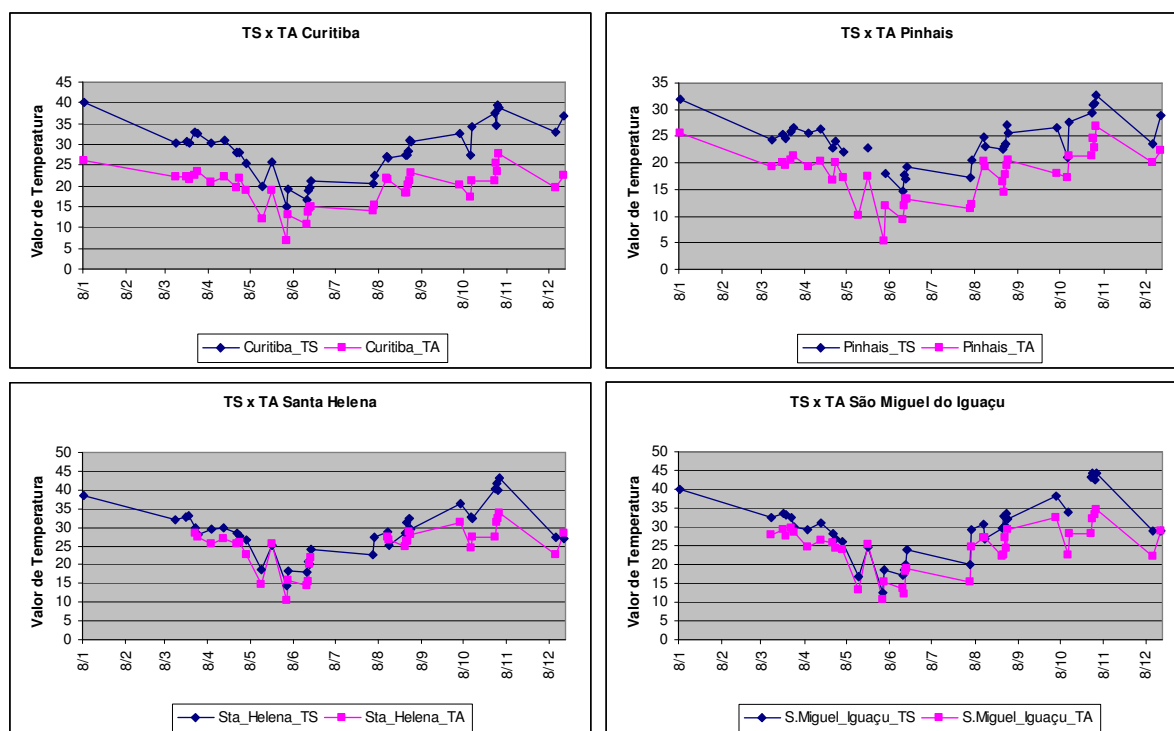


Figura 02 – Distribuição das TS e TA nas estações analisadas

A Figura 03 apresenta um gráfico de distribuição das diferenças entre a TS e TA das estações analisadas, como pode-se observar as maiores diferenças são identificadas nas estações de Curitiba e Pinhais, sendo mais expressivas na estação de Curitiba, isto ocorre principalmente em função do uso e ocupação do solo do entorno da estação. Como a TS foi analisada através dos nove pixels adjacentes e as estações de Curitiba e Pinhais estarem localizadas na Região Metropolitana de Curitiba, a área urbanizada contribui significativamente para a diferença encontrada.

