# Avaliação de fisionomias campestres no Rio Grande do Sul com uso do índice de umidade TVDI

Andreise Moreira [1]
Lucimara Wolfarth Schirmbeck [1]
Juliano Schirmbeck [1]
Denise Cybis Fontana [1]

[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto
Avenida Bento Gonçalves 9500 - 91501-970 - Porto Alegre, RS, Brasil
andreisem@gmail.com; lucimaraws@gmail.com; schirmbeck.j@gmail.com;
dfontana@ufrgs.br

**Abstract.** The aim of this study was to use the soil moisture index (TDVI - Temperature Vegetation Dryness Index) as parameter to characterize the local hydric condition, to different physiognomies of grassland vegetation from the Pampa and Mata Atlântica biome in the State Rio Grande do Sul, Brazil, from images of moderate spatial resolution sensor. The TVDI analysis shows high variability throughout the year of 2013 (temporal standard), as well as among physiognomies grassland in RS (spatial standard). It is possible to identify the periods in which there was hydric stress and relate it with the occurrence of pluvial precipitation and soil type. Average values calculated of TVDI by season denote greater hydric stress during the summer for the CBB, CCA, CCE, CGR, CMC, CMAC and CSR physiognomies. This pattern holds for spring, except for the CMC physiognomy. The trend is the decrease of hydric stress during the autumn and winter for most grassland physiognomies. For the four seasons there was no hydric stress for the physiognomies CAL, CAR CLI. The TVDI can be used as an indicator of the state hydric of the grassland vegetation and can be used to identify the occurrence of stress and in management of grassland.

**Palavras-chave:** hydric stress, grassland vegetation, weather variation, estresse hídrico, vegetação campestre, variação meteorológica.

## 1. Introdução

A vegetação campestre presente no Rio Grande do Sul (RS) está distribuída entre os Biomas Mata Atlântica e Pampa, o qual se estende pelo Uruguai e Argentina. No Estado, o Bioma Pampa se localiza na porção sul e oeste, ocupando cerca de 63% do território estadual, sendo formado por áreas naturais com predomínio de vegetação herbácea. Já o Bioma Mata Atlântica se distribui nas maiores altitudes do Planalto Riograndense e se estende pelos estados de Santa Catarina e Paraná. Este Bioma, também conhecido como Campos de Cima da Serra, é formado por extensões de áreas campestres associadas com a floresta de araucária (*Araucaria angustifolia)* (Valls et. al., 2009).

A vegetação campestre do RS possui grande biodiversidade e espécies vegetais de alto valor forrageiro, com predomínio de vegetação herbácea. A estimativa do número de espécies de gramíneas varia de 3.000 a 4.000, sendo característica a co-existência de espécies C3 e C4, com diferentes eficiências na produção de biomassa (Quadros e Pillar 2002, Overbeck et al., 2007). Este bioma, formado por mosaicos de vegetação campestre, floresta e culturas agrícolas, mantém aspecto natural, apenas em algumas regiões menos degradadas.

As principais atividades desenvolvidas são a pecuária e a agricultura, com os cultivos de soja, arroz, milho e trigo (IBGE, 2006). Em função da expansão das atividades agrícolas e silvicultura, principalmente, sobre as áreas de campo, a conservação e manutenção da biodiversidade no Bioma Mata Atlântica e Pampa são temas atuais (MMA, 2007; PROBIO, 2010), tornando-se cada vez mais necessário o conhecimento da dinâmica fenológica de suas coberturas vegetais.

Devido à grande diversidade biológica, aliada às pressões antrópicas, a vegetação campestre do Estado é considerada de extrema importância para a conservação da

biodiversidade local, sendo que o uso de diferentes métodos de análise do padrão desta vegetação é importante para conhecer o estado de conservação, a produtividade e identificar a ocorrência de perturbações condicionadas por mudanças no clima.

Condições ambientais desfavoráveis causam impactos ecológicos e econômicos também desfavoráveis. O défcit hídrico, por exemplo, causa a redução da vegetação campestre e disponibilidade de pastagens naturais para o desenvolvimento da pecuária de corte. A coleta de informações para construção e avaliação de padrões sazonais da vegetação permite acompanhar o padrão de resposta das espécies quando da ocorrência de intensas alterações no clima ou mudança de estação. Em geral, cada espécie vegetal possui um padrão de ciclo fenológico e este, poderá ser alterado conforme houver modificações em seu ambiente.

