

## Análise de variação microclimática no Bioma Pampa devido à mudança de uso do solo

Lucimara Wolfarth Schirmbeck<sup>1</sup>  
Denise Cybis Fontana<sup>2</sup>  
Juliano Schirmbeck<sup>1</sup>  
Vagner Paz Mengue<sup>1</sup>  
Tatiana Mora Kuplich<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto  
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEPSRM  
Caixa Postal: 15044 – Porto Alegre – RS/Brasil  
lucimaraws@gmail.com, schirmbeck.j@gmail.com, vagnergeo@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Faculdade de Agronomia – Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia  
Caixa Postal: 15100 – Porto Alegre – RS/Brasil  
dfontana@ufrgs.br

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS  
Caixa Postal: 5021 – Santa Maria, RS/Brasil  
tatiana.kuplich@inpe.br

**Abstract.** Changing the grassland physiognomies ends up causing changes in the microclimate, which are important to be investigated and quantified. On this assumption the objective of this study was to verify how the difference in the use and land cover influence on regional microclimate from the soil moisture content TVDI, obtained from the Landsat 8 - OLI. For this purpose we used the Landsat 8 - OLI product NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) was calculated, and the surface temperature ( $T_s$ ) by split-window method, which is based on the use of two bands of the thermal spectrum. The TVDI (Temperature-Vegetation Dryness Index) was estimated from the image of  $T_s$  and NDVI which were related yielding a pattern of triangular shaped dispersion. Also used up the rainfall data coming from weather station surface. The results showed that the TVDI is able to indicate and quantify differences in water condition that occurs in Rio Grande do Sul, associated with the  $T_s$  differences and type of use and land cover. The highest rates occurred in regions with higher  $T_s$  and smaller NDVI in the case, the natural fields. The OLI sensor onboard Landsat 8, allowed a spatial detail of TVDI compatible with the size of fields that occur in the region.

**Palavras-chave:** TVDI, Landsat 8, Split-Window, water deficit, TVDI, Landsat 8, Split-Window, déficit hídrico

### 1. Introdução

Nos últimos anos o Bioma Pampa, com aproximadamente 17 milhões de hectares (Hasenack et al. 2007) e localizado na parte sul do Estado do Rio Grande do Sul (RS), vem sofrendo importantes alterações. Parte destas são devidas à expansão das culturas anuais, que vêm ocupando os espaços dos campos naturais em função da rentabilidade em curto prazo (Nabinger et al. 2009). Dentre as principais culturas no RS se destacam a soja, o arroz e o milho (IBGE, 2016), com relevante importância econômica no cenário brasileiro e mundial.

A conversão dos campos naturais para a agricultura de grãos, assim como para silvicultura, provoca aceleração da decomposição da matéria orgânica, diminuição dos estoques de matéria orgânica do solo e aumento das emissões de gases de efeito estufa (Pillar et al., 2015). Também, a alteração das fisionomias campestres acaba acarretando mudanças no microclima, as quais são importantes de serem investigadas e quantificadas, dadas as possíveis consequências.

O índice de umidade do solo ou TVDI (do inglês *Temperature-Vegetation Dryness Index*), proposto por Sandholt et al., (2002) pode contribuir neste sentido, a partir da disponibilização de um indicador da disponibilidade hídrica. O TVDI é calculado com base na relação entre a temperatura de superfície e um índice de vegetação, ambos obtidos a partir de dados de sensoriamento remoto. Ainda pouco difundido no RS, este índice pode ser utilizado no acompanhamento sistemático da condição hídrica do setor agrícola, sendo que o grau de detalhamento é função do tipo de sensor utilizado. Schirmbeck et al. (2015) verificaram que existe consistência no uso do TVDI, usando imagens MODIS (MOD13A2 - NDVI e MOD11A2 – Temperatura de superfície, resolução espacial de 1000 m), quanto à resposta da vegetação frente à necessidade hídrica em escala regional no Estado, tendo como foco a cultura da soja. Também, com este mesmo sensor, Moreira et al. (2015) constataram que o TVDI é indicador do estado hídrico da vegetação de diferentes fisionomias campestres. Em relação a sensores com maior resolução espacial, como o sensor OLI do Landsat 8, a disponibilização de duas bandas termais possibilita maior acurácia na estimativa da temperatura da superfície, o que é chave na determinação do TVDI.

