

## TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX (TWI) E AGRICULTURA: UMA ANÁLISE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALITRE – ESTADO DA BAHIA

Anderson de Jesus Pereira<sup>1</sup>, Israel de Oliveira Junior<sup>2</sup>, Luís Henrique Bassoi<sup>3</sup>

**RESUMO:** Os índices topográficos assumem importância na análise de situações favoráveis para o desenvolvimento da agricultura. No contexto do trópico semiárido, destaca-se em função de contribuir com o manejo da água no sistema agrícola. Com isso, por meio deste trabalho, objetivou-se elaborar o *topographic wetness index* (TWI) para indicar áreas propensas ao desenvolvimento da agricultura com base em dados topográficos associados ao recurso hídrico. Para tanto, definiu-se a bacia hidrográfica do rio Salitre, por possuir condições de severidade climática no semiárido e diversidade topográfica. O TWI foi extraído do modelo digital de elevação (MDE), oriundo do sensor de micro-ondas PALSAR, a bordo do satélite ALOS, com resolução espacial de 12,5m, através do tratamento das variáveis declividade e área de contribuição na extensão SAGA do *software* QGIS 3,16. Observou-se a predominância das classes TWI moderado e alta, por dispersar-se em 61,81% da bacia hidrográfica. São áreas mais propensas ao desenvolvimento da agricultura, como a de sequeiro, por apresentar melhores condições de saturação e armazenamento hídrico em relação as outras classes.

**PALAVRAS-CHAVE:** trópico semiárido, geotecnologias, recurso hídrico

## TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX (TWI) AND AGRICULTURE: AN ANALYSIS IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF RIO SALITRE - STATE OF BAHIA

**ABSTRACT:** Topographic indexes are important in the analysis of favorable situations for the development of agriculture. In the context of the semi-arid tropic, it stands out due to its contribution to the management of water in the agricultural system. Thus, through this work, the objective was to develop the *topographic wetness index* (TWI) to indicate areas prone to the development of agriculture based on topographic data associated with water resources. For this purpose, the hydrographic basin of the Salitre River was defined, as it has conditions of

<sup>1</sup> Mestrando em Agronomia – Irrigação e Drenagem, UNESP; e-mail: agroandersonn@gmail.com.

<sup>2</sup> Dr. em Geografia; Secretaria de Educação do Estado da Bahia; e-mail: iojjunior@gmail.com.

<sup>3</sup> Pesquisador; Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP; e-mail: luis.bassoi@embrapa.br

climatic severity in the semiarid and topographic diversity. The TWI was extracted from the digital elevation model (MDE), originating from the PALSAR microwave sensor, on board the ALOS satellite, with a spatial resolution of 12.5m, through the treatment of the slope and contribution area variables in the SAGA extension of the QGIS 3.16 software. The predominance of the moderate and high TWI classes was observed, as it dispersed in 61.81% of the hydrographic basin. They are areas more prone to the development of agriculture, such as rainfed, as they present better conditions of saturation and water storage compared to other classes.

**KEYWORDS:** semiarid tropics, geotechnologies, water resource

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da agricultura evidencia a importância de analisar os elementos e processos interativos da paisagem. A produção agrícola não resulta apenas da fertilidade dos solos, e sim de um conjunto de condições que estabelecem os meios para obter produtividade e sustentabilidade. Com isso, é preciso reunir informações para o entendimento da dinâmica ambiental, fruto da inter-relação clima-relevo-água-solo-planta.

Ao se referir ao relevo, diversos fatores e formas estão associados no fluxo de matéria e energia sobre a subsuperfície e superfície terrestre, que influem na tipologia dos solos, erosão, escoamento e infiltração da água, feições vegetais e cultivos agrícolas. O tratamento de dados através do modelo digital de elevação (MDE) possibilita extrair informações para reconhecer fenômenos e características importantes no jogo da produção agrícola.

A topografia interfere na velocidade da água e na capacidade de infiltração e armazenamento no solo, pois as características do relevo condicionam o fluxo de materiais, como água, nutrientes e sedimentos, controlando a variabilidade espacial de umidade na área. Assim, no decorrer do tempo, cientistas desenvolveram algumas metodologias para determinar e prever a distribuição espacial da água no solo de acordo com as características do relevo (MALLICK et al., 2010; JACKSON, 1993).