O estudo da distribuição espacial e temporal de parâmetros biofísicos, da precipitação pluviométrica e da evapotranspiração pode contribuir para identificar as causas das diferenças de comportamento das distintas fisionomias campestres, a partir do uso de imagens de satélite, seus produtos e técnicas de mapeamento. A aplicação do TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*) (Shandolt et. al, 2002) pode ser utilizado na análise de estresse hídrico, pois é um índice que permite investigar a umidade na superfície do solo (Tang et. al, 2010), fator este que está diretamente relacionado ao padrão de desenvolvimento da vegetação.

Assim, este trabalho objetivou utilizar o índice de umidade do solo (TDVI) como parâmetro para caracterizar a condição hídrica local, para 10 fisionomias de vegetação campestre no estado do RS, a partir de imagens de sensor de moderada resolução espacial.

## 1.1 Área de Estudo

Foram utilizados 20 polígonos amostrais para representar cada uma das 10 fisionomias campestres do Estado. Estas fisionomias foram definidas por Boldrini (1997), Hasenack et al. (2010) e Boldrini e Longhi-Wagner (2011), a partir das características geográficas do Estado como clima, altitude, declividade, heterogeneidade dos solos e a florística da vegetação (Figura 1).

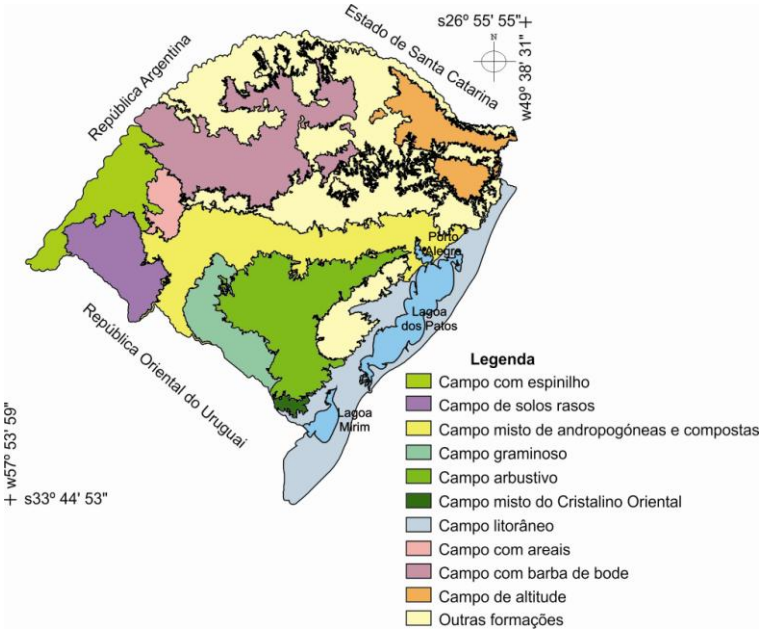


Figura 1. Fisionomias campestres do estado do Rio Grande do Sul.
Fonte: Adaptado de Hasenack et al. (2010).

## 2. Metodologia

Foi utilizado o índice TVDI (*Temperature Vegetation Dryness Index*), proposto por Sandholt et al., (2002), de forma a dimensionar o estresse hídrico da vegetação. O TVDI (Equação 1) utiliza a temperatura da superfície e o NDVI (*Índice de Vegetação por Diferença Normalizada*), variando entre 0 e 1; quanto mais próximo de 1 mais estresse ocorre. Para o cálculo, utilizou-se a sequência de imagens MODIS do ano de 2013 dos produtos MOD13Q1 (NDVI) e MOD11 (temperatura de Superfície), com resolução temporal de 16 dias e espectral de 1km.

$$TVDI = (T_s - T_{smin})/(a + b * NDVI - T_{smin}) \quad (1)$$

onde: Ts é a temperatura radiativa da superfície; Tsmin é a temperatura radiativa mínima de superfície, correspondente ao limite úmido; "a" e "b" são os coeficientes linear e angular da reta que representa o limite seco. Estes limites, seco e úmido são obtidos a partir de um gráfico de dispersão entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície e são utilizados para normalização do modelo.

Os parâmetros a e b foram determinados para cada data de aplicação do modelo. Para a análise do TVDI foram obtidos valores médios dos 20 polígonos amostrais das 10 fisionomias vegetais campestres do RS e plotados em função tempo.

Valores médios de TVDI para cada estação do ano e fisionomia campestre foram obtidos e relacionados com a precipitação pluvial do RS. A análise de significância estatística, resultado do teste *t* determinou grupos semelhantes, de acordo com a estação do ano e fisionomia estudada.

## 3. Resultados

A análise do TVDI (Figura 2) mostra alta variabilidade ao longo do ano de 2013 (padrão temporal), assim como entre as fisionomias campestres do Estado (padrão espacial). É possível identificar os períodos em que ocorreu estresse hídrico e relacioná-lo com a ocorrência de precipitação pluvial e tipo de solo predominante.

