

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE MEDIÇÕES DE TEMPERATURA IN SITU E DE SENSORIAMENTO REMOTO NO SUL DO BRASIL

SOUZA, Fernando B.¹; RUHOFF, Anderson L.²; ROBERTI, Débora R.³

Palavras-Chave – Temperatura de Superfície; MODIS; Landsat

INTRODUÇÃO

A temperatura da superfície da terrestre (i.e. Land Surface Temperature - LST) pode ser definida como temperatura média de um elemento com a superfície exata da Terra, calculada a partir da radiância (GILLESPIE, 2014). Li et al. (2013) colocam que esta definição pode variar conforme a aplicação, podendo também ser chamada de temperatura radiométrica (ou *skin temperature*). Os autores ainda colocam que esta temperatura corresponderia à radiação emitida na profundidade que a onda penetra, a qual é alguns poucos milímetros para o infravermelho termal.

A temperatura é colocada como um parâmetro de alta prioridade no Programa Internacional da Geosfera e Biosfera (International Geosphere and Biosphere Program - IGBP) (LI et al., 2013) e reconhecida como variável climática essencial pelo Sistema de Observação do Clima Global (Global Climate Observing System) (GUILLEVIC et al., 2018). Suas aplicações vão desde parâmetro de entrada em modelos hidrológicos e meteorológicos, monitoramento da vegetação, detecção de incêndios à análise de ilhas de calor (KUENZER et al., 2013), sendo um componente importante para a compreensão da interação do fluxo de energia entre a superfície e atmosfera (WANG E LIANG, 2009).

Entretanto, a obtenção desse parâmetro localmente em áreas extensas é inviável na prática, sendo então adotadas medições por meio do sensoriamento remoto termal (JENSEN, 2014). Gillespie (2014) coloca que o sensoriamento remoto tem se demonstrado bastante útil na aquisição de dados termais por meio das bandas do infravermelho termal, que abrange o intervalo de comprimento de onda entre 1,4 e 14 μm .

Diferentes sensores, tais como MODIS, TM, ETM+ e TIRS, captam energia na faixa do infravermelho termal, possibilitando a obtenção da LST por meio de imagens que já apresentam a LST ou que apresentam a temperatura de brilho (KUENZER et al., 2013).

Diante de tantos dados, é necessário compará-los com medições *in situ* (em campo) para avaliar sua acurácia. A comparação de dados *in situ* com os de sensoriamento remoto não é novidade, sendo uma etapa crucial para a validação das informações obtidas pelos sensores, principalmente para LST, e para melhoramento de sensores futuros. O processo de validação pode basear-se na temperatura, radiância e na intercomparação (YU E MA, 2015; GUILLEVIC et al., 2018).

Para o método baseado na temperatura, Yu e Ma (2015) colocam que a acurácia da LST obtida é realizada comparando-se medições *in situ* de LST e as medições de sensoriamento remoto. É recomendado que para estes processos de validação sejam utilizados instrumentos semelhantes aos

1) Estudante Mestrado Acadêmico no PPGRHSA, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS. (basquioto.souza@ufrgs.br).

2) Professor no IPH, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS. (anderson.ruhoff@ufrgs.br).

3) Professora na UFSM, Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS. (debora@ufsm.br).

instalados nos satélites (i.e. radiômetros), e trabalhar com as mesmas resoluções espaciais e em locais com uso do solo homogêneos (e.g. pastagens e grandes lagos) (YU E MA, 2015; GUILLEVIC et al., 2018).

Com relação à comparação baseada na radiância, trata-se de uma alternativa mais avançada pela exigência de perfis atmosféricos e da emissividade na área de estudo, os quais são utilizados em um modelo de transferência radiativa que simula a radiância no topo da atmosfera na hora da passagem do satélite (LI et al., 2013).

A intercomparação faz uso de imagens e dados de temperatura já validados, sendo uma técnica utilizada para situações onde medições *in situ*, perfis atmosféricos e emissividade não estão disponíveis (LI et al., 2013).

Independente do tipo de comparação realizada, ela torna-se dificultosa em função da heterogeneidade espacial e temporal da temperatura (YU E MA, 2015).

Assim, este trabalho pretende analisar as diferenças entre medições *in situ* de temperatura com medições realizadas por sensoriamento remoto com diferentes resoluções espaciais.

METODOLOGIA

As medições de campo foram realizadas em 4 locais diferentes, os quais são apresentados na Figura 1, em torres micrometeorológicas da Rede Sulflux. Os pontos SMA e PAS tiveram suas temperaturas medidas na superfície do solo (*skin temperature*) por meio de radiômetros, enquanto nos pontos PRS e CRA elas foram medidas numa profundidade de 2 e 25 cm, respectivamente, por meio de sensores termais. Os intervalos entre as medições são de 30 minutos, sendo que as datas disponíveis para os pontos amostrados são apresentadas na Tabela 1.