O objetivo deste estudo foi verificar como a diferença no uso e cobertura do solo influencia no microclima regional a partir do índice de umidade do solo TVDI, obtido a partir de dados do Landsat 8 – OLI.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo está localizada na região central do RS, no Bioma Pampa entre os municípios de São Vicente do Sul e São Pedro do Sul. Na região, o agronegócio é a principal atividade econômica, sendo que as culturas anuais de primavera-verão são a base da economia em muitos municípios. O arroz irrigado é a principal cultura em termos de área e produção, mas nos últimos anos a cultura da soja está aumentando a área plantada em vários municípios da região e avançando sobre o Bioma Pampa, suporte alimentar para os rebanhos bovino e ovino. Para identificar os tipos de uso e cobertura do solo foi realizado um levantamento de campo em março de 2015, utilizando um receptor GPS. Os tipos de uso e cobertura utilizados neste trabalho foram: soja, arroz e campo (Figura 1).

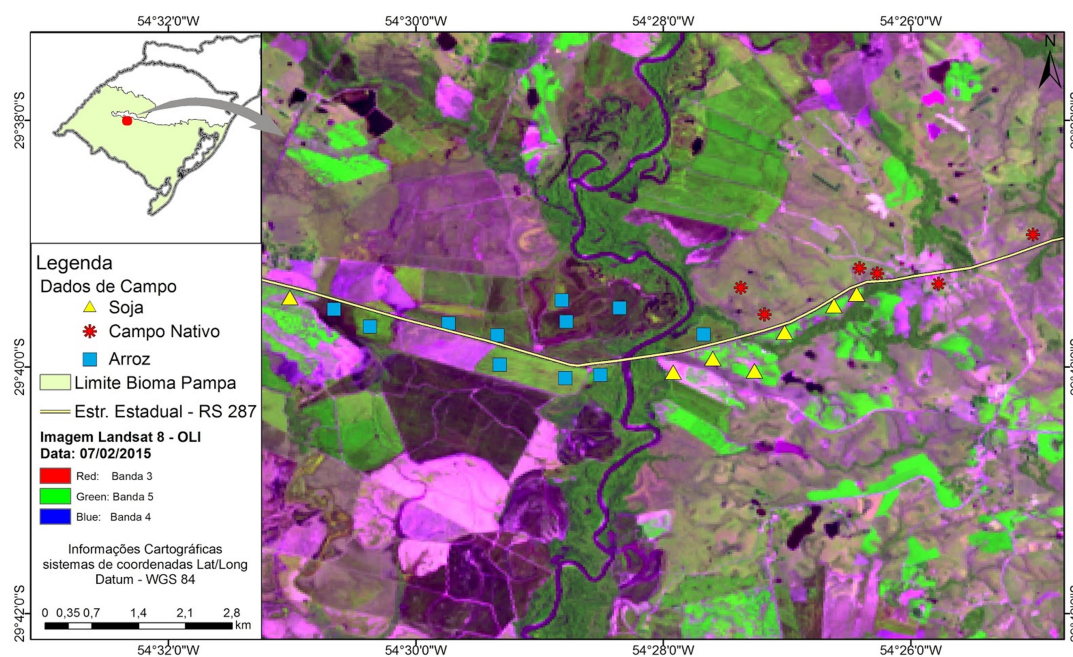


Figura 1. Localização da área de estudo no Rio Grande do Sul com identificação dos pontos de referência, imagem Landsat 8 – OLI (órbita/ponto - 223/81) de 07/02/2015, Rio Grande do Sul.

Foi utilizada imagem do satélite Landsat 8 – OLI com resolução espacial de 30 metros (órbita/ponto - 223/81) de 07 de fevereiro de 2016. As imagens Landsat 8 – OLI foram obtidas através da base de dados do USGS – ESPA (*United States Geological Survey*), fornecidas no sistema de coordenadas UTM, datum WGS-84 e no formato GeoTIFF. Foi escolhida esta data, pois neste período as culturas de primavera-verão estão em alto desenvolvimento vegetativo (Fontana et al., 2015).

