

**ESPACIALIZAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MENSAL E ANUAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ – RS, BRASIL**

BURIOL, Galileo Adeli – galileo@unifra.br
UNIFRA- Centro Univ. Franciscano, Sta Maria/RS

ESTEFANEL, Valduino – valduino@unifra.br
UNIFRA- Centro Univ. Franciscano, Sta Maria/RS

SWAROWSKY, Alexandre – aleswar@gmail.com
UFSM – Univ. Federal Sta Maria/RS

TODESCHINI, Raul – raul_todeschini@hotmail.com
UNIFRA- Centro Univ. Franciscano, Sta Maria/RS

RESUMO: O objetivo, neste trabalho, foi determinar a variação espacial da evapotranspiração potencial média mensal e anual na área da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil. Utilizaram-se imagens SRTM, disponíveis na página eletrônica da EMBRAPA, as quais foram importadas para o programa computacional *ArcMap*, versão 10, o que possibilitou a elaboração do mosaico, a delimitação da área da bacia hidrográfica e a geração do mapa hipsométrico da bacia hidrográfica. Procedeu-se a conversão dos *pixels* para o formato vetorial em pontos, possibilitando, assim, a aquisição dos atributos referentes à altitude, latitude e longitude. Dessa forma, obteve-se, para cada ponto, as respectivas coordenadas geográficas, as quais foram utilizadas no cálculo da evapotranspiração potencial média mensal e anual, a partir de equações de regressão geradas para a sua estimativa. A variação espacial da evapotranspiração potencial média na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí, nos meses de outubro a março é condicionada principalmente pela altitude e nos meses de maio a setembro pela latitude e continentalidade. Assim, os valores mais elevados ocorrem na região da Depressão Central e os mais baixos, nas regiões da Serra do Sudeste e do rebordo do Planalto. Constatou-se também que, nos meses mais quentes do ano, as diferenças entre os valores médios extremos são maiores, em função principalmente da maior amplitude espacial da temperatura do ar.

Palavras-chave: coordenadas geográficas, correlação, mapa.

MONTHLY AND ANNUAL SPATIALIZATION OF POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION IN VACACAÍ RIVER BASIN, BRAZIL

ABSTRACT: The objective of this work was to represent the mean monthly and annual potential evapotranspiration spatially in the Vacacaí River Watershed area, in the Rio Grande do Sul (RS) state, Brazil. It was used SRTM imaging, available in the electronic page of EMBRAPA, imported to *ArcMap* software, version 10, which allow to built the mosaic, to define the catchment borders and to generate the hypsometric map. Pixels were converted to vector format in points, allowing, in that way, to acquire physical attributes related to altitude, longitude and latitude. In this way, it was achieved, in each position, the respective geographical coordinates, used in the monthly and annual potential evapotranspiration calculation, from the equations generated. The mean potential evapotranspiration spatial variation in the Vacacaí river watershed, from October to March is dependent on the altitude and those from May to September dependent on latitude and continent. In that way, the highest values occur in the Central Depression and the lowest values, in the Serra do Sudeste and in the rim of Planalto. Also, it was verified that, in the watershed area, in the hottest months of the year, the differences between the extreme medium values are higher, in function of, mainly, the spatial amplitude of air temperature.

Key-words: geographic coordinates, correlation, map.

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros pesquisadores a introduzirem o conceito de evapotranspiração potencial (ETP) foram Thornthwaite e Wilm (1944). É definida como o processo de perda de água para a atmosfera, através de uma superfície natural gramada padrão, sem restrição hídrica para atender as necessidades da evaporação do solo e da transpiração dos vegetais. É considerado um elemento meteorológico fundamental, representando a precipitação pluviométrica necessária para atender as carências de água da vegetação (CAMARGO; CAMARGO, 2000).

A evapotranspiração potencial é medida em tanques vegetados denominados evapotranspirômetros ou lisímetros, instalados em superfícies com vegetação rasteira, uma

gramínea em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, sem restrição hídrica e com ampla área de bordadura para evitar a advecção de calor sensível de áreas adjacentes (CAMARGO, 1962).

Entretanto, a medida da ETP nas estações meteorológicas torna-se trabalhosa e onerosa e requer muitos cuidados quanto à irrigação e à manutenção e manejo da cobertura vegetal do solo. É mais usual estimá-la a partir de dados meteorológicos observados em estações meteorológicas.