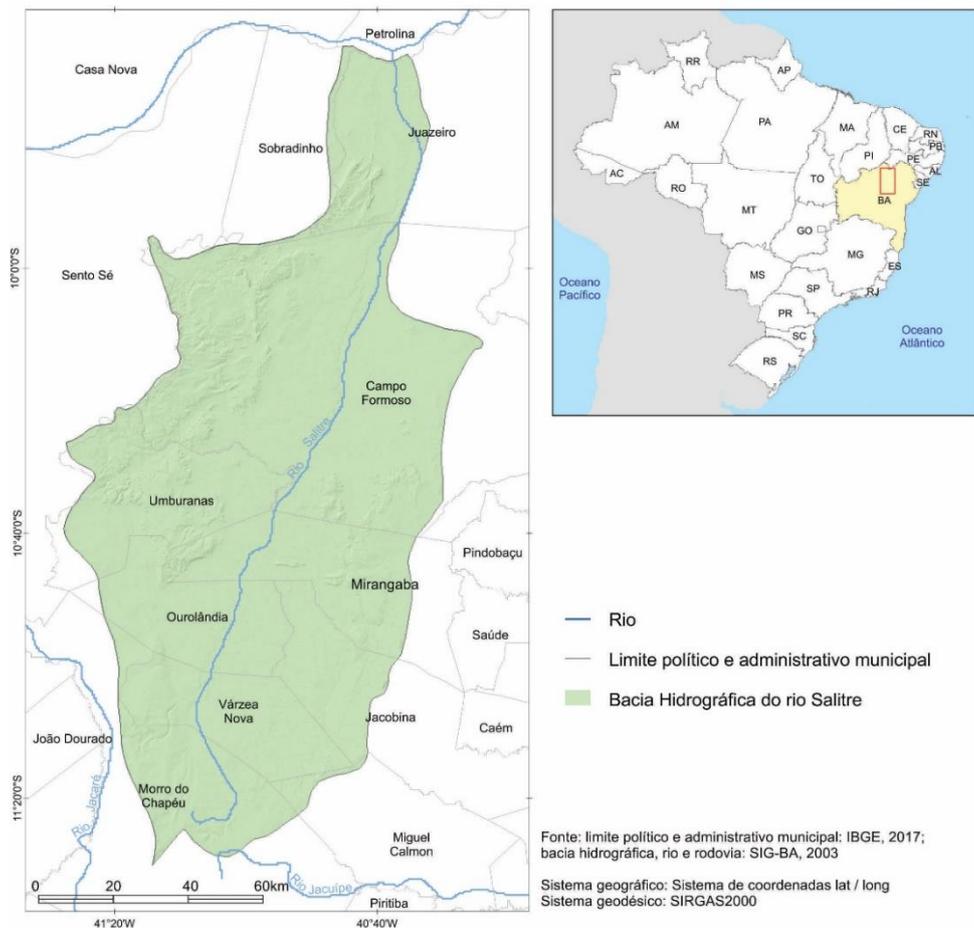
O *topographic wetness index* (TWI), elaborado por Beven & Kirkby (1979) no modelo de escoamento TOPMODEL, constitui um dado hidrológico que descreve a distribuição das zonas de saturação de água superficial, ou seja, o conteúdo de água nas paisagens. Ele pode ser utilizado em situações onde é importante considerar o controle da topografia sobre a variação espacial de condições hidrológicas no terreno (HOJATI & MOKARRAM, 2016; RADUŁA, 2018; RUHOFF et al., 2011; SIRTOLI et al., 2008; SØRENSEN et al., 2006). É um importante

dado para o gerenciamento dos sistemas agrícolas, como na região semiárida, em função das carências de água sobre a superfície e no perfil do solo, sobretudo nos períodos de estiagens pluviométricas e de seca.

Com isso, por meio deste trabalho, objetivou-se elaborar um mapa do *topographic wetness index* (TWI) para analisar as áreas propensas ao desenvolvimento da agricultura com base em dados topográficos associados ao recurso hídrico. Para tanto, definiu-se a bacia hidrográfica do rio Salitre, por possuir condições de severidade climática no semiárido e diversidade topográfica.

## CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

A bacia hidrográfica do rio Salitre constitui uma sub-bacia do rio São Francisco e encontra-se situada no centro-norte do estado da Bahia (Figura 1). Compreende uma área de 14.452km<sup>2</sup>, onde distribuem-se terras de nove municípios. Parte da economia desses desenvolve-se por meio de atividades da agricultura, com o uso das técnicas de irrigação.



**Figura 1.** Bacia Hidrográfica do rio Salitre – Estado da Bahia

O clima predominante é o tropical semiárido, com totais pluviométricos anuais entre 300mm e 600mm, o que resulta em uma drenagem formada por rios de regime intermitentes e efêmeros. Os principais rios são a Vereda da Caatinga do Moura, Pacuí, Riacho Escurial e o Salitre; este possui uma extensão de 333km, nasce na Chapada Diamantina e tem a foz no rio São Francisco.