Figura 1 - Localização dos pontos amostrados para realização do estudo.

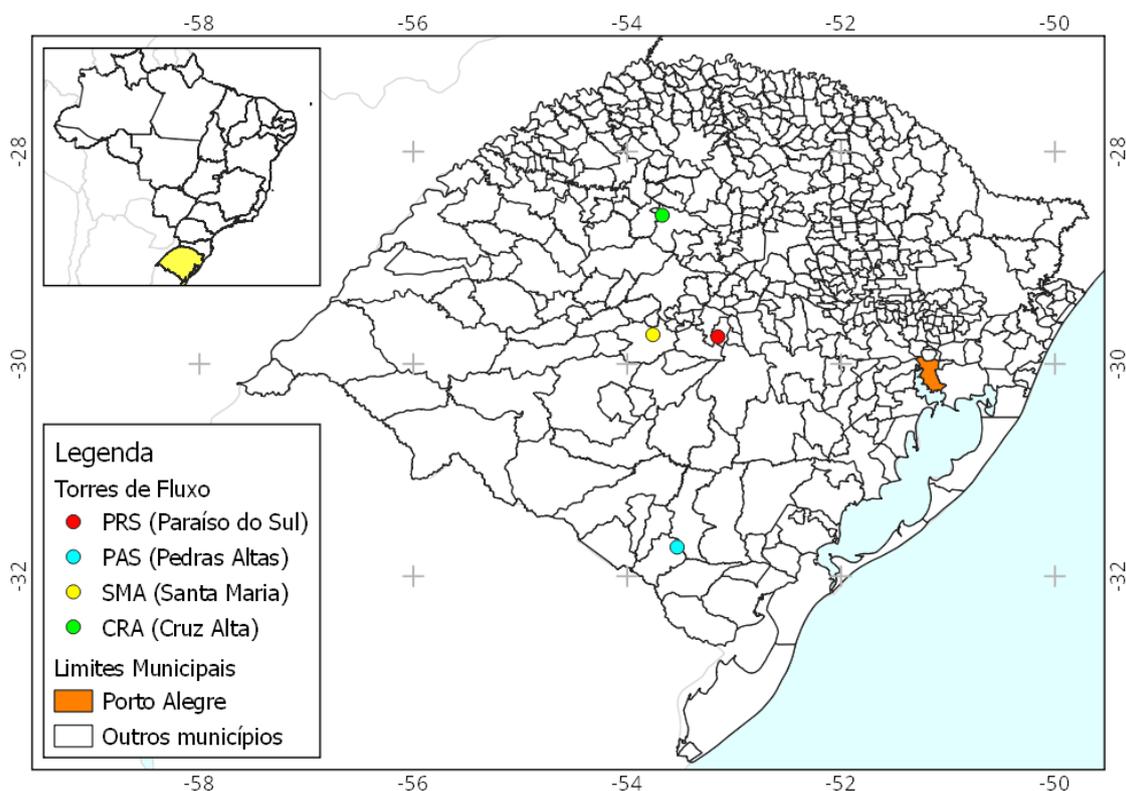


Tabela 1 - Intervalo de datas (DD/MM/YYYY) dos monitoramentos em campo.

Ponto	Início	Fim
PRS	02/07/2003	22/07/2004
PAS	01/09/2014	01/09/2016
SMA	12/11/2014	23/10/2019
CRA	01/01/2009	05/09/2014

Os dados de LST das imagens MODIS e Landsat (5 e 8) foram obtidos nos pixels onde as medições de campo foram realizadas. A obtenção desses dados foi feita por meio do Google Earth Engine, onde as imagens MODIS (MOD11A1 - Terra) e Landsat serão convertidas de suas projeções originais para WGS84 (EPSG:4326), sendo em seguida, obtido o valor pontual do pixel a partir das coordenadas dos pontos de medição *in situ*.

Considerando que os dados de campo são obtidos a cada 30 minutos, interpolou-se os valores *in situ* de LST nas situações em que o horário de passagem não coincidissem com aqueles das medições de campo por meio das bandas ‘Day_view_time’ e ‘Night_view_time’. O mesmo procedimento foi realizado para as imagens Landsat com base na propriedade ‘system:time_start’.

Para as imagens Landsat, serão utilizadas as missões Landsat 5 (Banda 6) e Landsat 8 (Bandas 10 e 11), sendo que as bandas termais serão convertidas para LST por meio dos seguintes métodos: (1) Jiménez-Munoz et al. (2009) e Jimenez-Munoz et al. (2014), posteriormente denominado como JM&S; (2) Artis e Carnahan (1982), o qual será denominado como GS (visto ser o método do geeSEBAL (SANTOS, 2020)); (3) Ermida et al. (2020), sendo posteriormente chamado de ERM.