Utilizou-se o produto Landsat 8 – OLI de NDVI, o qual é obtido a partir das bandas do vermelho e infravermelho próximo (Equação 1):

$$NDVI = (\rho_{IV} - \rho_V) / (\rho_{IV} + \rho_V) \quad (1)$$

sendo:  $\rho_{IV}$  a reflectância no infravermelho próximo;  $\rho_V$  a reflectância no vermelho.

A temperatura de superfície ( $T_S$ ) foi calculada pelo modelo *split-window* que se baseia, respectivamente, no uso de duas bandas do espectro termal, as bandas 10 e 11 do satélite. O principal benefício do modelo é seu melhor desempenho no processo de correção atmosférica, visto que a atmosfera está dentre as principais responsáveis pelas diferenças de temperatura obtidas com as duas bandas termais usadas (Nicolós et al., 2007). A  $T_S$  foi calculada aplicando a Equação 2 proposta por Jiménez-Muñoz et al. (2014).

$$T_S = T_{10} + c_1(T_{10} - T_{11}) + c_2(T_{10} - T_{11})^2 + c_0 + (c_3 + c_4w)(1 - \varepsilon) + (c_5 + c_6w)\Delta\varepsilon \quad (2)$$

sendo:  $T_{10}$  e  $T_{11}$  as temperaturas em Kelvin nas bandas do termal no satélite;  $c_0, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$  e  $c_6$  os coeficientes estimados para o satélite (Tabela 1);  $w$  o conteúdo de vapor de água na atmosfera em  $g\ cm^{-2}$ ;  $\varepsilon$  a emissividade média das bandas do termal ( $\varepsilon = 0,5 (\varepsilon_{10} + \varepsilon_{11})$ );  $\Delta\varepsilon$  a diferença da emissividade nas bandas do termal ( $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{10} - \varepsilon_{11}$ ).

Os coeficientes estimados para o satélite Landsat 8 – OLI utilizados no cálculo da  $T_S$  no algoritmo *split-window* propostos por Jiménez-Muñoz et al. (2014) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficientes utilizados no algoritmo *split-window* - Landsat 8.

Coeficiente	$c_0$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_6$
Valor	-0,268	1,378	0,183	54,3	-2,238	-129,2	16,4

Fonte: Jiménez-Muñoz et al. (2014).

Para o cálculo das emissividades das bandas 10 e 11 foi utilizada a Equação 3 proposta por Sobrino et al. (2002):

$$\varepsilon_{10} = \varepsilon_{Vn}P_V + \varepsilon_{Sn}(1 - P_V) \quad (3)$$

sendo:  $\varepsilon_{Vn}$  a emissividade da vegetação para cada uma das bandas do termal;  $\varepsilon_{Sn}$  a emissividade do solo para cada uma das bandas do termal;  $P_V$  é a porcentagem de vegetação (Equação 4).

Os valores das emissividades nas bandas 10 e 11 para a vegetação e o solo, segundo Yu et al. (2014), são, respectivamente:  $\varepsilon_{V10} = 0,9863$  e  $\varepsilon_{V11} = 0,9896$ ;  $\varepsilon_{S10} = 0,9668$  e  $\varepsilon_{S11} = 0,9747$ . A porcentagem da vegetação ( $P_V$ ) foi estimada a partir do NDVI, levando em consideração as seguintes restrições; se o NDVI está compreendido no intervalo (0 a 0,3) se considera solo exposto ( $P_V = 0$ ); se o NDVI está no intervalo de (0,3 a 0,6) responde a função linear de duas

componentes: solo e vegetação (Equação 4); e se o NDVI for maior ou igual a 0,6 ( $P_V = 1$ ), conforme proposto por Schirmbeck e Rivas (2007).

$$P_V = 3,333NDVI - 1 \quad (4)$$

Depois de obtida a  $T_S$  e o NDVI foi então calculado o índice que possibilita estimar a deficiência hídrica, a partir do TVDI, proposto por (Sandholt et al., 2002) conforme a Equação 5.

$$TVDI = (T_S - T_{Smin}) / (a + b NDVI - T_{Smin}) \quad (5)$$

sendo:  $T_S$  a temperatura radiativa do pixel em Kelvin;  $T_{Smin}$  a temperatura mínima de superfície em Kelvin correspondente ao limite úmido do triângulo evaporativo; “a” e “b” os coeficientes linear e angular da reta que representam o limite seco obtidos a partir do gráfico de dispersão entre o NDVI e a  $T_S$  e são utilizados para normalização do modelo.