Existem diversos modelos disponíveis para a sua estimativa como os de Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves e Samani, Linacre, Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Radiação Solar FAO-24, Tanner e Pelton, Tanque Classe A e Thornthwaite (BERLATO; MOLION, 1981; MEDEIROS, 1998; CONCEIÇÃO; MANDELLI, 2005), sendo aquele de Penman-Monteith o método padrão internacional, de acordo com as recomendações da FAO (ALLEN *et al.*, 1998).

O modelo de Thornthwaite funciona adequadamente em regiões de clima úmido, independentemente da latitude e altitude. Nestas regiões, os modelos de Thornthwaite e de Penman normalmente apresentam resultados comparáveis e satisfatórios (CAMARGO; CAMARGO, 2000). No estado do Rio Grande do Sul, de condições climáticas temperado-úmida, com chuvas distribuídas de forma similar ao longo dos doze meses do ano (KUINCHTNER; BURIOL, 2001), o método de Thornthwaite, para valores mensais, tem sido frequentemente utilizado, apesar de subestimar os valores, principalmente no outono e inverno (DORFMAN, 1977).

Em trabalhos recentes, Wrege *et al.* (2011) realizaram a representação espacial da evapotranspiração potencial mensal e anual na Região Sul do Brasil e Wrege *et al.* (2013) do estado do Rio Grande do Sul, também calculada pelo método de Thornthwaite.

A determinação temporal da ETP, como a média, variabilidade e probabilidade de ocorrência é primordial para o cálculo do balanço hídrico e para múltiplas atividades humanas como o manejo do solo e dos ecossistemas naturais e a determinação da época de semeadura e colheita das culturas agrícolas. Mas a sua representação espacial também é importante, pois possibilita uma visualização de sua variação geográfica e uma análise dos fatores geográficos que a condicionam.

A representação espacial da ETP geralmente é realizada para áreas geográficas extensas, como um país ou um estado, por exemplo, o Brasil (DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1972) e o estado do Rio Grande do Sul (MOTA, 1974; WREGE *et al.*, 2013). Entretanto, para áreas restritas, como uma bacia hidrográfica de pequeno tamanho, não é usual. A dificuldade da sua representação espacial para áreas geográficas restritas ocorre, principalmente, em função da baixa densidade de estações meteorológicas com registros históricos dos elementos climáticos o que impossibilita sua estimativa e, conseqüentemente, sua representação espacial. Um exemplo da representação espacial da ETP de uma área restrita é o trabalho realizado por Uliana *et al.* (2011) para a bacia do Rio Piraquê-Açu, estado do Espírito Santo.

A determinação da evapotranspiração potencial numa bacia hidrográfica é importante por ser um dos principais fatores que interfere na disponibilidade hídrica da área, sendo imprescindível em qualquer processo de gerenciamento e/ou planejamento hídrico (BARRETO, 2009). No artigo 1º, inciso V da Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a bacia hidrográfica é considerada a unidade de território para a prática da Política Nacional de Recursos Hídricos e ação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e, no artigo 8º, regulamenta que os planos de recursos hídricos serão por bacia hidrográfica. No estado do Rio Grande do Sul a Lei nº 10.350 de 30 de dezembro de 1994 também especifica que a bacia hidrográfica é a unidade básica de articulação. Assim, cada bacia hidrográfica tem suas particularidades valorizadas que poderão ser utilizadas nas estratégias de sua gestão.

Neste trabalho, o objetivo foi mapear a variação espacial da evapotranspiração potencial média mensal e anual na área da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí, RS, com dados estimados a partir de equações de regressão obtidas da relação entre a ETP e a altitude, latitude e longitude.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A representação espacial da evapotranspiração potencial (ETP) na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS, foi realizada utilizando-se imagens SRTM e equações de regressão para o cálculo das médias mensais e anuais da ETP a partir da altitude, latitude e longitude.

As imagens SRTM estão disponíveis na página eletrônica da Embrapa e possuem como característica medidas altimétricas de todo o território brasileiro distribuídas em seus respectivos *pixels*, resolução espacial de 90m, sistema de coordenadas geográficas e Datum horizontal WGS 84 (MIRANDA, 2005). As imagens foram importadas para o programa computacional *ArcMap*, versão 10, o que possibilitou a elaboração do mosaico, a delimitação da área da bacia hidrográfica e a geração do mapa hipsométrico. Utilizou-se o procedimento de conversão dos *pixels* para o formato vetorial em pontos, possibilitando, assim, a aquisição dos atributos referentes à altitude, latitude e longitude. Dessa forma, para cada ponto se têm as respectivas coordenadas geográficas, as quais foram utilizadas no cálculo da ETP média mensal e anual, a partir de equações de regressão publicadas em Buriol *et al.* (1975), tabela 1.