Nas situações onde o pixel ou a medição de campo não existirem (i.e. pixel vazio ou medição não realizada), esta comparação foi descartada, assim como as imagens em que verificou-se a presença de nuvens no pixel ou no entorno da medição (este último, para as imagens Landsat). Também retirou-se as medições MODIS onde sua qualidade (‘QC_Day’ e ‘QC_Night’) não fossem definidas como boa.

O uso do solo no entorno (raio de 500 m e 15 m) dos locais monitorados também foi descrito por meio dos dados disponibilizados pelo projeto MapBiomias (SOUZA Jr. et al., 2020).

Para analisar a diferença entre as medições, foram realizados os seguintes testes: Erro Médio Absoluto (MAE); Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e Coeficiente de determinação (R²).

RESULTADOS

Descrição do Entorno

Por meio dos dados anuais do projeto MapBiomias (SOUZA Jr. et al., 2020), realizou-se a análise dos percentuais médios de uso do solo nos intervalos de cada ponto amostrado (Tabela 2).

Observa-se que apenas as proximidades do ponto PAS apresenta certa homogeneidade, onde mais de 95% da ocupação do solo é realizada pela formação campestre, onde há o predomínio de formações herbáceas e arbustivas. Os outros pontos demonstram-se mais heterogêneos, porém há a predominância de certos usos do solo, tal como outras lavouras temporárias e soja nos pontos PRS e CRA, respectivamente. Por fim, o ponto SMA demonstrou-se o mais heterogêneo, sendo ainda o único ponto a apresentar o uso do solo infraestrutura urbana.

Salienta-se que a classificação do MapBiomias apresenta, para o bioma Pampa, uma acurácia global de 79,46% (SOUZA Jr. et al. 2020).

Tabela 2 - Percentuais médios de uso do solo em um raio de 500 m do ponto amostrado.

Uso do Solo	CRA	PAS	PRS	SMA
Floresta Plantada	-	0,36	-	-
Formação Campestre	-	97,49*	-	44,56*
Formação Florestal	1,76	1,13	2,64	16,42
Infraestrutura Urbana	-	-	-	8,41
Mosaico de Agricultura e Pastagem	8,62	-	18,42	-
Outras áreas não vegetadas	1,40	-	2,51	-
Outras lavouras temporárias	11,50	1,02	66,54*	17,84
Pastagem	0,76	-	6,77	-
Rio, Lago e Oceano	3,04	-	-	-
Soja	72,92*	-	3,12	12,77

* Uso do solo predominante em um raio de 15 m.

Fonte: Adaptado de Souza Jr. et al. (2020).

Comparação MODIS x Medição *In situ*

A distribuição das temperaturas obtidas para os diferentes pontos monitorados é apresentada nas figuras seguintes para as medidas diurnas e noturnas, sendo apresentado na Tabela 3 as métricas de acurácia calculadas comparando o valor do pixel MODIS com a medição *in situ*.

Figura 2 - Distribuição das medições de temperatura para o ponto CRA.

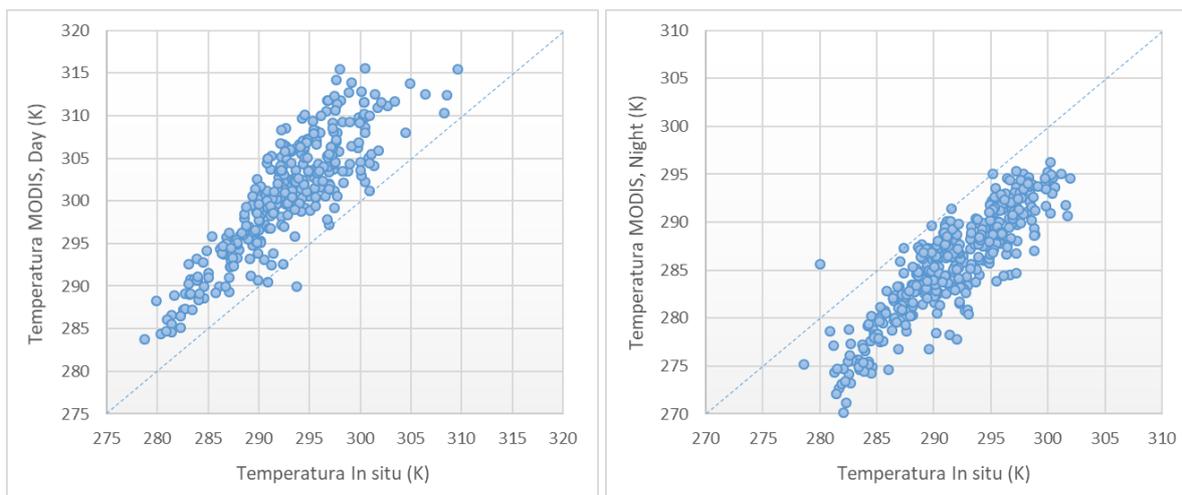


Figura 3 - Distribuição das medições de temperatura para o ponto PAS.