Os padrões encontrados são consequência da ação combinada das condições ambientais, especialmente meteorológicas, e das condições de manejo. Diferentes formas e pressões de pastejo são empregadas pelos rebanhos na vegetação campestre e representam um fator de seleção sobre a comunidade vegetal, com efeitos diretos sobre a biomassa (ou oferta de forragem), influenciados também pelas condições do ambiente e ciclagem de nutrientes (Quadros e Pillar, 2010).

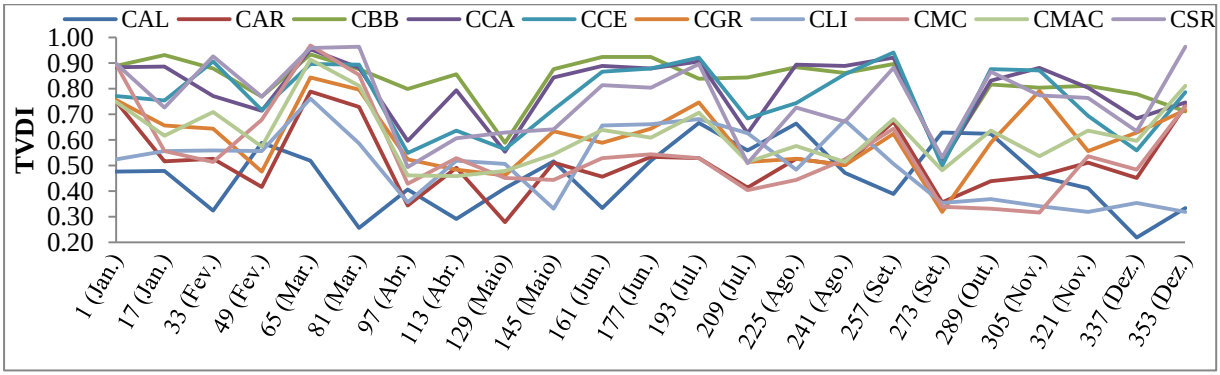


Figura 2. Valores médios de TVDI de fisionomias campestres do RS (CAL – Campo de altitude, CAR – Campo arbustivo, CBB – Campo com barba de bode, CCA – Campo com areais, CCE – Campo com espinilho, CGR – Campo graminoso, CLI – Campo litorâneo, CMC – Campo Misto do Cristalino Oriental, CMAC - Campo misto de andropogôneas e compostas e CSR – Campo de solos rasos) para o ano de 2013.

Valores médios de TVDI calculados por estação denotam maior estresse hídrico durante o verão com valores acima de 0,68 para as fisionomias CBB, CCA, CCE, CGR, CMC, CMAC e CSR (Tabela 1 e Figura 3). Este padrão se mantém para a primavera, exceto para a fisionomia CMC. De acordo com os dados do INMET/FEPAGRO/IRGA, a precipitação pluvial durante o trimestre de fevereiro, março e abril de 2013 apresentou valores irregulares para o Estado (Figura 4), podendo estar associado aos valores elevados de estresse hídrico apontado pelo TVDI para a maioria das fisionomias campestres estudadas.

Tabela 1. Valores médios de TVDI por estação para fisionomias campestres do RS – 2013 (Letras distintas na coluna indicam diferença significativa pelo teste *t* para um intervalo de confiança de 95%)

| **Fisionomias Campestres** | **Valores médios de TVDI por estação** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Verão** | **Outono** | **Inverno** | **Primavera** |
| Campo de altitude (CAL) | 0,48c | 0,37c | 0,55c | 0,45c |
| Campo arbustivo (CAR) | 0,60c | 0,47c | 0,53c | 0,49c |
| Campo com barba de bode (CBB) | 0,88a | 0,82a | 0,87a | 0,74a |
| Campo com areais (CCA) | 0,84a | 0,76a | 0,79a | 0,74a |
| Campo com espinilho (CCE) | 0,81b | 0,71a | 0,84a | 0,71a |
| Campo graminoso (CGR) | 0,68b | 0,58b | 0,59b | 0,60b |
| Campo litorâneo (CLI) | 0,59c | 0,49c | 0,61b | 0,44c |
| Campo misto do Cristalino Oriental (CMC) | 0,72b | 0,54b | 0,52c | 0,46c |
| Campo misto de andropogôneas e compostas (CMAC) | 0,71b | 0,57b | 0,60b | 0,62b |
| Campo de solos rasos (CSR) | 0,86a | 0,69b | 0,75b | 0,76a |

