ESPACIALIZAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO UTILIZANDO REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Jéssyca Rezende de Souza[1]; Edilson Sarter Braum[2] & Gabriel Adão Zechini da Silva[3]

Palavras-Chave: Penman-Monteith; Variáveis geográficas; Modelagem hidroclimática.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração potencial é uma variável importante em estudos hidrológicos, balanços hídricos e planejamento do uso da água. Entretanto, a disponibilidade de dados meteorológicos necessários para sua estimativa é limitada em muitas regiões. Segundo Droogers e Allen (2002), o número de estações com dados confiáveis para aplicações hidrológicas e meteorológicas é reduzido, especialmente em países em desenvolvimento.

Em função dessa limitação, diferentes métodos têm sido desenvolvidos para suprir a ausência de informações hidrometeorológicas em regiões sem monitoramento adequado (LANDERAS et al., 2008). Entre eles, destaca-se a interpolação espacial de dados pontuais. Entretanto, como as estações meteorológicas são esparsas, a distância entre elas frequentemente excede o alcance da dependência espacial das variáveis. Como essa dependência é um requisito para a aplicação da geoestatística, as interpolações podem gerar resultados inadequados, especialmente quando o efeito do relevo não é considerado.

Diversos estudos correlacionam variáveis climáticas com informações geográficas, como latitude, longitude e altitude. Nesse contexto, o uso dessas variáveis pode representar uma alternativa para estimar e espacializar a evapotranspiração potencial em regiões com escassez de dados hidrometeorológicos. Assim, este trabalho teve como objetivo espacializar a evapotranspiração potencial no estado do Espírito Santo por meio de regressões lineares múltiplas.

METODOLOGIA

Este estudo foi feito para o estado do Espírito Santo, que possui uma área territorial total de 46.184,1 km², e está situado na região sudeste do Brasil, entre as latitudes 17°52’ e 21°19’ S e as longitudes 39°38’ e 41°50’ W. O Espírito Santo faz divisa com os estados de Bahia, Minas Gerais e Rio de Janeiro, e tem a topografia formada por áreas planas no litoral e áreas montanhosas no interior. Possui uma amplitude de altitude de 2.800 metros desde as regiões litorâneas até o ponto mais alto localizado no Pico da Bandeira, na Serra do Caparaó (SILVA et al, 2012).

Para se estimar os dados de evapotranspiração, foram desenvolvidos modelos matemáticos em que a evapotranspiração potencial é a variável dependente, enquanto as características geográficas (altitude, latitude e longitude) são as variáveis independentes, conforme Equação 01.

$$E = \beta_0 + \beta_1 Z + \beta_2 Y + \beta_3 X \qquad (1)$$

em que: E = evapotranspiração potencial [mm]; Z = altitude [m]; Y = latitude [°]; X = longitude [°] e β_0, β_1, β_2, e β_3 = coeficientes da equação de regressão.

Os dados hidrometeorológicos foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia. A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Penman-Monteith utilizando os dados das

1) Engenheira Ambiental. Faculdade Venda Nova do Imigrante. E-mail: jessyca.souza@soufaveni.com.br
2) Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: edilsonsarter@gmail.com;
3) Engenheiro Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: gabrielzechini0297@gmail.com.

13 estações meteorológicas localizadas no território estadual. As informações geográficas foram obtidas por meio de um modelo digital do terreno com resolução espacial de 2 metros, disponibilizado pelo Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES, 2015).
Os desempenhos dos métodos foram avaliados utilizando gráficos de regressão linear simples entre os dados estimados pelo método de Penman-Monteith e os dados estimados pelos modelos de regressão. A precisão dos métodos foi avaliada por meio dos índices estatísticos: coeficiente de determinação (R^2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME).
Com os modelos mensais e seus respectivos coeficientes gerados, foi possível associar os valores de altitude, latitude e longitude para espacializar os dados de evapotranspiração potencial gerando mapas mensais para todo território do estado do Espírito Santo.

RESULTADOS

Os coeficientes das equações de regressão ajustadas para estimar a evapotranspiração potencial, bem como seus respectivos coeficientes de determinação (R2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) estão listados na Tabela 01. A partir dos coeficientes obtidos nas regressões mensais e das informações geográficas extraídas do modelo digital do terreno (MDT), foi possível estimar e espacializar a evapotranspiração potencial para todo o estado do Espírito Santo. Os resultados são apresentados na Figura 01, que mostra a distribuição espacial da evapotranspiração potencial mensal, evidenciando a variabilidade espacial e sazonal da variável ao longo do território estadual.

