

# Guia de Uso – Plugin “Índices Topográficos SPI e TWI” (PRAD Toolbox)

Universidade Federal de Rondonópolis – Laboratório de Geoprocessamento ICAT/UFR  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – LabGIS/FAENG/UFMS

---

## 1. Funcionalidades principais

O plugin “Índices Topográficos SPI e TWI” integra a **Caixa de Ferramentas PRAD Toolbox** e automatiza o cálculo dos índices **Stream Power Index (SPI)** e **Topographic Wetness Index (TWI)** a partir de um **Modelo Digital de Elevação (MDE/DEM)**.

Esses índices permitem identificar **zonas de fragilidade ambiental**, **áreas suscetíveis à erosão** e **locais prioritários à recomposição vegetal**, oferecendo suporte direto a **projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)** e **planejamento ambiental de microbacias**.

Principais funções:


- Cálculo automático dos índices **SPI** e **TWI**;
  - Reprojecção e correção do MDE;
  - Preenchimento de valores nulos (NoData);
  - Geração de produtos raster compatíveis com o QGIS e relatórios técnicos;
  - Interpretação geomorfológica direta do relevo (energia × umidade).
- 

## 2. Requisitos de entrada

O algoritmo requer:

- **Camada raster obrigatória:**

- **DEM (Modelo Digital de Elevação)**, com unidades métricas (ex.: SIRGAS 2000 / UTM).
- **Parâmetros internos automáticos:**
  - Correção de NoData (**fillnodata**);
  - Reprojeção para o SRC do projeto;
  - Cálculo da declividade (em graus → radianos);
  - Acumulação de fluxo (**r.watershed** – GRASS GIS).
- **Saídas geradas:**
  - Raster **SPI** – Índice de Potência do Fluxo;
  - Raster **TWI** – Índice de Umidade Topográfica.

 **Observação:** Utilize sempre MDE contínuos (sem falhas abruptas) e projetados em metros para garantir coerência entre área e declividade.

---

### 3. Como utilizar o algoritmo no QGIS

1. Abra o **QGIS** ( $\geq 3.40$ ).
2. Carregue o **DEM de entrada** no painel de camadas.
3. Vá em **Processamento** → **Caixa de Ferramentas** → **Hidrologia** → **Índices SPI e TWI**.
4. Selecione o raster DEM e defina os caminhos de saída para **SPI.tif** e **TWI.tif**.
5. Clique em **Executar**.
6. Os dois rasters serão gerados automaticamente no diretório especificado.

O algoritmo faz internamente:

- Reprojeção → Preenchimento → Declividade → Acumulação → SPI → TWI.
- 

## 4. Interpretação ambiental dos resultados


### 4.1. Interpretação dos valores do DEM

O MDE (216–604 m) indica relevo **suave a moderado**, típico de microbacias interfluviais. As altitudes mais baixas concentram a drenagem natural e correspondem às **zonas potenciais de infiltração e acumulação**.

### 4.2. Interpretação do SPI (Stream Power Index)

Faixa de variação: **0 a 62.546**

- Valores baixos (0–50): vertentes estáveis, baixa energia hidráulica.
- Valores médios (50–200): escoamento concentrado moderado.
- Valores altos (>200): linhas de drenagem, fundos de vale e áreas críticas de erosão.


 Conforme **Moore & Nieber (1989)** e **Dambroz et al. (2022)**, o SPI representa a energia do escoamento superficial. Valores extremos indicam **zonas de instabilidade**, onde o solo está sujeito à **remoção de partículas e formação de ravinas**.

---

### 4.3. Interpretação do TWI (Topographic Wetness Index)

Faixa de variação: **4,15 a 19,13**

- **Baixos (< 7)**: encostas drenadas → risco de erosão.
- **Médios (8–12)**: transição encosta/baixada → áreas potenciais de recarga.
- **Altos (> 12)**: baixadas úmidas → prioridade para infiltração e recomposição vegetal.

 Segundo **Qin et al. (2009)** e **Riihimäki et al. (2021)**, o TWI é um excelente preditor da **distribuição espacial da umidade do solo** e identifica zonas de **saturação e recarga freática**.

---

## 5. Zonas de fragilidade ambiental

Classe	Critério (TWI × SPI)	Interpretação ambiental	Ação recomendada
<b>Alta fragilidade</b>	TWI < 7 e SPI > 200	Encostas íngremes com alto escoamento e baixa retenção	Controle mecânico, terraceamento, cobertura vegetal
<b>Média fragilidade</b>	TWI 8–12 e SPI 50–200	Áreas intermediárias de escoamento e infiltração	Sistemas agroflorestais e faixas vegetadas
<b>Baixa fragilidade infiltração</b>	TWI > 12 e / SPI < 100	Fundos de vale e zonas úmidas	Reflorestamento e restauração de APPs

Essas interpretações seguem o modelo hidrotopográfico proposto por **Moore et al. (1991)** e aplicadas por **Samuel-Rosa et al. (2013)** e **Dambroz et al. (2022)** no mapeamento de bacias agrícolas.