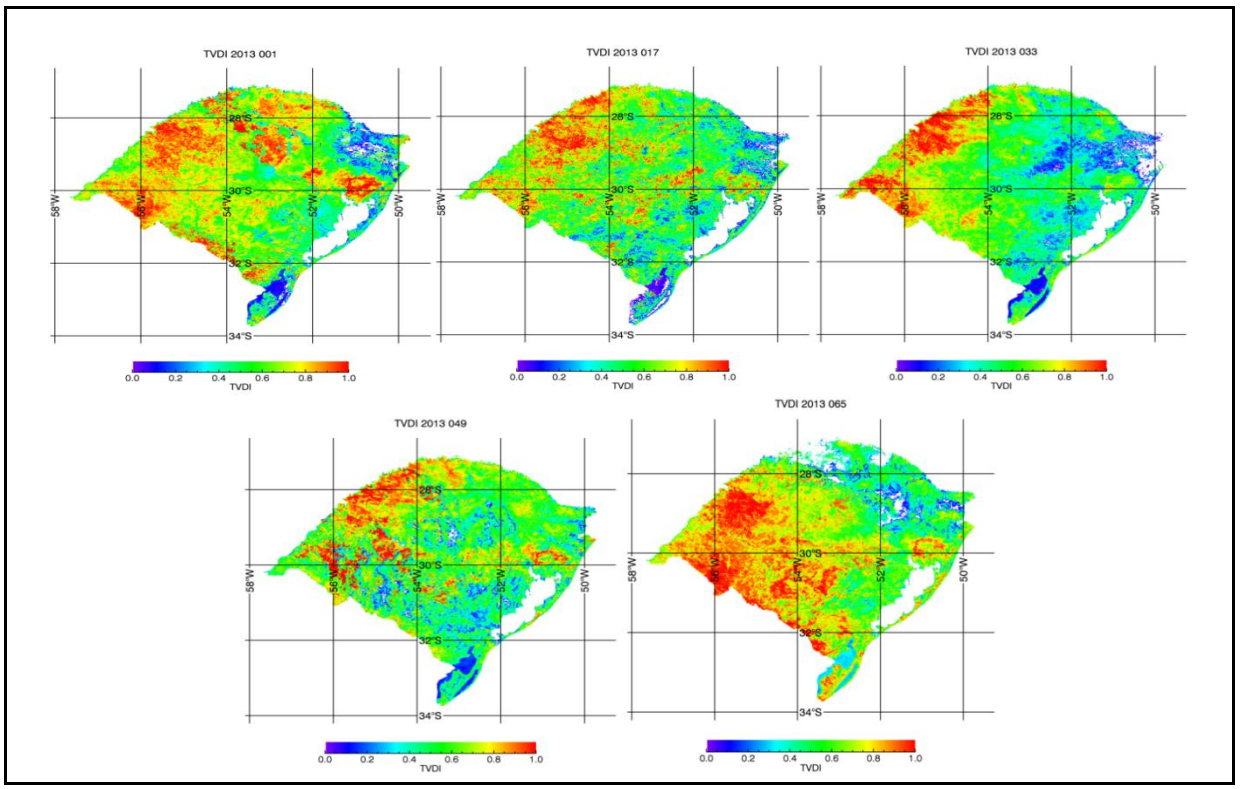


Figura 3. Variabilidade do índice de umidade (TVDI) do RS para o verão de 2013.