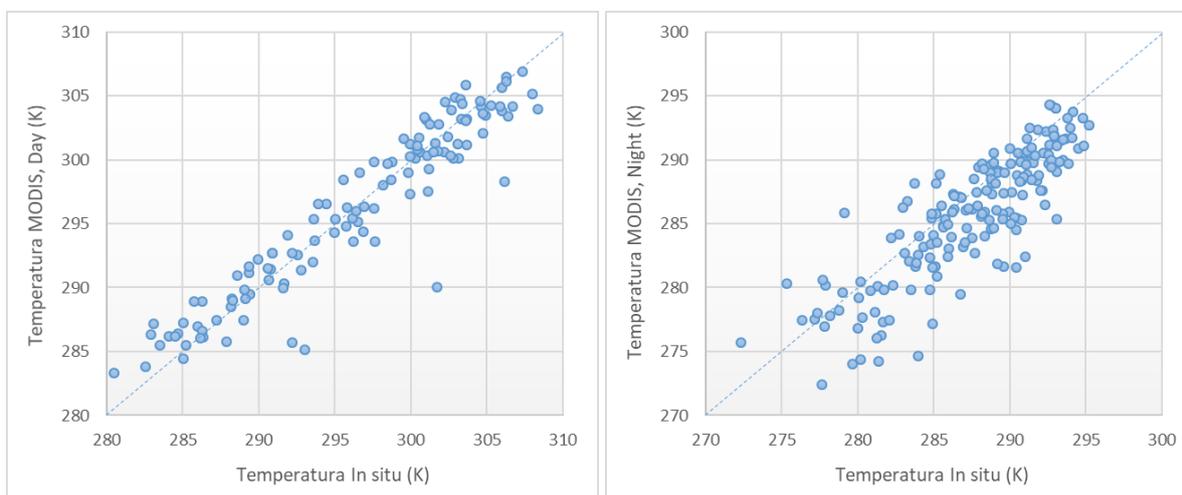


Figura 4 - Distribuição das medições de temperatura para o ponto PRS.

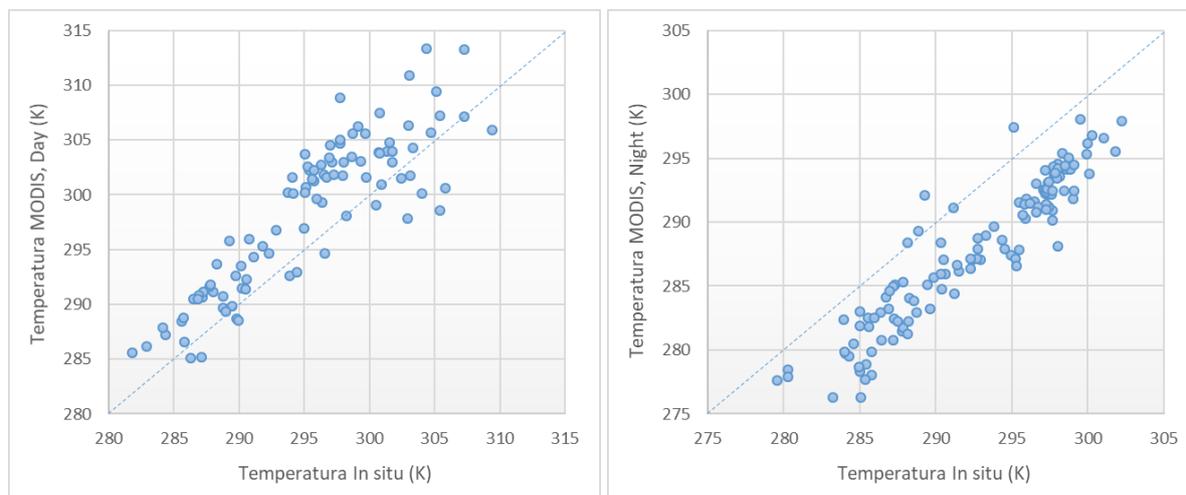


Figura 5 - Distribuição das medições de temperatura para o ponto SMA.