As rochas sedimentares são as de maiores extensões, composta, maiormente, por arenitos, calcarenito, calcários e sedimento detrítico-laterítico, correspondente, em ordem a 25,73%, 19,81%, 17,65% e 17,63% da totalidade da área de estudo. Três unidades geomorfológicas formam a área de estudo, definidas em Chapada Diamantina, a mais extensa, Depressão Periférica e Interplanáltica e a Região de Acumulação (SIG-BA, 2003).

Uma diversidade de tipologias de solos encontra-se na área, e predominam os Neossolos e Cambissolos, respectivamente em 24,66% e 23,36%. Os Argissolos e Latossolos distribuem-se sobre a unidade Geomorfológica da Chapada Diamantina. Os Vertissolos e Planossolos localizam-se ao norte e em pequenas proporções (IBGE, 2006b). A caatinga arbórea-arbustiva, caatinga parque e o campo rupestre são as feições vegetais que dominam a área. Grande parte delas foi alterada para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro associada à pecuária extensiva.

## MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa agregou um conjunto de dados no sistema de informações geográficas (SIG), para compreender elementos e fatores importantes para a dinâmica da paisagem no contexto do trópico semiárido (BRASIL, 1982; SIG-BA, 2003; IBGE, 2006a, 2006b, 2006c). Para a definição da bacia hidrográfica, obteve-se o limite dela em formato *shapefile* do banco de dados SIG-BA (2003).

A elaboração do TWI decorreu do tratamento de dados do modelo digital de elevação (MDE), oriundo do sensor de micro-ondas PALSAR, a bordo do satélite ALOS, com resolução espacial de 12,5m.

O TWI é obtido por meio da aplicação do logaritmo natural adquirido pela razão entre a área de contribuição específica e a tangente do ângulo da declividade (Equação 1).

$$TWI = \ln \left( \frac{A_s}{\tan \beta} \right) \quad (1)$$

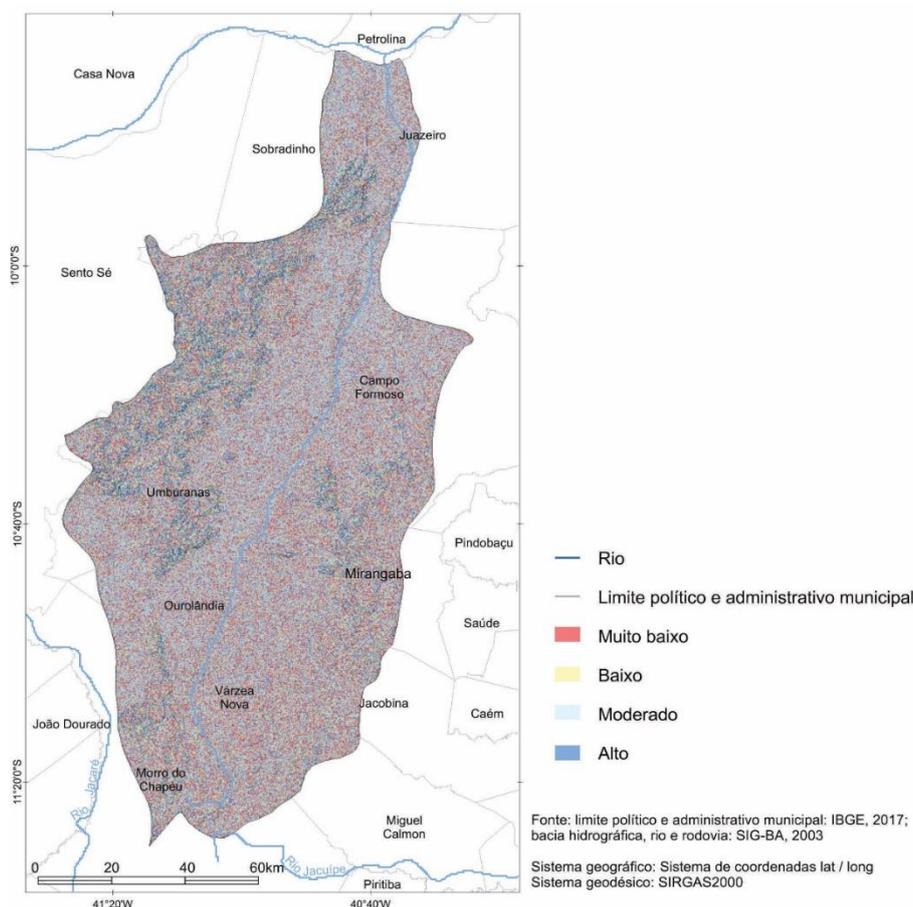
Em que ( $A_s$ ) se refere à área de contribuição por unidade de largura ortogonal no sentido da linha de fluxo em m<sup>2</sup>/m; a declividade em graus radianos é representada por  $\beta$  (BEVEN &

KIRKBY, 1979; WILSON & GALLANT, 1996; MOORE et al., 1991). O índice topográfico de umidade gera uma medida não absoluta do estado de umidade do *pixel* (CAPOANE, 2016).