Período	Equação de regressão	Ryx ₁	Ry·x ₁ x ₂	Ry·x ₁ x ₂ x ₃
Janeiro	Y = 107,33 - 0,044022X ₁ - 0,058395X ₂ + 0,044585X ₃	- 0,867	0,902	0,940
Fevereiro	Y = 95,55 - 0,035854X ₁ - 0,043518X ₂ + 0,032108X ₃	- 0,875	0,905	0,936
Março	Y = 212,98 - 0,039400X ₁ - 0,042983X ₂ - 0,007295X ₃	- 0,888	0,920	0,922
Abril	Y = 87,52 - 0,015232X ₁ - 0,019643X ₂ + 0,005785X ₃	- 0,862	0,900	0,907
Mai	Y = 79,40 - 0,006878X ₁ - 0,013477X ₂ - 0,002403X ₃	- 0,816	0,933	0,941
Junho	Y = 132,38 - 0,005082X ₁ - 0,024153X ₂ - 0,017345X ₃	0,046	0,593	0,902
Julho	Y = 110,72 - 0,004974X ₁ - 0,027510X ₂ - 0,008914X ₃	- 0,129	0,859	0,958
Agosto	Y = 164,84 - 0,006335X ₁ - 0,045181X ₂ - 0,013304X ₃	0,010	0,853	0,936
Setembro	Y = 153,60 - 0,010812X ₁ - 0,056209X ₂ + 0,000321X ₃	- 0,421	0,948	0,948
Outubro	Y = 188,88 - 0,021644X ₁ - 0,069654X ₂ + 0,004033X ₃	- 0,700	0,956	0,957
Novembro	Y = 121,27 - 0,028084X ₁ - 0,061293X ₂ + 0,000000X ₃	- 0,815	0,909	0,946

ro	0,028086X3					
Dezemb	$Y = 149,30 - 0,041988X_1 - 0,064847X_2 +$					
ro	0,031895X3					
Anual	$Y = 1596,13 - 0,260225X_1 - 0,528551X_2 +$					
	0,10088X3					

Tabela 1. Equações de regressão para o cálculo das médias mensais e anuais da evapotranspiração potencial da parte continental do Estado do Rio Grande do Sul, sendo Y a evapotranspiração potencial estimada em mm, X₁ a altitude em m, X₂ a latitude e X₃ a longitude ambas em minutos. Fonte: Buriol *et al.* (1975).

No estado do Rio Grande do Sul existe uma relação significativa entre a temperatura média mensal e anual do ar e a altitude, latitude e continentalidade (FERREIRA, M. *et al.*, 1971; CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010)e, conseqüentemente, também com a ETP média mensal e anual calculada pelo modelo proposto por Thornthwaite (BURIOL *et al.*, 1975) que é baseado na temperatura do ar e no comprimento do dia. Assim, com as equações de regressão desta relação, tabela 1, é possível estimar a ETP de qualquer local do estado do Rio Grande do Sul, facilitando a sua representação espacial.

Calculou-se a ETP utilizando a tabela de atributos e a função *Field Calculator* presentes no *software*, onde as equações foram descritas tendo como variável dependente a ETP e as coordenadas geográficas e altitude como variáveis independentes. A partir dos dados da evapotranspiração potencia estimada para todos os pontos da bacia hidrográfica, esses foram novamente convertidos em *pixels* para a reconstituição da imagem no formato *raster* e a confecção dos mapas temáticos da evapotranspiração potencial.

Para avaliar o ajustamento das equações de regressão foi calculada a evapotranspiração potencial mensal pelo modelo de Thornthwaite (1948) para as estações meteorológicas de Santa Maria e São Gabriel e comparada com o valor estimado com a utilização das equações da tabela 2. Observa-se que, para a maioria dos meses, as diferenças são insignificantes. As maiores diferenças foram observadas no mês de maio para São Gabriel (0,6 mm). Diferenças de 0,5 mm foram observadas no mês agosto em Santa Maria e no mês de julho em São Gabriel. No restante dos meses as diferenças foram menores.

Mês	Santa Maria			São Gabriel		
	ETP Cal	ETP Est	Dif	ETP Cal	ETP Est	Dif
Jan	141	142	-1	147	144	3
Fev	117	116	-1	122	118	4
Mar	107	108	-1	104	105	-1
Abr	69	69	0	69	69	0
Mai	45	46	-1	40	45	-5
Jun	30	31	-1	31	32	-1
Jul	32	31	1	31	30	1
Ago	44	44	0	39	40	-1
Set	52	51	1	52	52	0
Out	74	74	0	74	72	2
Nov	99	97	2	99	98	1
Dez	133	131	2	131	132	-1

Tabela 2. Evapotranspiração potencial média mensal, em mm, para Santa Maria e São Gabriel calculada (ETP Cal) com o modelo de Thornthwaite(1948), estimada (ETP Est) com as equações de regressão publicadas em Buriol *et al.* (1975) e as diferenças entre ambas(Dif). Santa Maria, 2014.