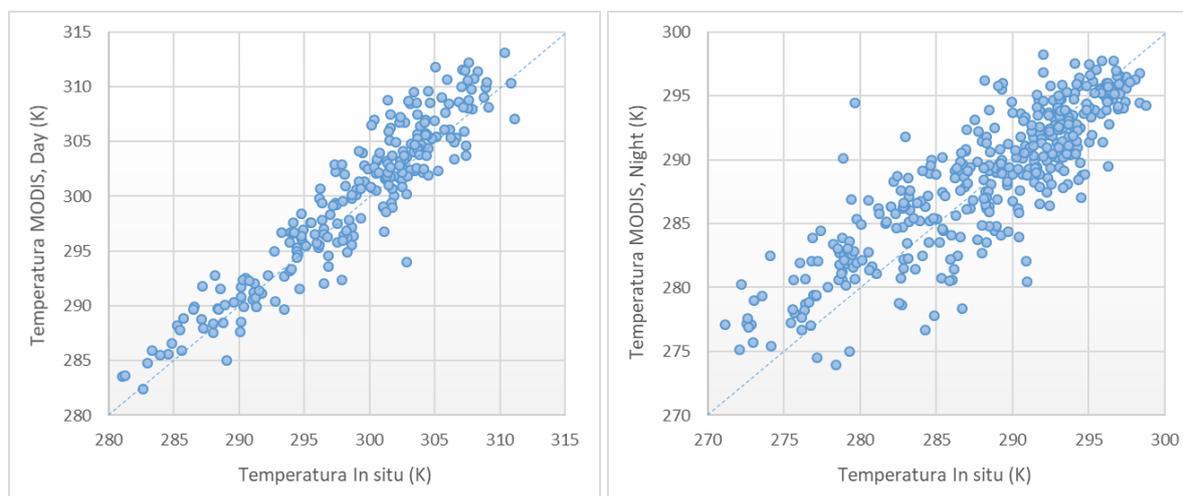


Tabela 3 - Análise da diferença dos dados analisados (MODIS x Medições In situ).

Ponto	Período	MAE	RMSE	R2
CRA	Dia	8,05	8,75	0,74
CRA	Noturno	6,00	6,49	0,78
PAS	Dia	1,66	2,34	0,89
PAS	Noturno	2,48	3,18	0,72
PRS	Dia	3,93	4,56	0,77
PRS	Noturno	4,73	5,04	0,88
SMA	Dia	2,08	2,63	0,87
SMA	Noturno	2,68	3,43	0,72

A partir dos resultados de acurácia, nota-se que os pontos de medição de maior profundidade apresentam erros superiores, mesmo com uma profundidade de 2 cm (caso do PRS), temos em média um aumento de 68% do RMSE. Com relação à profundidade de 25 cm no ponto CRA, os erros ficam ainda mais evidentes, chegando a ficar duas a três vezes maiores. Comportamento semelhante em relação aos erros absolutos também é observado.

Isso se deve ao fato do solo ser constituído por diferentes componentes, tais como materiais orgânicos, minerais, água e gases, o que interfere diretamente no armazenamento e na transferência

de energia no solo (PREVEDELLO, 2010). Além disso, conforme menciona Li et al. (2013), a LST corresponde à radiação emitida na profundidade em que a onda penetra no solo, sendo que para o infravermelho termal, são poucos milímetros.

Importante também observar que nos pontos onde a medição foi realizada em profundidade, no período diurno, as medições *in situ* são inferiores à do sensoriamento remoto e no período noturno, comportamento inverso ocorre (Figura 2 e Figura 4).

De modo geral, temos boa correlação entre os dados de temperatura, alcançando coeficientes de determinação superiores à 0,70.

Diferente do que é encontrado na literatura, e.g. Wang e Liang (2009); Guillevic et al. (2018) e Duan et al. (2019), temos erros maiores nas medições noturnas, possivelmente em função dos usos do solo nos pontos analisados.

Comparação Landsat x Medição *In Situ*

As figuras seguintes apresentam as comparação entre as medições *in situ* e os métodos de obtenção de LST a partir de imagens Landsat, sendo que a Tabela 4 mostra os resultados da análise de acurácia.

Figura 6 - Distribuição das temperaturas medidas no Landsat e as medições *in situ* (a: CRA; b: PAS; c: PRS; d: SMA).