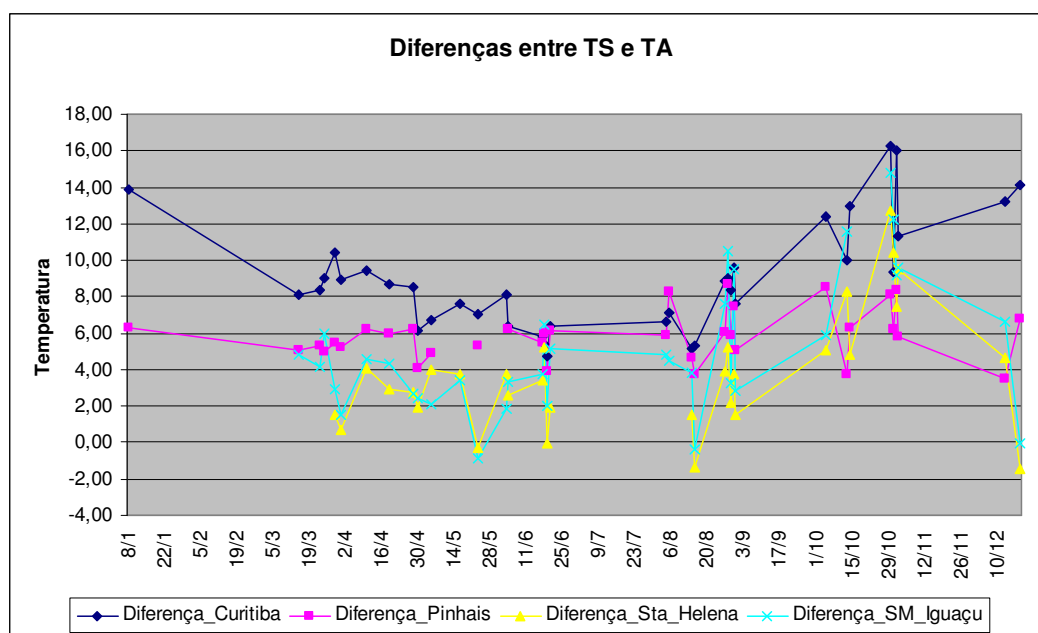


Figura 03 – Distribuição as diferenças entre TS e TA

Já as estações de Santa Helena e São Miguel do Iguaçu, por estarem localizadas no Oeste do estado do Paraná, junto às áreas agrícolas apresentaram diferenças menores entre TS e TA, em algumas datas analisadas chegando a apresentarem diferenças negativas, ou seja, as TA apresentavam valores maiores que as TS.

A Figura 04 apresenta os gráficos de correlação entre as temperaturas de Superfície obtidas através das imagens do sensor MODIS e as temperaturas do Ar obtidas através da leitura instantânea nas estações meteorológicas.

Como pode-se observar a correlação entre as temperaturas são altas, com R^2 variando de 0,78 a 0,90, ou seja, para as 35 datas analisadas nas quatro estações as temperaturas apresentam uma variação muito semelhantes.