O TVDI tem um padrão de dispersão que pode assumir uma forma triangular, dependendo da biomassa existente e do teor de umidade do solo (Sandholt et al., 2002). O índice pode variar de zero a 1, quanto maior a deficiência hídrica, mais próximo de 1 e quanto melhor a disponibilidade hídrica, mais próximo de zero.

Por fim, as imagens de NDVI,  $T_S$  e TVDI obtidas foram analisadas com dados de precipitação pluvial da estação meteorológica de Santa Maria (Lat.  $-29,7^\circ$  e Long.  $-53,7^\circ$ , altitude 95 m) pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

### 3. Resultados e Discussão

A distribuição espacial do NDVI na imagem Landsat 8 – OLI de 07/02/2015 (Figura 2) evidencia que este período é caracterizado pela grande quantidade de biomassa verde (alto desenvolvimento vegetativo) para as culturas de primavera-verão, principalmente soja (Fontana et al., 2015) e arroz irrigado (Klering et al., 2015).

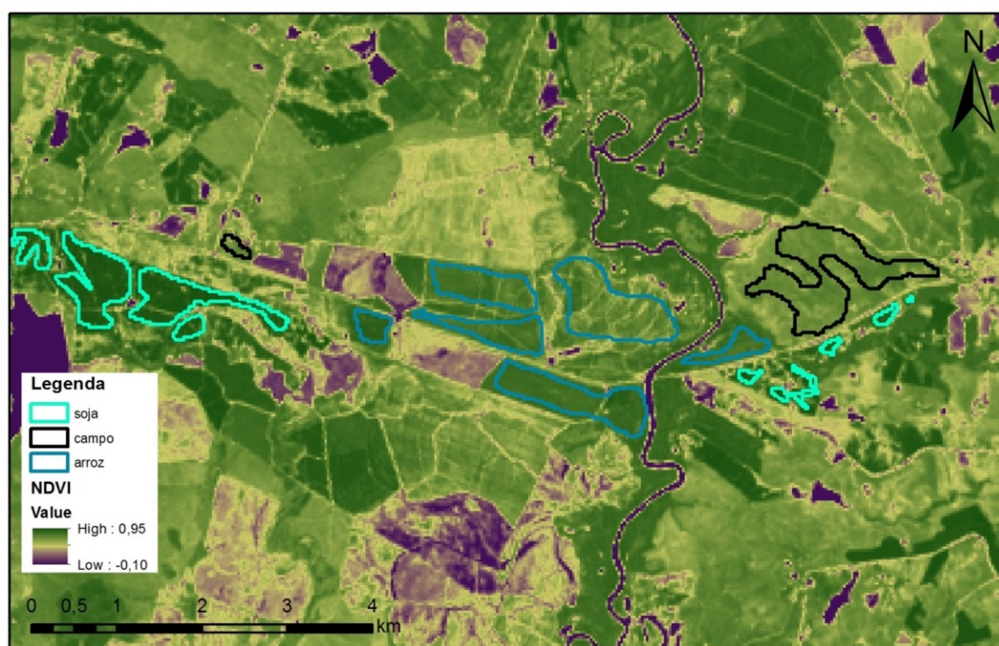


Figura 2. Distribuição espacial do índice de vegetação NDVI para os diferentes tipos de cobertura do solo, imagem Landsat 8 – OLI (órbita/ponto - 223/81) de 07/02/2015, Rio Grande do Sul.

Nas lavouras de arroz, devido à presença de água pela prática de irrigação inundada no sul do Brasil, o NDVI tendeu a apresentar valores intermediários. Os campos nativos, que possuem como característica uma vegetação rasteira, apresentaram menores valores de NDVI quando comparados com áreas agrícolas.

O verão no Estado é caracterizado pela menor disponibilidade de água no solo como consequência da maior demanda evaporativa da atmosfera, que muito frequentemente é superior ao aporte de água abastecida pela chuva. As temperaturas médias nas parcelas de campo (31,82 °C) foram maiores do que no arroz irrigado (25,78 °C), o que, pode ser explicado pela maior disponibilidade de água, decorrente da irrigação, e proporcionando à vegetação melhores condições de controle da temperatura da superfície. Na cultura da soja as temperaturas foram intermediárias (27,26 °C) conforme pode ser observado na distribuição espacial da temperatura na Figura 3.