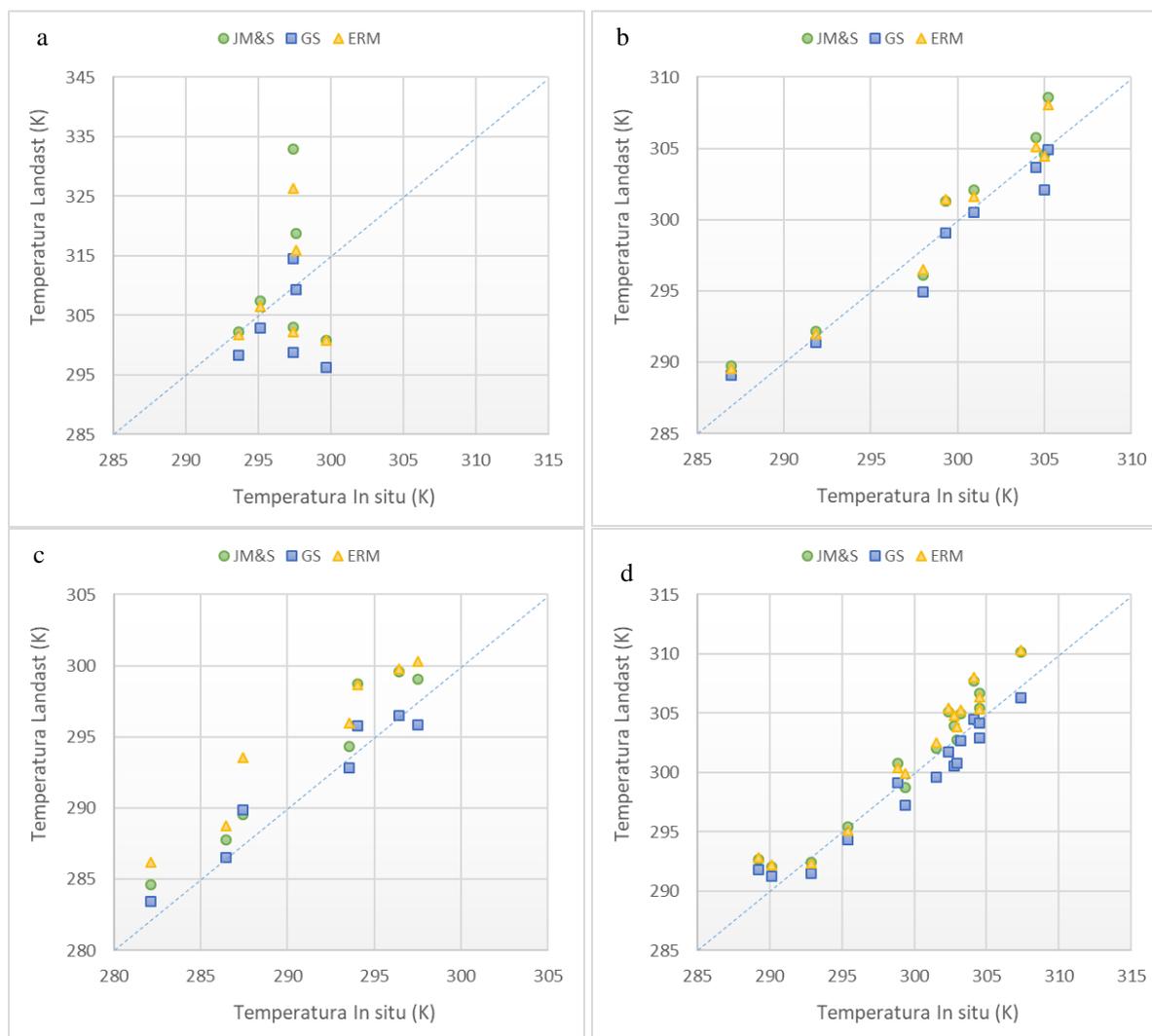


Tabela 4 - Análise da diferença dos dados analisados (Landsat x Medições In situ).

Ponto	Método	MAE	RMSE	R2
CRA	JM&S	14,08	18,12	0,02
CRA	GS	7,66	9,36	0,01
CRA	ERM	12,14	15,26	0,02
PAS	JM&S	1,65	1,93	0,93
PAS	GS	1,30	1,71	0,95
PAS	ERM	1,39	1,69	0,95
PRS	JM&S	2,30	2,61	0,95
PRS	GS	1,14	1,40	0,95
PRS	ERM	3,65	3,87	0,94
SMA	JM&S	1,61	1,97	0,94
SMA	GS	1,29	1,49	0,95
SMA	ERM	1,80	2,12	0,95

Observa-se que, além do efeito da escala, a profundidade da medição continua interferindo significativamente nas medições, onde as medições realizadas nos pontos CRA e PRS apresentaram erros elevados. Com exceção do método GS, houve um aumento no RMSE de 68% quando as medições começaram a serem realizadas numa profundidade de 2 cm (caso do PRS). Já o ponto CRA apresentou valores muito elevados de erro, tanto em função da profundidade como também, possivelmente, da quantidade reduzida de dados disponíveis.

Os valores do coeficiente de correlação apresentaram-se melhores nesta resolução espacial, chegando, em média, a valores muito próximos de 1 (exceto no ponto CRA).

Com relação aos valores médios, é interessante notar que o método GS é aquele que melhor se aproxima dos valores médios dos dados *in situ*, mesmo diante da simplicidade do método, quando comparado aos outros métodos analisados.

DISCUSSÃO

Comparando com a literatura, os valores obtidos para medições na superfície do solo encontram-se dentro da margem de resultados obtidos por outros autores, visto que muitos deles trabalharam com áreas homogêneas, o que auxilia na obtenção de erros menores.

Wan et al. (2002) validaram os dados LST dos sensores MODIS em locais homogêneos, tais como lagos, pastagens e desertos, obtendo diferenças entre -0,2 e 0,9 K ao comparar com medições feitas com radiômetros em campo. Cabe salientar um teste realizado por estes autores numa pastagem visivelmente mais úmida que outros pontos da pastagem, resultando numa diferença de temperatura de até 7 K.