Quadro 01: Coeficientes dos modelos múltiplos lineares ajustados para estimar as evapotranspirações e os seus respectivos R^2 e RQME para o Estado do Espírito Santo.

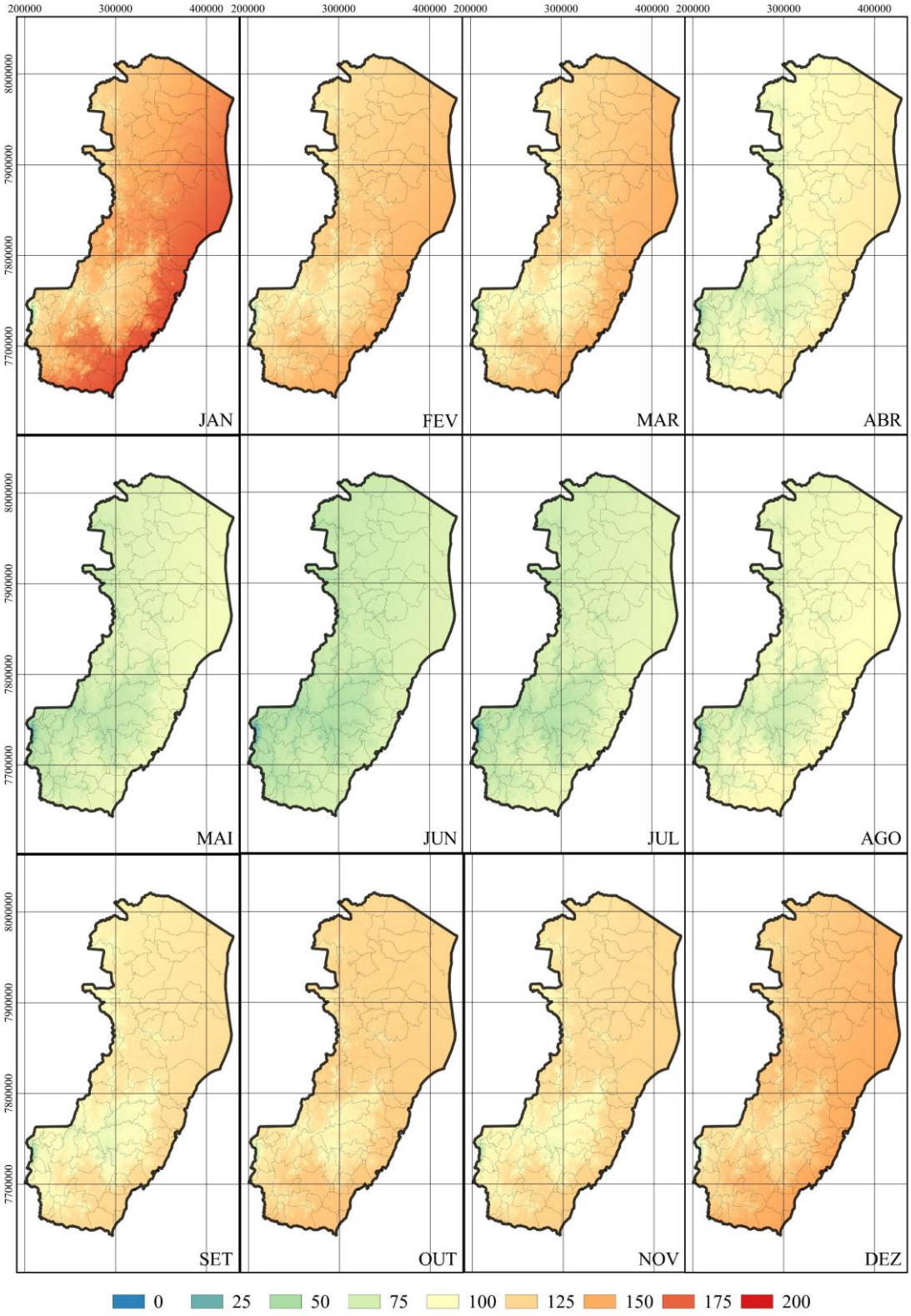
Mês	B_0	B_1	B_2	B_3	R^2	RQME
Jan	537.2524	-0.0443	-13.6034	15.7035	0.82	9.95
Fev	240.5359	-0.0324	-7.6757	6.1813	0.64	10.26
Mar	469.6030	-0.0366	-5.5776	10.8126	0.81	7.59
Abr	270.5558	-0.0276	-1.8277	4.8523	0.76	6.01
Mai	307.3923	-0.0244	-1.4227	6.0342	0.70	6.63
Jun	229.1446	-0.0225	-1.5174	4.4424	0.70	5.87
Jul	127.7003	-0.0271	-2.3182	2.1310	0.73	6.21
Ago	29.4980	-0.0302	-2.6643	-0.4830	0.69	7.28
Set	35.5562	-0.0309	-2.2501	-1.0169	0.68	7.60
Out	-95.2193	-0.0291	-1.0638	-5.0915	0.70	6.52
Nov	66.8408	-0.0302	-1.4079	-0.7863	0.61	8.58
Dez	312.8633	-0.0293	-6.0573	7.0488	0.67	8.71