Os mapas foram separados em três classes temáticas para uma melhor adaptação dos resultados da espacialização da ETP: a primeira de abril a setembro, meses com menores valores de ETP e delimitação de áreas de mesma ETP de 2mm em 2mm; a segunda, de outubro a março, meses com valores mais elevados de ETP e delimitação de áreas de mesma ETP de 5mm em 5mm; e a terceira, o mapa anual, com delimitação de áreas de mesma ETP de 30mm em 30mm.

Para facilitar a visualização da variação espacial da ETP foram traçadas isolinhas de mesma evapotranspiração potencial pela função *Cartography Tools - SmoothLine*. Todos os procedimentos na realização do trabalho foram efetuados utilizando o *software ArcMap 10*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os valores de evapotranspiração potencial (ETP) para Santa Maria e São Gabriel calculada com o modelo de Thornthwaite (1948), estimada com as equações de regressão publicadas em Buriol *et al.* (1975) e as diferenças entre eles.

Verifica-se que as diferenças não são elevadas. Das 36 estimativas 30 (87,5%) são iguais ou menores de 2 mm e a maior diferença foi 5mm, o que permite a utilização dos valores de ETP estimados pelas equações. As diferenças acima de 2mm foram observadas nos meses de janeiro, fevereiro e maio para São Gabriel .

Na figura 1 estão representadas as linhas hipsométricas da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS, nas Figuras 2 e 3 a espacialização da evapotranspiração potencial (ETP) média dos meses de abril a setembro e de outubro a março, respectivamente e, na Figura 4, a média anual.

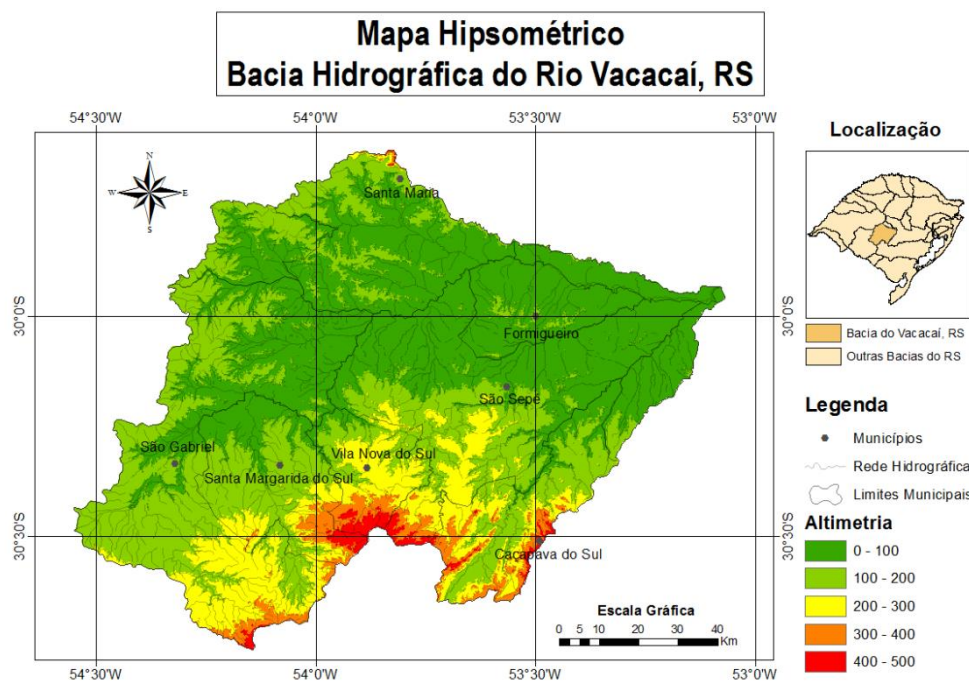


Figura 1. Mapa hipsométrico da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul.