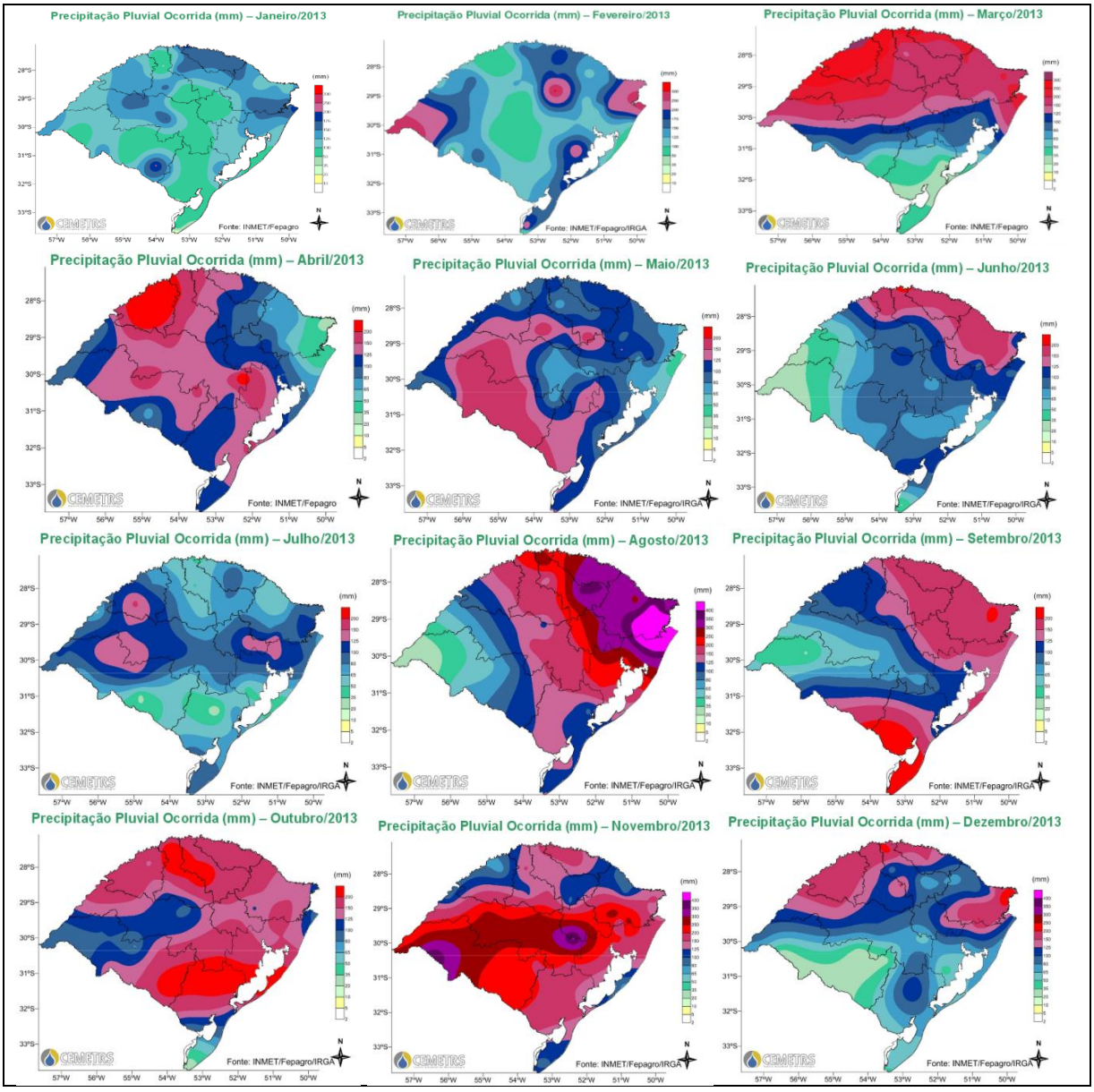


Figura 4. Precipitação pluvial mensal para o ano de 2013 no RS.
Fonte: Adaptado do Boletim Meteorológico Mensal do estado do RS, ano de 2013.

A tendência é de diminuição de estresse hídrico durante o outono e inverno para a maioria das fisionomias campestres, apenas CBB, CCA e CCE apresentaram valores de TVDI elevados, com variação entre 0,82 a 0,87, também para estas estações. Estas fisionomias distribuem-se na região sudoeste do RS onde foram registrados valores de precipitação pluvial na faixa igual ou inferiores a normal climatológica para os meses de maio a julho. Destaca-se o mês de junho em que as precipitações ficaram abaixo do padrão climatológico nesta região (Figura 4), influenciando nos elevados valores de TVDI (Figura 5 e 6).

