



ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA MÉTRICA DA SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA PARA PREVISÃO DO NÍVEL FREÁTICO – APLICAÇÃO A UM SISTEMA CÁRSICO E ROCHAS FRACTURADAS

Filipa SOUSA¹, António CHAMBEL², Nuno NEVES³

1. Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59 7000-671 Évora, Portugal, raquelsousa83@gmail.com

2 Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Instituto de Ciências da Terra (ICT), Pólo da Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal, achambel@uevora.pt

3 Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal, nneves@uevora.pt

1. RESUMO

Partindo da premissa de que não só o nível freático acompanha a linha topográfica do terreno, mas também a direcção de escorrência das bacias subterrâneas tende a coincidir com a direcção predominante de escorrência das bacias hidrográficas à superfície, principalmente em aquíferos fracturados, foi realizado um estudo com o objectivo de definir um modelo explicativo do nível freático no sistema aquífero Estremoz-Cano e no sector pouco produtivo das rochas ígneas e metamórficas da Zona de Ossa Morena (ZOM), em função das características métricas do terreno, aferidas a partir de uma análise espacial raster, com multi-resolução, gradativa e interpolativa. Diferentes modelos foram criados e testados a partir dos dados do nível hidroestático, da elevação do terreno e de índices métricos do terreno computados a partir de uma superfície digital de terreno hidrologicamente funcional. A análise estatística das variáveis independentes computadas permitiu concluir que o nível hidroestático (NHE) é extremamente correlacionável com o índice de convexidade calculado (Convex) e a elevação do terreno numa Regressão Linear do Tipo Piecewise.

Palavras-Chave: nível hidroestático; convexidade; DEM; regressão linear do tipo Piecewise.

2. INTRODUÇÃO

O modelo desenvolvido e que aqui se apresenta parte da assunção da existência de duas superfícies principais numa bacia hidrográfica, a superfície topográfica e a superfície freática (Lencastre and Franco 1984). A topografia pode na realidade ser usada para quantificar a drenagem superficial assim como os processos de infiltração (Beven and Kirkby 1979, O’Loughlin 1986, Moore et al. 1988 a,b in Hutchinson and Dowling 1991). Neste contexto, foi desenvolvido um modelo que explica o NHE com base na métrica da topografia e na elevação do terreno. O modelo foi desenvolvido à escala regional, no sistema aquífero Estremoz-Cano e no sector pouco produtivo da ZOM, onde, durante a estação seca, o NHE foi medido no total de aproximadamente 100 poços. Os valores de NHE observados serviram de base à análise estatística a partir da qual foi possível aferir as variáveis e o modelo que melhor explica o NHE em função da superfície topográfica.

3. ENQUADRAMENTO

Com base na compreensão da interacção entre a água superficial e a água subterrânea sendo que não só a superfície freática tende a seguir a superfície topográfica como a direcção de fluxo da água subterrânea tende a ser consistente com a direcção de escorrência superficial, especialmente em aquíferos fracturados (Custodio & Llamas 1983; Driscoll 1986), a existência de uma associação linear entre o NHE, a elevação do terreno e as características métricas, nomeadamente a curvatura do terreno, foi assumida como premissa. No entanto, a análise estatística realizada aos modelos desenvolvidos revelou uma correlação linear muito fraca entre o NHE e as variáveis independentes consideradas quando relacionadas através de uma regressão linear múltipla. Consoante os estudos evoluíram, empiricamente chegou-se à conclusão de que o NHE é de facto correlacionável com a elevação do terreno e com a convexidade (Convex) quando relacionadas através de uma Regressão Linear do Tipo Piecewise.



3.1. Índice de convexidade (Convex)

A convexidade do terreno foi parameterizada através do cálculo de um novo índice de convexidade, Convex, o qual representa a convexidade local ao calcular a convexidade de cada célula do modelo digital de terreno hidrológico, considerando uma vizinhança de três células. O esquema, representado na Fig. 1, apresenta as diferentes operações que precedem o cálculo de Convex.

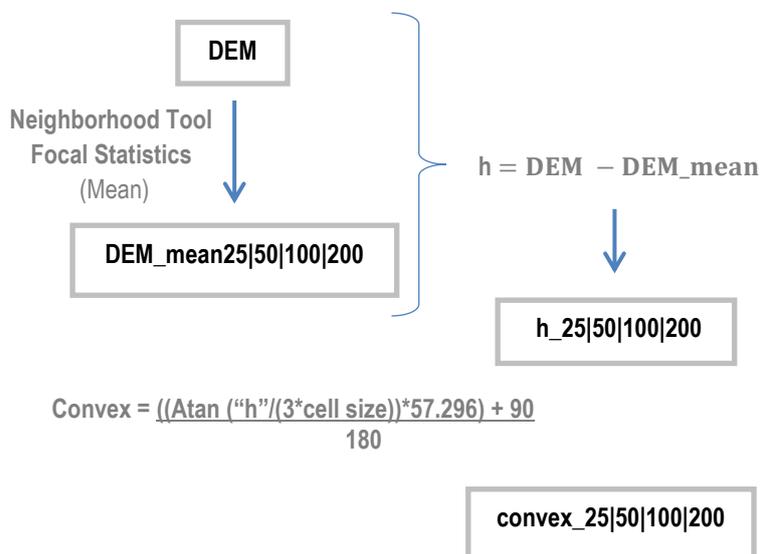


Fig. 1. Esquema ilustrativo do cálculo de Convex

3.2. Análise Estatística

Todas as variáveis, às diferentes escalas definidas, obtidas durante o cálculo do índice de convexidade, foram analisadas quanto ao nível de significância (valor $-p$) e coeficiente de correlação (R) em relação aos valores de NHE observados. A Tab. 1 mostra os resultados da análise estatística para cada variável independente. Mostra-se, em destaque, as candidatas ao modelo final. Uma vez que praticamente todas as variáveis são muito correlacionáveis com o NHE, com o objectivo de seleccionar as variáveis com maior nível de significância, foram seleccionadas como candidatas a testar no modelo final as variáveis com valor $-p < 0.0001$.