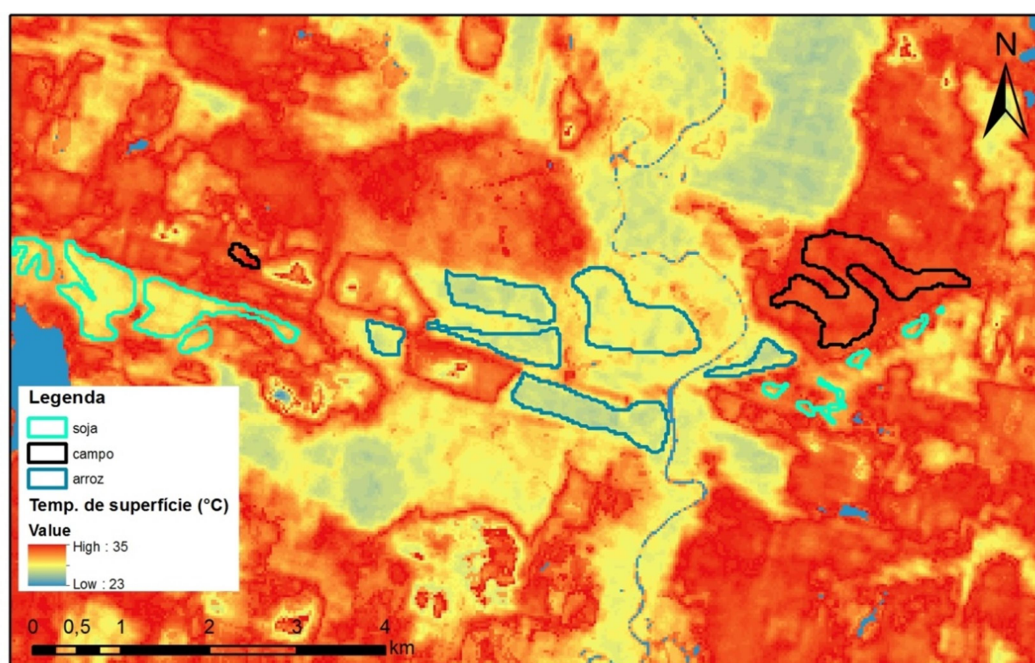


Figura 3. Distribuição espacial da temperatura de superfície para os diferentes tipos de cobertura do solo, imagem Landsat 8 – OLI (órbita/ponto - 223/81) de 07/02/2015, Rio Grande do Sul.

Na Figura 4 é apresentado o TVDI na área de estudo, onde se pode observar a alta variabilidade espacial do índice na área experimental. O nível de detalhamento obtido é muito superior aquele verificado nos estudos anteriores com imagens MODIS, tornando possível a análise das diferenças na disponibilidade de água entre os distintos tipos de uso e cobertura.

Verifica-se que nas parcelas de arroz foram encontrados os menores valores do índice, média de 0,12, quando comparadas ao campo e a soja. Este padrão é coerente com o esperado e se deve a presença de água nas lavouras, como já mencionado anteriormente, e pela presença de alta biomassa verde nesta data, que coincide com o período de enchimento de grãos das lavouras.

Para a cultura da soja ocorreram valores maiores do índice em relação ao arroz (média de 0,35), mas inferiores ao campo. Isto pode ser explicado em função da soja ser cultivada majoritariamente sem o uso de irrigação. Considerando que a cultura necessita neste período do desenvolvimento de cerca de, 7,5 mm.dia<sup>-1</sup> (Matzenauer et al. 2002), frequentemente ocorre deficiência de água, o que determina o aumento nos valores de TVDI. Entretanto, os valores intermediários do índice observados nesta data mostram que, apesar de ocorrer certa

restrição hídrica, esta não foi severa. Havia água no solo e a grande quantidade de biomassa verde neste período favoreceu o controle da temperatura nas lavouras através do processo evapotranspirativo.