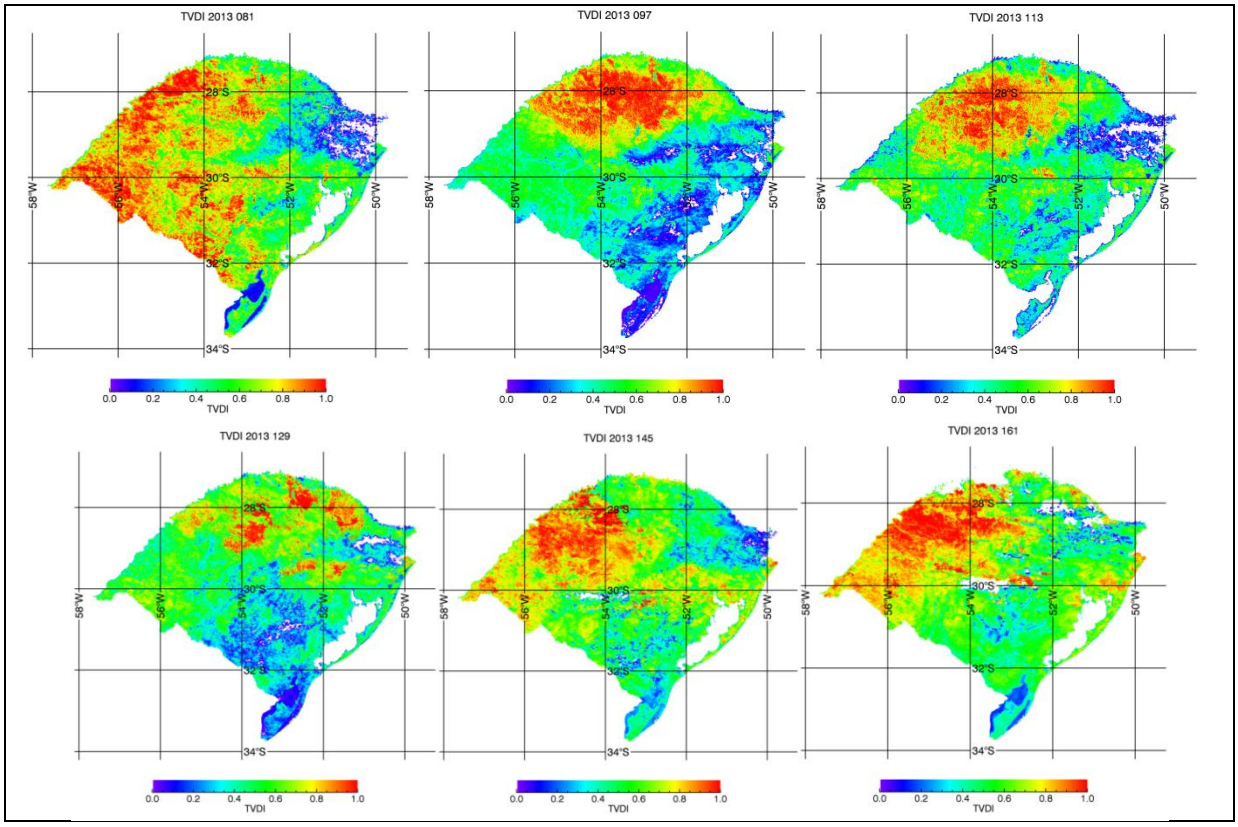


Figura 5. Variabilidade do índice de umidade (TVDI) do RS para o outono de 2013.