Tab. 1. Análise estatística das variáveis calculadas durante a computação de Convex

Variáveis Independentes	NHE	
	valor - p	R
DEM_25	0.000001	0.47122
DEM_mean25	0.000001	0.45927
h_25	0.015253	0.24327
convex_25	0.015245	0.24329
DEM_50	0.000001	0.46973
DEM_mean50	0.000001	0.46478
h_50	0.000124	0.37619
convex_50	0.000124	0.37619
DEM_100	0.000001	0.47009
DEM_mean100	0.000002	0.46724
h_100	0.000111	0.37879
convex_100	0.000111	0.37877
DEM_200	0.000001	0.46315
DEM_mean200	0.000002	0.45315
h_200	0.225356	0.12295
convex_200	0.225375	0.122945

Após uma análise de multicolineariedade das candidatas ao modelo e de uma análise empírica, três pares de variáveis sobressaíram no estudo com os maiores valores de correlação com o NHE. A Tab. 2 mostra ambos o coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente de correlação (R) dos pares de variáveis independentes seleccionados tanto para uma Regressão Linear Múltipla como para uma Regressão Linear do Tipo Piecewise.

Tab. 2. Análise estatística dos modelos aferidos durante a computação do Convex

Modelos	Variáveis Independentes	Regressão Linear do Tipo Piecewise		Regressão Linear Múltipla	
		R	R^2	R	R^2
1	convex_50 DEM_25	0.86475	74.78%	0.60518	36.62%
2	convex_50 DEM_50	0.86444	74.73%	0.60371	36.45%
3	convex_100 DEM_100	0.85654	73.37%	0.60299	36.61%

4. CONCLUSÕES

A regressão linear do tipo Piecewise, a partir da qual o NHE é calculado em função da convexidade, considerando uma resolução de 50 m, e da elevação, com uma resolução de 25 m, é claramente o modelo que melhor explica o nível freático em função da topografia, apresentando elevados valores de correlação e um coeficiente de determinação de quase 75% (Fig. 2).

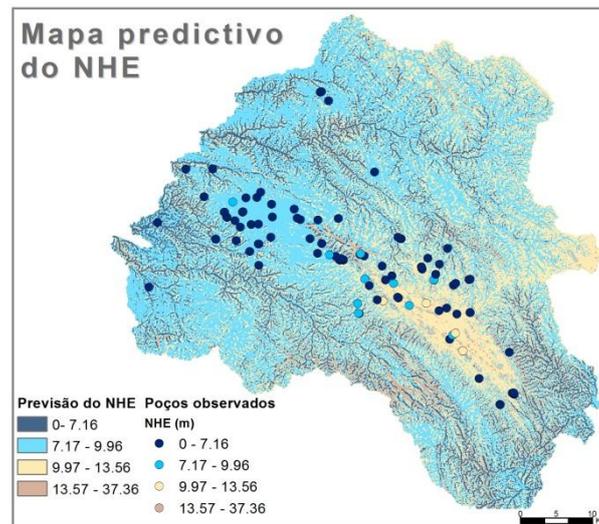


Fig. 2 Mapa Predictivo do NHE

O modelo desenvolvido relaciona claramente o NHE com a topografia, confirmando a premissa a partir da qual o trabalho foi desenvolvido. Contudo, o NHE é também função das características hidrogeológicas dos aquíferos e, neste contexto, o modelo aferido foi posteriormente aplicado separadamente ao aquífero cársico Estremoz-Cano e ao sector pouco produtivo das rochas ígneas e metamórficas da ZOM, o que reflectiu a influência das características hidráulicas dos dois sistemas. Se para o sector fracturado da ZOM o NHE é altamente correlacionável ($R=0.89$) com a topografia com uma percentagem de determinação de 80%, já no Sistema Aquífero Estremoz-Cano NHE apresenta menor correlação ($R=0.84$) com a topografia e consequentemente menor capacidade preditiva ($R^2 = 79\%$), representativos das elevadas velocidades de fluxo características dos sistemas cársicos, com tendência para uma menor dependência do nível freático em relação à superfície topográfica. É importante realçar que, apesar dos excelentes resultados obtidos e das suas potencialidades, o presente estudo e modelo aferido é ainda um estudo prematuro e que permite a previsão do NHE à escala local e para dois casos específicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os fundos providenciados pelo Centro de Geofísica de Évora, sob contrato com a FCT, PEst-OE/CTE/UI0078/2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Custodio E, Llamas R (1983) Hidrología Subterránea. Ediciones Omega, S. A., Barcelona, Vol. 1 e 2, 2350 p.
- Driscoll FG (1986) Groundwater and Wells, 2nd ed., Johnson Division, St. Paul, Minnesota, 1089 p.
- Hutchinson MF, Dowling TI (1991) A continental hydrological assessment of a new grid-based digital elevation model of Australia. Hydrological Processes 5: 45-58.
- Lencastre A, Franco FM (1984) Lições de Hidrologia. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 28-30.