Fonte: autoria própria.

Os modelos apresentaram R^2 variando entre 0,61 e 0,82 e RQME entre 5,87 e 10,26 mm/mês, indicando desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração potencial a partir das variáveis geográficas. A evapotranspiração potencial média anual estimada foi de 1318,3 mm. Os maiores valores ocorreram nas regiões litorâneas do sul do estado, alcançando 1499,7 mm, enquanto os menores valores foram observados nas áreas de maior altitude, com mínimo de 379,1 mm no Pico da

Bandeira. A maior evapotranspiração mensal ocorreu em janeiro (183,7 mm) e a menor em julho (8,8 mm).

Figura 01: Médias mensais de evapotranspiração potencial para o Estado do Espírito Santo, estimadas utilizando-se equações múltiplas lineares e modelo digital do terreno (MDT).



Fonte: autoria própria.

Os modelos foram ajustados com dados de estações localizadas entre 9 e 976 m de altitude. Dessa forma, as estimativas realizadas para áreas acima dessa faixa devem ser interpretadas com cautela, uma vez que a extrapolação do modelo pode resultar em subestimativas da evapotranspiração potencial, especialmente nas regiões mais elevadas do estado.

Os resultados evidenciaram a influência da altitude na evapotranspiração potencial, com menores valores observados nas regiões mais elevadas do estado. A latitude também influenciou as estimativas de evapotranspiração potencial, refletindo a sazonalidade climática da região. Os maiores valores ocorreram entre outubro e março, período correspondente à primavera e ao verão, enquanto os menores foram observados entre abril e setembro, durante o outono e o inverno.

A longitude também apresentou influência sobre a evapotranspiração potencial, possivelmente associada à distância em relação ao oceano. As regiões litorâneas apresentaram maiores taxas de evapotranspiração quando comparadas às áreas mais continentais do estado.

CONCLUSÕES

As regressões lineares múltiplas utilizando altitude, latitude e longitude apresentaram desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração potencial para o estado do Espírito Santo, com coeficientes de determinação entre 0,61 e 0,82. Os resultados evidenciaram a influência das características geográficas na variabilidade espacial e temporal da evapotranspiração potencial, permitindo sua espacialização em regiões com baixa disponibilidade de dados hidrometeorológicos. Dessa forma, a metodologia proposta constitui uma alternativa para a obtenção de informações hidro climáticas em áreas com reduzida densidade de estações meteorológicas. Entretanto, recomenda-se cautela na aplicação dos modelos em regiões de elevada altitude, devido à limitação da faixa altimétrica utilizada em sua calibração.

REFERÊNCIAS

DROOGERS, P.; ALLEN, R. G. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. **Irrigation and drainage systems**, v. 16, n. 1, p. 33–45, 2002.

GEOBASES, SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Modelo digital do terreno para o Estado do Espírito Santo**. Vitória: GEOBASES, 2015. Arquivo de imagem raster. Intervalo de tempo 2012-2015. Escala 1.25.000.

LANDERAS, G.; ORTIZ-BARREDO, A.; LÓPEZ, J. J. Comparison of artificial neural network models and empirical and semi-empirical equations for daily reference evapotranspiration estimation in the Basque Country (Northern Spain). **Agricultural Water Management**, v. 95, n. 5, p. 553–565, 2008.

SILVA, K. R. DA et al. Interpolação espacial da precipitação no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, p. 317–327, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2001.