Para a geração do TWI, obtém-se dados secundários gerados pelo uso do MDE. Assim, a extração do TWI decorreu do tratamento das variáveis declividade e área de contribuição em ambiente SIG, por meio da extensão SAGA do *software* QGis 3,16.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

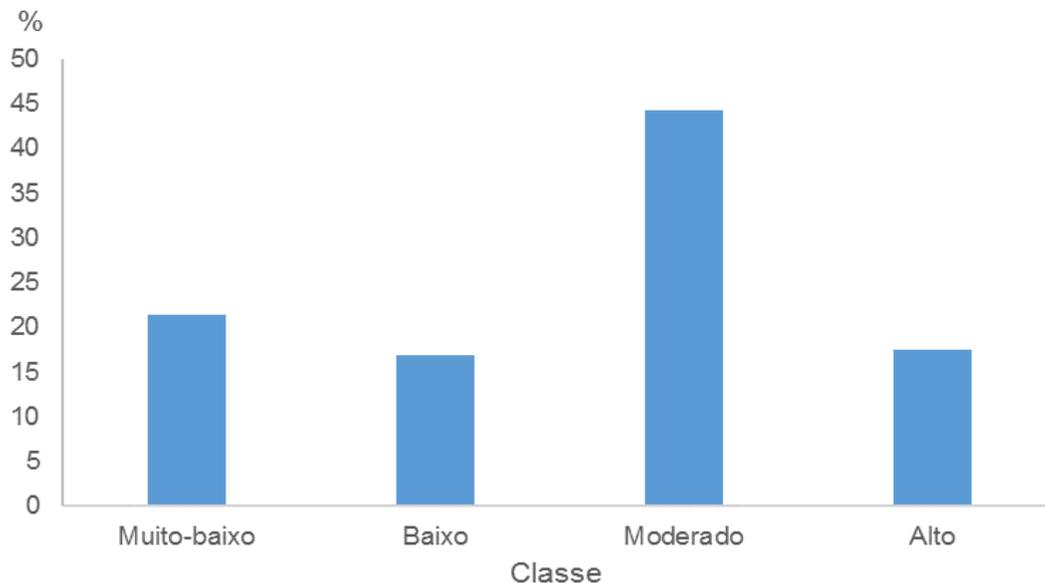
Na bacia hidrográfica do rio Salitre, existe variação na distribuição significativa das classes e a mais extensa é o TWI moderado, equivalente a 44,29 %. Conjuntamente com o TWI alto, somam 61,81% da bacia hidrográfica e se dispersam por diferentes pontos, sobretudo, nas proximidades do rio Salitre (Figuras 2 e 3).



**Figura 2.** Topographic wetness index: bacia hidrográfica do rio Salitre – Estado da Bahia.

Essas áreas possuem importância para a regulação hidrológica e para a retenção de sedimentos (MINELLA & MERTEN, 2012). Nelas, existem uma maior capacidade de saturação e de armazenamento de água e, associadas com as condições climáticas locais, são consideradas menos susceptíveis às perdas na produção agrícola, como as de sequeiro.

Já a classe TWI muito-baixa corresponde a 21,34% e se dispersa em diversos pontos da bacia. O TWI baixo representa 16,85% da bacia (Figura 3); existe um padrão locacional da classe TWI baixo, pois situa-se, fortemente, nos relevos de maior altimetria, como na unidade da Chapada Diamantina.



**Figura 3.** Distribuição do *topographic wetness index* na bacia hidrográfica do rio Salitre – em percentagem.

Numa perspectiva ambiental e agrícola, os dados da pesquisa apontam para o uso das terras pautado na sustentabilidade, visto que especificam as áreas mais saturadas e bem drenadas, com menor contribuição de fluxos de montante (SILVA, 2018). Nas áreas de alto TWI e de rochas sedimentares, a vegetação deveria ser preservada, no sentido de contribuir com os processos de infiltração da água e alimentação do lençol freático. As práticas agrícolas de sequeiro deveriam ser privilegiadas nos locais de TWI moderado, onde os riscos de perdas por falta de água no sistema solo seriam menos evidenciados.