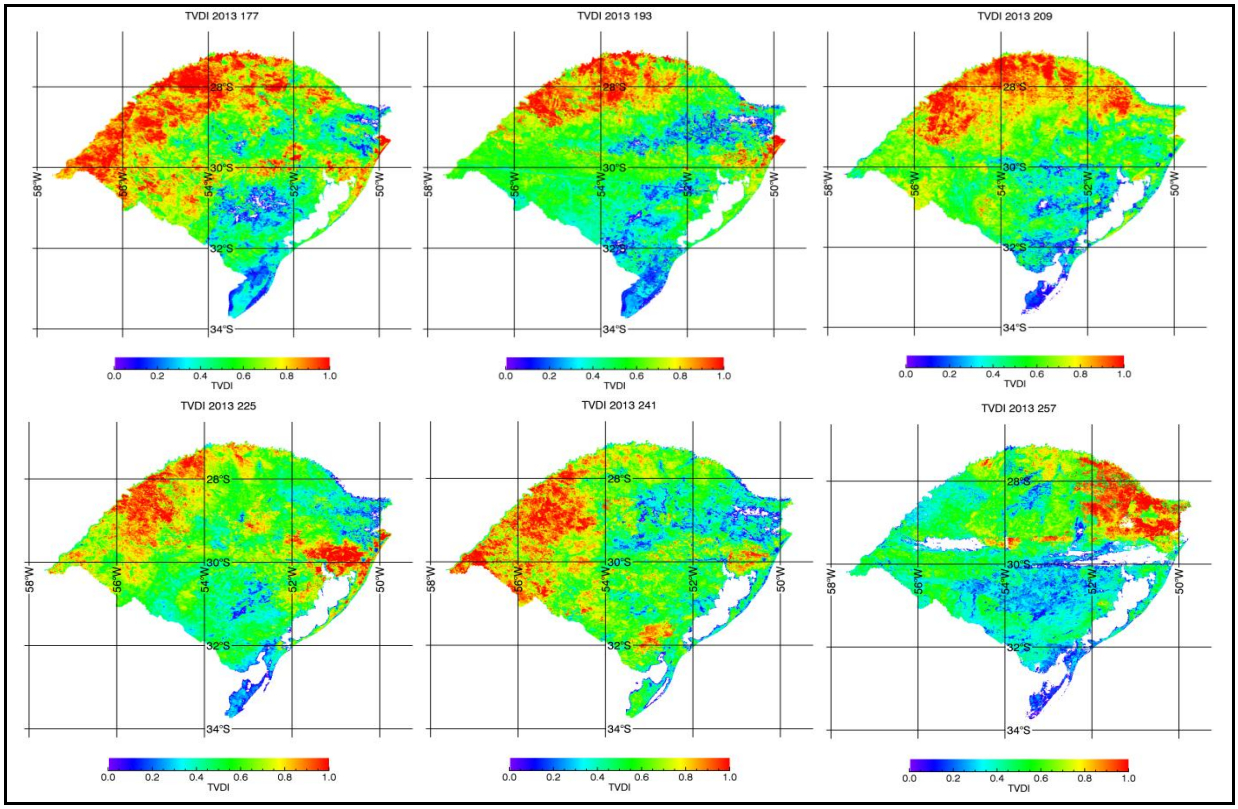


Figura 6. Variabilidade do índice de umidade (TVDI) do RS para o inverno de 2013.

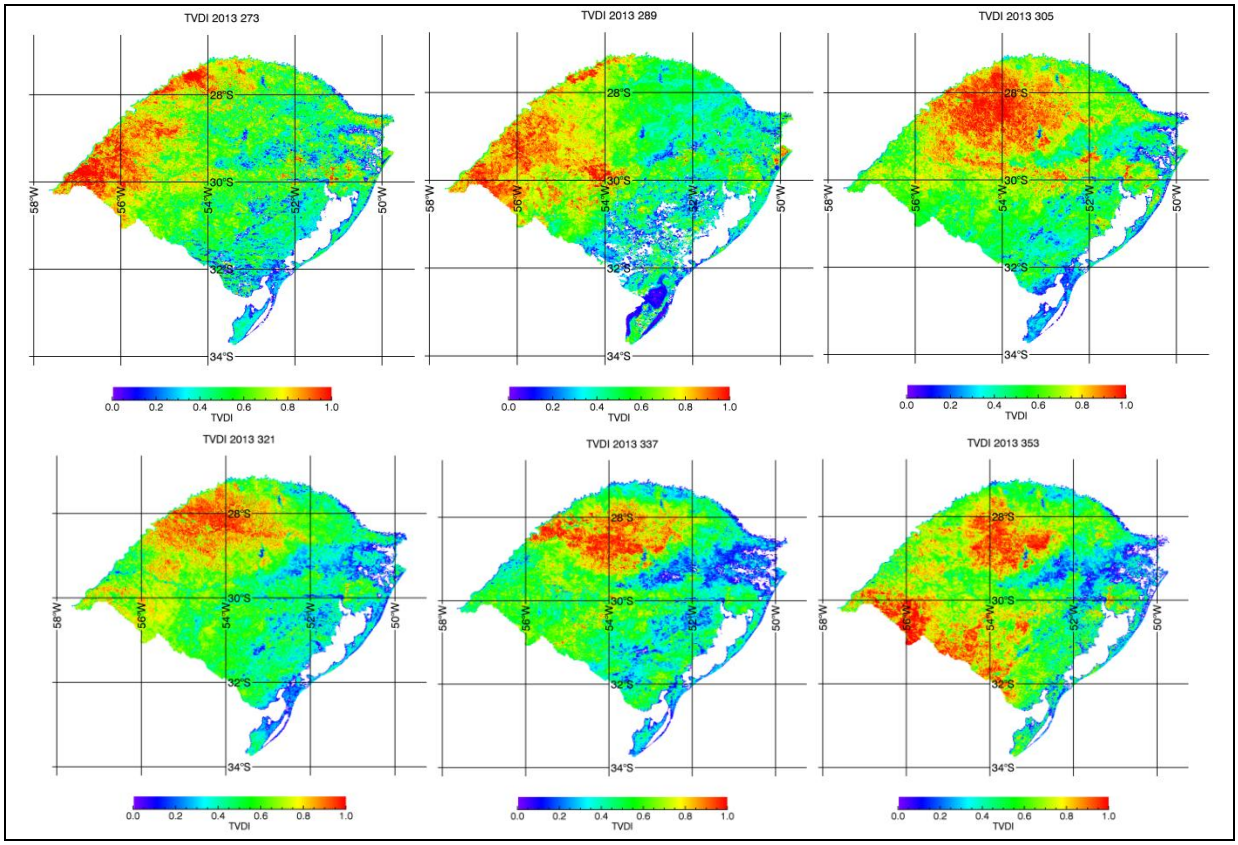


Figura 7. Variabilidade do índice de umidade (TVDI) do RS para primavera de 2013.

Para as quatro estações do ano não houve estresse hídrico para as fisionomias CAL, CLI e CAR, os valores de TVDI ficaram abaixo de 0,60. A fisionomia CAL é encontrada no nordeste do Estado e apresentou os menores valores de TVDI para o ano de 2013 (Tabela 1). A fisionomia CLI distribui-se ao longo do litoral e a CAR localiza-se a sudeste do RS. Nestas áreas, os valores de precipitação pluvial estiveram dentro do padrão climatológico o que denota os menores valores de TVDI.