Conforme dados meteorológicos disponibilizados pelo INMET na estação meteorológica mais próxima da área de estudo (Santa Maria), o último registro de precipitação pluvial ocorreu a nove dias antes da captura da imagem (dia 29/01), sendo de 33,8 mm. Na última semana de janeiro foi registrado 53,7 mm.

Nos campos ocorreram os maiores valores de TVDI, acima de 0,7 nesta data, indicando restrição hídrica mais intensa do que nos demais tipos de uso e cobertura do solo. Este padrão também foi verificado por Moreira et al. (2015), os quais apontaram que no verão as fisionomias campestres registram os maiores valores do índice. Também se pode considerar que segundo Nabinger et al. (2009) práticas de manejo como o pastejo pesado por longo período de tempo tende a compactar o solo e assim favorecer a menor infiltração de água com maior escoamento superficial.

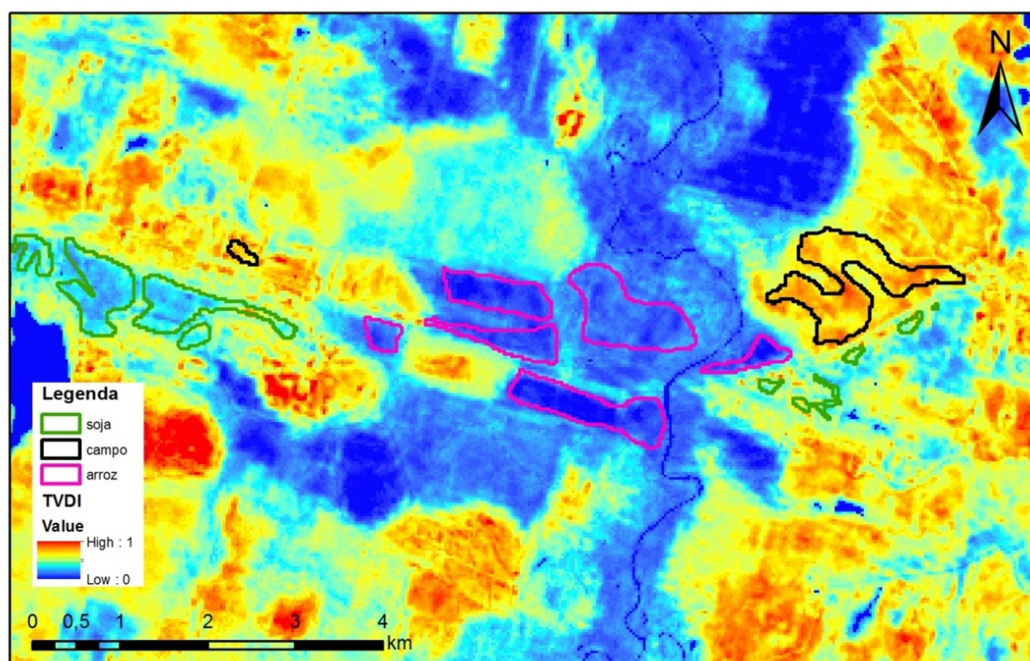


Figura 4. Distribuição espacial do TVDI para os diferentes tipos de cobertura do solo, imagem Landsat 8 – OLI (órbita/ponto - 223/81) de 07/02/2015, Rio Grande do Sul.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e a variabilidade de  $T_s$ , NDVI e TVDI, para os três tipos de uso e cobertura analisados, onde se pode mais uma vez observar a coerência dos padrões obtidos, facilmente compreendidos tendo como base os conceitos de distribuição dos componentes do balanço de energia da superfície.

Tabela 1. Valores médios e a variabilidade (CV) de  $T_s$ , NDVI e TVDI para os três diferentes tipos de cobertura do solo.

Classes	$T_s$ (°C)	CV	NDVI	CV	TVDI	CV
Campo	31,82	0,3327	0,78	0,0007	0,73	0,0055
Soja	27,26	0,7486	0,91	0,0012	0,35	0,0139
Arroz	25,78	0,3819	0,83	0,0023	0,12	0,0044

#### 4. Conclusões

O TVDI é capaz de indicar e quantificar a condição hídrica que ocorre em coberturas agrícolas e de vegetação nativa, associadas a diferenças de temperatura da superfície e de tipo de uso e cobertura do solo.