Os mesmos autores ainda colocam que a acurácia das medições de LST pelos métodos single channel e split-window depende da emissividade e conteúdo de vapor d'água, além disso, também depende da presença de nuvens, fatores estes que podem conferir erros elevados (e.g. 10 K).

Wang e Liang (2009) ao compararem dados dos sítios SURFRAD (EUA) com os do sensor MODIS (durante o período noturno), encontraram diferenças de -0,2 à 1,6 e desvios padrões entre 1,5 e 2,5.

Duan et al. (2019) compararam os dados de LST dos sensores MODIS com medições locais por meio de radiômetros instalados em diferentes pontos de monitoramento (i.e. EUA, Portugal,

Namíbia e China). Os autores obtiveram RMSE que variaram entre 0,74 à 5,58 K, que variam conforme o local, a coleção comparada e o período de aquisição da medição (diário ou noturno).

De forma mais direta, os autores Trentin et al. (2011) compararam os dados de LST dos sensores MODIS com as temperaturas a 2 m de altura de estações meteorológicas do estado do Paraná (Brasil), encontrando diferenças que variavam entre -1,43 à 16,23 K, mesmo com uma boa correlação entre os dados (R^2 entre 0,78 e 0,90).

Hachem et al. (2011) compararam os dados de LST do MODIS com as temperaturas do ar (1 a 2 m de altura) e do solo (3 a 5 cm de profundidade) medidas no norte canadense e no Alaska (EUA). Os resultados, obtidos comparando as médias diárias e agrupando todas as estações analisadas, apresentaram boa correlação (R^2 maior que 0,93 e diferença média de -1,86 °C). Entretanto, as diferenças médias variaram entre -0,51 e 5,13 °C devido à heterogeneidade da superfície no pixel MODIS.

Yu e Ma (2015) colocam, que para sua área de estudo, a heterogeneidade da região levou a um efeito de escala maior nas observações. Tal efeito de escala levou aos autores obterem, em um dos seus conjuntos de dados, diferenças maiores que 3 K (entre MODIS LST e LST de campo) para 41,8% das observações.

Wang e Liang (2009) comentam que para suas áreas de estudo (sítios do SURFRAD), a heterogeneidade da superfície pode representar de 60 a 71% dos valores de desvio padrão encontrados das medições de temperatura do ASTER. Os autores ainda comentam que com apenas um instrumento medindo temperatura em campo, é difícil avaliar se a medição de campo é representativa da medição de satélite, tornando a medida de campo enviesada para tal comparativo. Tal viés pode variar conforme hora do dia, estação e condições meteorológicas.

Sobre a heterogeneidade das superfícies, Guillevic et al. (2018, pg. 14) comentam que a validação, seguindo os preceitos apresentados por eles, de LST medidas em campo devem se limitar às medições noturnas, quando as superfícies tendem a atingir um equilíbrio termal.

Sobrinho et al. (2004) aplicaram o algoritmo desenvolvido por Jiménez-Muñoz e Sobrinho (2003) (versão anterior ao JM&S) em uma região da Espanha, comparando os dados de LST obtidos com os de temperatura obtidos por radiosondas e pelo código MODTRAN 3.5. Seus resultados mostraram valores de RMSE de 0,93, com diferenças entre as medições entre -1,39 e 0,22. Ao comparar os dados do algoritmo com dados do Landsat, o RMSE variou entre 0,5 e 0,6.

Parastatidis et al. (2017) avaliaram diferentes combinações de parâmetros na obtenção de LST a partir de imagens Landsat 5, 7 e 8, comparando os dados com imagens de referência como as do satélite ASTER. De modo geral, os autores verificaram que para o Landsat 5 o erro foi de 1,40 °C (com viés de -0,31) e para o Landsat 8, o erro foi de 1,31 °C (viés de 0,1), otimizando os parâmetros de entrada como coeficientes atmosféricos e método de obtenção da emissividade (que tem sua melhor performance conforme heterogeneidade da área).

Ermida et al. (2020) desenvolveram algoritmo de obtenção de LST para Landsat 5, 7 e 8 e validaram em 12 estações do SURFRAD, BSRN e KIT, encontrando valores médios de RMSE entre 2,0 à 2,1 K. Os autores ainda colocam que algoritmos empíricos são mais sensíveis à erros na emissividade quando comparados com aqueles que obtêm LST a diretamente da Lei de Planck ou de Stefan-Boltzmann.

Observa-se que ao realizarmos processos de validação de dados de sensoriamento remoto, erros são esperados em virtude de diferentes fatores. Duan et al. (2019) já colocavam que a validação de dados de sensoriamento remoto por meio da temperatura é um desafio, visto a necessidade da medição em campo ser representativa da resolução espacial da imagem de satélite. Os autores ainda apontam que esta metodologia é apropriada para sítios bem selecionados.