---

## 6. Aplicações em projetos PRAD

### 1. Diagnóstico:

- O cruzamento dos mapas TWI e SPI identifica **áreas críticas de erosão e locais de infiltração prioritária**.

### 2. Planejamento:

- SPI alto → medidas estruturais (barraginhas, terraços, cordões de contorno).
- TWI alto → recomposição florestal ou sistemas agroflorestais de infiltração.

### 3. Monitoramento:

- Reprocessar SPI/TWI em diferentes anos permite avaliar **eficiência das intervenções**.

### 4. Integração:

- Pode ser cruzado com **NDVI**, **NBR** e **ICQA** para mensurar o efeito conjunto da vegetação e da topografia na recuperação ambiental (Byrne, 2018; Li et al., 2024).

---

## 7. Problemas comuns e soluções

### a) SPI ou TWI com valores anômalos:

- Verifique se o DEM está projetado em metros e sem falhas (NoData).

### b) TWI sem valores em baixadas:

- O MDE pode estar suavizado demais; use resolução  $\leq 30$  m.

### c) SPI muito alto em áreas planas:

- Pode indicar acúmulo de células artificiais no raster de acumulação; aplique suavização.

---

## 8. Contato e suporte

### Equipe de Desenvolvimento:

Laboratório de Geoprocessamento – ICAT/UFR

Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais – UFMS

 [normandes@ufr.edu.br](mailto:normandes@ufr.edu.br)

---

## 9. Referências utilizadas (ABNT)

BYRNE, E. **Landslide Susceptibility Analysis Using an Artificial Neural Network**. International Master of Science in Cartography, 2018. Disponível em: [https://cartographymaster.eu/wp-content/theses/2018\\_BYRNE\\_Thesis.pdf](https://cartographymaster.eu/wp-content/theses/2018_BYRNE_Thesis.pdf).

CHOWDHURY, M. S. Modelling hydrological factors from DEM using GIS. **MethodsX**, v.10, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016123000651>.

DAMBROZ, A. P. B.; MINELLA, J. P. G.; TIECHER, T. et al. Terrain analysis, erosion simulations, and sediment fingerprinting: a case study assessing the erosion sensitivity of agricultural catchments in Southern Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-022-03139-6>.

ILIA, I.; ROZOS, D.; KOUMANTAKIS, I. Landform classification using GIS techniques: the case of Kimi municipality area, Euboea Island, Greece. **Bulletin of the Geological Society of Greece**, 2013. Disponível em: <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/geosociety/article/download/10940/10982>.

QIN, C.-Z.; ZHU, A.-X.; PEI, T.; LI, B.-L.; SCHOLTEN, T.; BEHRENS, T.; ZHOU, C.-H. An approach to computing topographic wetness index based on maximum downslope gradient. **Precision Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 32-43, 2009. DOI: 10.1007/s11119-009-9152-y.

LI, X.; et al. Improving the identification of pollution source areas with catchment-resolution sensitivity analysis. **Environmental Pollution**, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749124013721>.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A. R. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological Processes**, 1991. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.3360050103>.

MOORE, I. D.; NIEBER, J. L. Landscape Assessment of Soil Erosion and Nonpoint Source Pollution. **Journal of the Minnesota Academy of Science**, 1989. Disponível em: <https://digitalcommons.morris.umn.edu/jmas/vol55/iss1/4/>.

MOKARRAM, M.; HOJATI, M. Comparison of Landform Classifications of Elevation, Slope, Relief and Curvature and the Topographic Position Index. **ECOPERSIA**, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/5342/5920688c1d8cb65ca4ee2f3acff34ffdbb96.pdf>.

PHAN, T. M. H.; TRAN, H. N. T. P.; NGUYEN, Q. P. Integrating Dempster-Shafer theory, certainty factors and topographic indices for landslide susceptibility analysis. **Vietnam Journal of Hydrometeorology**, 2025. Disponível em: <https://vnjhm.vn/article/3874>.

RIIHIMÄKI, H.; KEMPPINEN, J.; KOPECKÝ, M.; LUOTO, M. Topographic Wetness Index as a Proxy for Soil Moisture: The Importance of Flow-Routing Algorithm and Grid Resolution. **Water Resources Research**, v. 57, n. 10, article e2021WR029871, 2021. DOI: 10.1029/2021WR029871.

SAMUEL-ROSA, A.; HEUVELINK, G. B. M.; VASQUES, G. M.; ANJOS, L. H. C. Building predictive models of soil particle-size distribution from terrain attributes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/WTzFhxyYknhfTqKQpXqyRZd/>.

**Obs: texto gerado por IA com supervisão e correção humana.**