É importante que os plantios nos locais de baixo TWI sejam realizados com cultivos de baixa necessidade hídrica, em função da oferta limitante de água. Os riscos de perdas agrícolas em áreas de TWI muito-baixo é muito acentuado, pois a disponibilidade limitada de água no solo, associada às condições climáticas da bacia hidrográfica, reduz as chances de desenvolvimento dos cultivos no período de estiagens e de seca. Assim, nesses ambientes o desenvolvimento da agricultura de sequeiro é uma atividade de alto risco de perdas da produção. Nesse sentido, é imprescindível o uso das técnicas de irrigação para elevar a produção, padronizar os produtos e gerar a sustentabilidade da propriedade.

Assim, o TWI configura como uma ferramenta importante para desencadear um planejamento agrícola e ambiental mais assertivo. Pois, identifica as áreas mais propensas ao

desenvolvimento de práticas agropecuárias em relação às condições hídricas, de necessidade de irrigação e auxilia na delimitação de regiões para a preservação dos recursos hídricos.

## CONCLUSÕES

O TWI projetou dados para o gerenciamento agrícola no contexto da bacia hidrográfica no trópico semiárido. Foram evidenciadas quatro classes, com o predomínio dos índices mais elevados. A ocorrência da classe TWI alto demonstra a importância da conservação dessas áreas para manter o equilíbrio ambiental e a infiltração de água no solo, pois são os pontos de níveis acentuados de saturação hídrica.

As classes de TWI moderado são mais propensas para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro. Também foi a classe mais abrangente, por ocorrer em 44,29 % da bacia hidrográfica. Os riscos de perdas dos cultivos são mais acentuados nos ambientes de TWI muito-baixo, em função do escoamento superficial e das características climáticas do trópico semiárido, o que aponta para a necessidade das técnicas de irrigação. O TWI, portanto, constitui um dado relevante para subsidiar a sustentabilidade da agricultura na região semiárida, em função de contribuir com as práticas conservacionistas e a segurança da produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006b.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006c.

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Bulletin**, v. 24, p. 43-69, 1979.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RADAMBRASIL: Folha SD.23** Brasília, DF; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1982.

CAPOANE, V. Determinação das áreas propensas à saturação hídrica e identificação das fontes de poluição em uma bacia hidrográfica no noroeste do Rio Grande do sul. **Estudos Geográficos**, v. 14, n. 2, p. 57-69, 2016.

HOJATI, M.; MOKARRAM, M. Determination of a topographic wetness index using high-resolution digital elevation models. **European Journal of Geography**, v. 7, n. 4, p. 41-52, 2016.

IBGE. **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006a.

JACKSON, T. J. Measuring surface soil moisture using passive microwave remote sensing. **Hydrological Processes**, v. 7, p. 139-152, 1993.

MALLICK, K.; BHATTACHARYA, B. K.; PATEL, N. K. Estimating volumetric surface moisture content for cropped soils using a soil wetness index based on surface temperature and NDVI. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, p. 1327-1342, 2009.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Índices topográficos aplicados à modelagem agrícola e ambiental. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1575-1582, 2012.

MOORE, I. D. et al. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 3-30, 1991.

RADUŁA, M. W.; SZYMURA, T. H.; SZYMURA, M. Topographic wetness index explains soil moisture better than bioindication with Ellenberg's indicator values Author links open overlay panel. **Ecological Indicators**, v. 85, p. 172-179, 2018.

RUHOFF, A. L.; CASTRO, N. M. R.; RISSO, A. numerical modelling of the topographic wetness index: an analysis at different. **International Journal of Geosciences**, v. 2, p. 476-483, 2011.

SILVA, A. B. **Análise quantitativa espacial: conceitos e fundamentos**. Curitiba: APPRIS, 2018.

SIRTOLI, A.E. **Mapeamento de solos com auxílio da geologia, atributos do terreno e índices espectrais integrados por redes neurais artificiais**. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Geologia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curitiba, 2008.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOREFERENCIADAS – SIG-BAHIA **Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos – SIRH**. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos, 2003. 2 CD - Rom.

SØRENSEN, R.; ZINKO, U.; SEIBERT, J. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. **Hydrology and Earth System Sciences**, n. 10, p. 101-112, 2006.

WILSON, J.P. et al. EROS: A grid-based program for estimating spatially-distributed erosion indices. **Computers & Geosciences**, v. 22, p. 707-712, 1996.