Neste mesmo sentido, Wan et al. (2002) comentam que quando variações espaciais são significativas, não será possível mensurar com acurácia a temperatura de superfície na escala da resolução espacial com instrumentos locais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de medições *in situ* e sua comparação com dados obtidos por meio de sensoriamento remoto foi realizada com o auxílio da plataforma Google Earth Earth. Para as resoluções espaciais maiores, como a do MODIS, foram obtidos diferenças médias absolutas de 1,66 à 2,68 K e valores de RMSE entre 2,61 e 3,73 K para medições realizadas em superfície. Já para as comparações com imagens Landsat, com resolução espacial menor que a do MODIS, as medições em superfície apresentaram diferenças absolutas entre as médias de 1,29 à 1,80 K e RMSE variando de 1,49 à 2,12 K. Em ambos casos (MODIS e Landsat), as medições realizadas em profundidade (i.e. 2 e 25 cm) apresentaram erros mais elevados. Salienta-se que, para os pontos analisados, o método que apresentou melhores valores de acurácia foi o GS, método baseado em Artis e Carnahan (1982) e Santos (2020).

Trabalhos futuros podem focar na obtenção de outras variáveis hidrológicas e atmosféricas para analisar seu impacto em conjunto com as medições de LST, bem como aprofundar a avaliação em relação ao uso do solo.

REFERÊNCIAS

- ARTIS, D.A.; CARNAHAN, W.H. Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas. *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, n. 12. 1982. pg. 313-329.
- DUAN, S. et al. Validation of Collection 6 MODIS land surface temperature product using in situ measurements. *Remote Sensing of Environment*, n. 225. 2019. p. 16–29.
- ERMIDA, S.L. et al. Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series. *Remote Sensing*. MDPI, v.12. n. 1471. 2020. pg. 1-21.
- GILLESPIE, A. Land Surface Temperature. In: NJOKU, E.G. (ed.). *Encyclopedia of Remote Sensing*. Springer, 2014. Pg. 314-319.
- GUILLEVIC, P. et al. (2018). Land Surface Temperature Product Validation Best Practice Protocol. Version 1.1. In: P. GUILLEVIC, F. GÖTTSCHE, J. NICKESON & M. ROMÁN (Eds.), *Best Practice for Satellite-Derived Land Product Validation* (p. 58): Land Product Validation Subgroup (WGCV/CEOS).
- HACHEM, S. et al. Comparison of MODIS-derived land surface temperatures with near-surface soil and air temperature measurements in continuous permafrost terrain. *The Cryosphere Discuss.*, n. 5, 2011. p. 1583–1625.
- JENSEN, J.R. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2 ed. Pearson, 2014. 619 p.
- JIMÉNEZ-MUÑOZ, J.J. et al. Revision of the Single-Channel Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval From Landsat Thermal-Infrared Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 47, n. 1. 2009. pg. 339-349.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J.J. et al. Land Surface Temperature Retrieval Methods From Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. v. 11, n. 10. 2014. pg. 1840-1843.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J.J.; SOBRINHO, J.A. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*, v. 108, n. D22. 2003. 10 p.

KUENZER, C. et al. Spaceborne Thermal Infrared Observation – An Overview of Most Frequently Used Sensors for Applied Research. In: KUENZER, C.; DECH, S. (ed.). *Thermal Infrared Remote Sensing: Sensors, Methods, Applications*. Springer, 2013. pg. 131-148

LI, Z.L. et al. Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, Elsevier. v. 131. 2013. Pg. 14-37.

PARASTATIDIS, D. et al. Online Global Land Surface Temperature Estimation from Landsat. *Remote Sensing*. MDPI, v. 9. n. 1208. 2017. 16 p.

PREVEDELLO, C.L. Energia Térmica no Solo. In: LIER, Q.J. (ed.). *Física do Solo*. Viçosa: SBCS, 2010. pg. 177-212.

SANTOS, L.L. geeSEBAL: Uma ferramenta Google Earth Engine para estimativa de séries temporais de evapotranspiração. *Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental)*. Porto Alegre: UFRGS, 2020. 67 p.

SOBRINHO, J.A.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J.C.; PAOLINI, L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, n. 90, 2004. Pg. 434-440.

SOUZA Jr. et al., C.M. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*. MDPI, 2020. p. 1-27.

TRENTIN, R. et al. Análise comparativa da temperatura de superfície MODIS e temperatura do ar em diferentes situações no estado do Paraná. *Anais. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.7745.

YU, W.; MA, M. Scale mismatch between in situ and remote sensing observations of land surface temperature: Implications for the validation of remote sensing LST products. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. V.12, n. 3. Mar. 2015. pg. 497-501.

WAN, Z. et al. Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. *Remote Sensing of Environment*, n. 83. 2002. p. 163–180.

WANG, K. LIANG, S. Evaluation of ASTER and MODIS land surface temperature and emissivity products using long-term surface longwave radiation observations at SURFRAD sites. *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, n. 113. 2009. Pg. 1556-1565.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho recebeu o apoio financeiro parcial da CAPES – Brasil.