Os maiores TDVI, que indicam maior restrição hídrica, ocorrem em regiões com maiores temperaturas da superfície e menores coberturas de vegetação (menor NDVI), no caso, campos nativos.

O sensor OLI, a bordo do Landsat – 8, fornece dados que permitem um detalhamento espacial do TVDI em comparação ao obtido através de dados MODIS e é compatível com o tamanho das lavouras que ocorrem na área de estudo no RS.

Os resultados obtidos sinalizam a utilidade destes dados e métodos para a discriminação mais acurada de lavouras de soja, arroz irrigado pastagens e campos nativos, passíveis de apresentarem respostas espectrais semelhantes em condições de vigor vegetacional.

#### Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão de auxílio financeiro à pesquisa, projeto 456.585/2014-1 e a CAPES pela concessão de bolsa.

#### Referências bibliográficas

Fontana, D.C.; Pinto, D.G.; Junges, A.H.; Bremm, C. Inferências sobre o calendário agrícola a partir de perfis temporais de NDVI/MODIS. **Bragantia**, 74, 350-358. 2015.

Hasenack, H.; Cordeiro, J.L.P.; Costa, B.S.C. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul In: Sustentabilidade produtiva no Bioma Pampa. II Simpósio de Forrageiras e Produção Animal (eds. Dall'agnol, M.; Nabinger, C.; Sant'Anna, D.M.; Santos, R.J.). Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia – UFRGS, Porto Alegre, 15-22. 2007.

IBGE, Instituto brasileiro de Geografia e Estatística – Banco de Dados SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em 20 jul. 2016.

Jiménez-Muñoz, J.C.; Sobrino, J.A.; Skokovic, D.; Mattar, C.; Cristóbal, J. Land Surface Temperature Retrieval Methods From Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, 11, 1840-1843. 2014

Klering, E.V.; Fontana, D.C.; Roglio, V.S.; Alves, R.C.M.; Berlato, M.A. Modelo agrometeorológico-espectral para estimativa da produtividade de grãos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 2, p. 247-256. 2016.

Matzenauer, R.; Bergamaschi, H.; Berlato, M. A.; Maluf, J. R. T.; Barni, N. A.; Bueno, A. C.; Didoné, I. A.; Anjos, C. S.; Machado, F. A.; Sampaio, M. R. Boletim FEPAGRO, **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul**, n. 10. 2002.

Moreira, A.; Schirmbeck, L.W.; Schirmbeck, J.; Fontana, D.C. Avaliação de fisionomias campestres no Rio Grande do Sul com uso do índice de umidade TVDI. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** João Pessoa. Artigos, p. 2782-2789. 2015.

Nabinger, C.; Ferreira, E.T.; Freitas, A.K.; Carvalho, P.C.F.; Sant'anna, D.M. Produção animal em campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: Pillar, V.P.; Müller, S.C.; Castilhos, Z.M.S.; Jacques, A.V.A. (Org.). Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - **MMA**, p. 175-198. 2009.

Niclòs, R.; Caselles, V.; Coll, C.; Valor, E. Determination of sea surface temperature at large observation angles using an angular and emissivity-dependent split-window equation. **Remote Sensing of Environment**, 111, 107–12. 2007.

Sandholt, I., Rasmusen, K., Andersen, J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. **Remote Sensing of Environment**, 79, 213-224. 2002.

Schirmbeck, J.; Rivas, R. Estimación de la radiación neta a nível del suelo a partir de datos captados por el sensor ETM+. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Florianópolis. Artigos, p. 6159-6165. 2007.

Schirmbeck, L.W.; Schirmbeck, J.; Fontana, D.C. Produtos MODIS para identificação de áreas em estresse hídrico na cultura da soja. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** João Pessoa. Artigos, p. 2830-2836. 2015.

Sobrino, J.; Jimenez Muñoz, J C.; Paolini, L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. **Remote Sensing of Environment**, 90, 434-440, 2002.

USGS (U.S. Geological Survey), ESPA (Center Science Processing Architecture). Disponível em: < <https://espa.cr.usgs.gov> > Acesso em 25/10/2016.

Yu, X.; Guo, X.; Wu, Z. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS—Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method. **Remote Sensing**, 6, 9829-9852. 2014.