A análise dos valores médios por estação do ano permitiu identificar grupos semelhantes e a relação destes com a precipitação pluvial e tipos de solo no RS para o ano de 2013. A aplicação de teste *t*, com 95% de confiança estatística, denota semelhança significativa do TVDI no verão para as fisionomias CCE, CGR, CMC e CMAC (Tabela 1). Estas fisionomias distribuem-se ao sul e sudoeste do Estado. Os valores de TVDI possivelmente foram influenciados pela variação da precipitação pluvial (Figura 4) e tipos de solo. No local é possível encontrar solos hidromórficos, solos rasos e solos profundos de baixa e alta fertilidade em menor quantidade (Hasenack et. al., 2010). Este mesmo padrão mantém-se para as fisionomias CGR, CMC, CMAC e CSR ambas encontradas ao sul e sudeste do RS.

No inverno, além das fisionomias CGR, CMAC e CSR localizadas ao sul do Estado, também a fisionomia CLI apresentou padrão semelhante nos valores de TVDI. A fisionomia CLI distribui-se ao longo do litoral do RS, onde predomina o solo hidromórfico e a precipitação pluvial apresentou índices pluviométricos normais (Figura 4). Na primavera, as fisionomias CGR e CMAC possuem semelhança. Durante esta estação a precipitação pluvial no Estado no ano de 2013 distribuiu-se de forma irregular, porém no centro-sul do RS, na região da depressão central onde predominam estas fisionomias, a precipitação esteve dentro do padrão climatológico.

## 4. Considerações

1. O TVDI pode ser utilizado como indicador do estado hídrico da vegetação campestre podendo ser usado para a identificação da ocorrência de estresses e orientações de manejo.
2. Durante o verão observou-se os maiores valores de TVDI, com tendência de diminuição durante o outono e inverno.
3. As semelhanças entre as fisionomias estão relacionadas com a distribuição da precipitação pluvial e tipo de solos.

## Agradecimentos

AM agradece a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da Bolsa de Doutorado.

## Referências Bibliográficas

Boldrini I.I. Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências**, n. 56, p.1-39, 1997.

Boldrini, I.I.; Longhi-Wagner, H.M. Poaceae no Rio Grande do Sul: diversidade, importância na fisionomia e conservação, **Ciência & Ambiente**, v. 1, n. 42, p.71-92, 2011.

Centro Estadual de Meteorologia (CEMETRS). **Boletim Meteorológico Mensal.** Porto Alegre: Centro Estadual de Meteorologia. Disponível em: http://www.cemet.rs.gov.br/lista/218/Boletim_Meteorol%C3%B3gico_Mensal. Acesso em: 27 out. 2014.

Hasenack, H.; Weber, E.; Boldrini, I.I.; Trevisan, R. **Mapa de sistemas ecológicos da ecorregião das savanas uruguaias em escala 1:500.000 ou superior e relatório técnico descrevendo insumos utilizados e metodologia de elaboração do mapa de sistemas ecológicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Centro de Ecologia/The Nature Conservancy, 2010. 22 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**. Manuais técnicos em Geociências. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. 91p. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/.shtm. Acesso em: 11 set. 2014.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**: Relatório do bioma pampa. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 31p.

Overbeck, G.E.; Müller, S.C.; Fidelis, A.; Pfadenhauer, J.; Pillar, V.P.; Blanco, C.C.; Boldrini, I.I.; Both, R.; Forneck, E.D. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 9, n. 2, p. 101-116, 2007.

Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO). **Monitoramento do bioma pampa 2002 - 2008**. Brasília: CRS/IBAMA, 2010. 34p.

Quadros, F.L.F.; Pillar, V.D. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**. v. 24, p. 109-118, 2002.

Sandholt, I.; Rasmussen, K.; Andersen, J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. **Remote Sensing of Environment**, v. 79, n. 2-3, p.213–224, 2002.

Tang, R.; Li, Z.L.; Tang, B. An application of the Ts–VI triangle method with enhanced edges determination for evapotranspiration estimation from MODIS data in arid and semi-arid regions: Implementation and validation. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 3, p.540-551, 2010.

Valls, J.F.M.; Boldrini I.I.; Longhi-Wagner, H.M.; Miotto, S.T.S. O patrimônio florístico dos Campos: potencialidades de uso e a conservação de seus recursos genéticos. In: Pillar, V.P. (Org.). **Campos Sulinos**: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. cap. 10, p. 139-154.