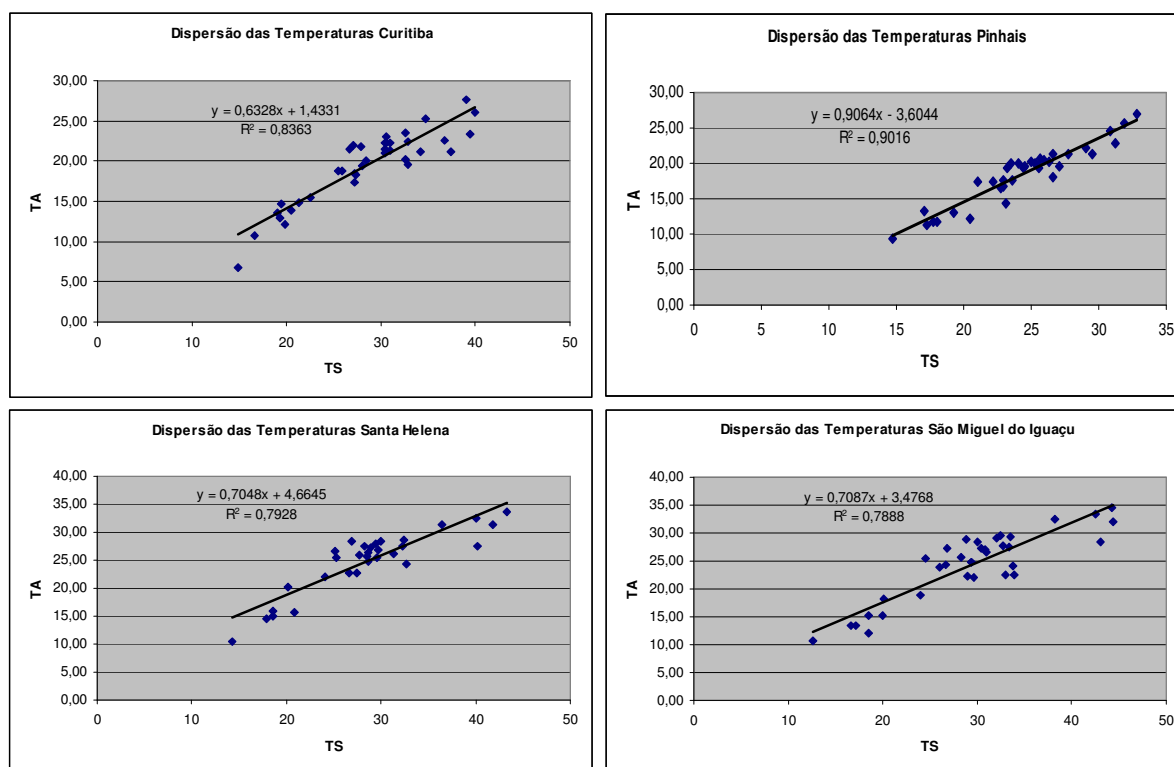


Figura 04 – Correlação entre as TS e TA nas quatro estações analisadas

4. Conclusões

Através da análise comparativa de 35 imagens de Temperatura de Superfície (TS) do sensor MODIS (MOD11) com resolução espacial de 1 km, com dados de Temperatura do Ar (TA) no mesmo horário das imagens em quatro estações Meteorológicas pode-se identificar que os valores de temperatura apresentam diferenças, sendo a TS apresentando valores mais elevados que a TA.

As maiores diferenças entre as temperaturas foram identificadas na estação de Curitiba por estar localizada na Região Metropolitana e a área urbanizada contribuir com esta diferenciação.

Apesar das diferenças do valor das temperaturas, a correlação entre a TS e TA são elevadas, o que representa que a variação anual das temperaturas é equivalente, ou seja, apresentam uma diferença padrão ao longo do ano, sendo sempre as TS maiores que as TA.

Através dos resultados obtidos propõe-se que se façam investigações das correlações entre as Temperaturas de Superfície com dados de uso e ocupação do solo, para que se possam definir melhor as interações entre ambas e estabelecer melhores definições para o uso das imagens de TS, também é importante que se façam avaliações das imagens de TS do sensor AQUA que são imagens noturnas e podem apresentar correlações interessantes.

De forma geral pode-se concluir que o uso das imagens de TS podem ser utilizadas como complemento aos dados de TA, visto que as variações anuais e sazonais indicam uma correlação forte, porém o uso das Temperaturas de Superfície em substituição às Temperaturas do Ar deve ter muito cuidado, visto que a diferença entre ambas é elevada e a aplicação em modelos definidos com TA podem apresentar resultados inadequados se aplicados às TS sem as devidas adequações.

Referências Bibliografia

Ataíde, K. R. P.; Ledo, I. M. D.; Oliveira, M. G. R.; Bezerra, w. A. Avaliação da estimativa de temperatura de superfície obtida pelo sensor MODIS para o estado de Goiás. In: **XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2009, Natal.

Bernardo F.T. Rudorff, Yosio E. Shimabukuro, Juan C. Ceballos (Org.). **O Sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2007.

EMBRAPA: **Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão territorial**. Disponível em <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/terra.htm>>. Acesso: agosto de 2010.

Ferreira, N. J. **Aplicações ambientais brasileiras do satélites noaa e tiros-n**. São paulo: Oficina de Textos, 2004. MODIS. **MODIS**. Disponível em: <<http://modis.gsfc.nasa.gov/>> - Acesso em agosto de 2010.

Lohmann, M.; Simões, K.; Deppe, F.; Mercuri, E. Monitoramento da Evolução Temporal da Cultura da Soja no Estado do Paraná Utilizando Imagens Terra/Modis In: **XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2009, Natal.

MODIS. **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer**. Disponível em <<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>> Acessado em agosto de 2010.

Prenzel, B. Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. **Progress in Planning**, v. 61, n. 4, p. 281-299, 2004.

NASA. **MODIS: Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer** Disponível em: <http://terra.nasa.gov/About/MODIS/about_modis.html> Acesso em agosto de 2010.

Running, S. W.; Justice, C. W.; Salomonson, V.; Hall, D.; Barker, J.; Kaufman, Y.; Strahler, A.; Muller, J.P.; Vanderbilt, V.; Wan, Z. M.; Teilet, P.; Carneggie, D. Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for eos/modis. **International Journal of Remote Sensing**. 15(17), p. 3587-3620. 1994.

Simões, K.; Lohmann, M.; Deppe, F.; Mercuri, E. Análise de Perfis Espectrais e Mapas de Diferença de NDVI para o Monitoramento da Evolução Temporal da Cultura de Cana-de-Açúcar no Estado do Paraná In: **XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2009, Natal.

Strahler, A.; Muchoney, D.; Borak, J; Friedl, M.; Gopal, S.; Lambin, E.; Moody, A. **Modis land cover and land-cover change products algorithm theoretical basis document (atbd)**. Version 5.0, center of remote sensing, department of geograph, Boston University. May, 1999. 72 p.