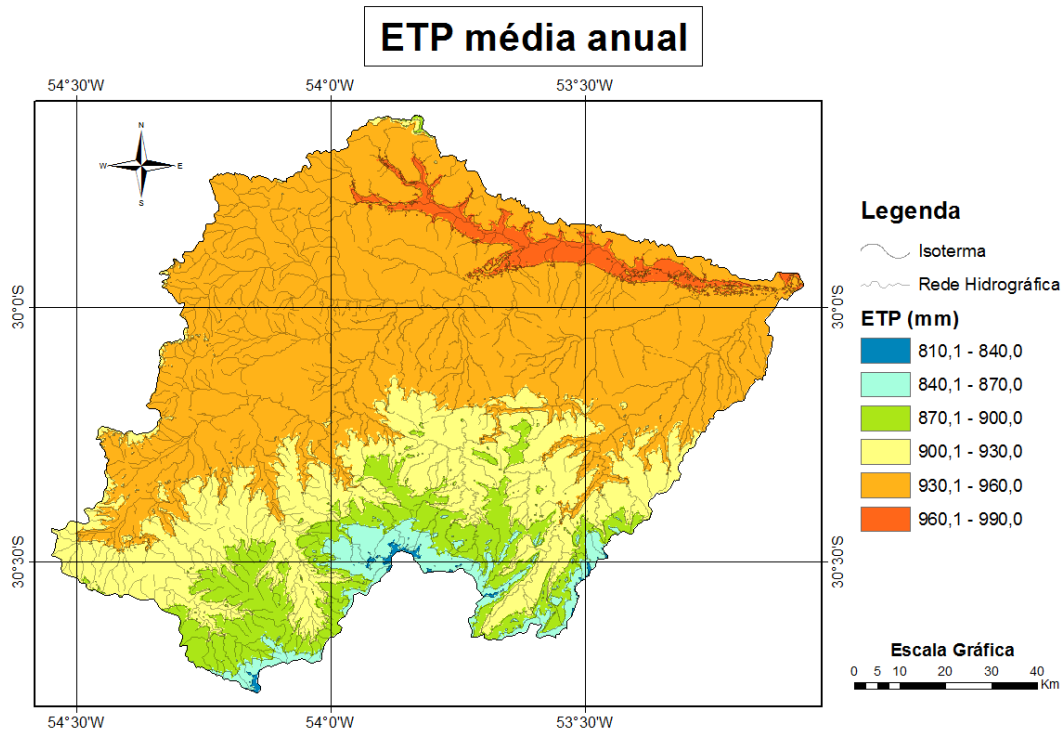


Figura 4. Representação espacial da evapotranspiração potencial (ETP) média anual na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul.

As áreas com as maiores altitudes, Figura 1, estão localizadas na Serra do Sudeste e no rebordo do Planalto, respectivamente ao sul e norte da bacia hidrográfica e aquelas com as menores altitudes, na Depressão Central, no entorno do leito do rio Vacacaí e dos seus tributários, principalmente do rio São Sepé. Estas diferenças de altitudes são os principais fatores condicionantes da variação da temperatura do ar na bacia hidrográfica, conseqüentemente, da evapotranspiração potencial. Isto pode ser constatado nas cartas das Figuras 1, 2 e 3. Entretanto, nos meses invernais, junho a setembro, os fatores mais importantes são a latitude e a longitude.

A maior influência da altitude no condicionamento da variação espacial da ETP nos meses mais quentes do ano é função de que, neste período, a temperatura do ar é mais dependente dessa coordenada geográfica. Situação contrária acontece no inverno quando a altitude tem menor influência na variação da temperatura. Nesse período aumenta a influência da latitude e da longitude, esta última expressando a continentalidade. A maior influência da altitude na variação temporal da temperatura do ar nos meses mais quentes do ano, segundo Araújo (1930), é função de que, nesse período, a ação dos centros de alta e baixa pressão atmosférica diminui no estado do Rio Grande do Sul e, a menor influência nos meses mais frios, é porque esta ação se intensifica.

Nos meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro, figura 2, é o período anual em que os valores médios mensais de ETP são mais baixos. Variam entre os limites de 28,0mm a 30,0mm, em junho e julho e de 70,1mm a 72,0mm, em abril. Isto se deve principalmente aos menores valores de temperatura, ao menor comprimento do dia, à maior inclinação dos raios solares incidentes em relação ao plano do equador e à menor demanda evaporativa da atmosfera, neste período do ano. Os valores médios mensais mais elevados ocorrem de outubro a março, figura 3, com mínimos entre 60,0mm a 65,0mm, em outubro e máximos entre 140,0mm a 145,0mm, em janeiro. Isto é conseqüência, principalmente dos valores mais elevados de temperatura, do maior comprimento do dia, da menor inclinação dos raios solares incidentes em relação ao plano do equador e da maior demanda hídrica da atmosférica, nesses meses do ano.

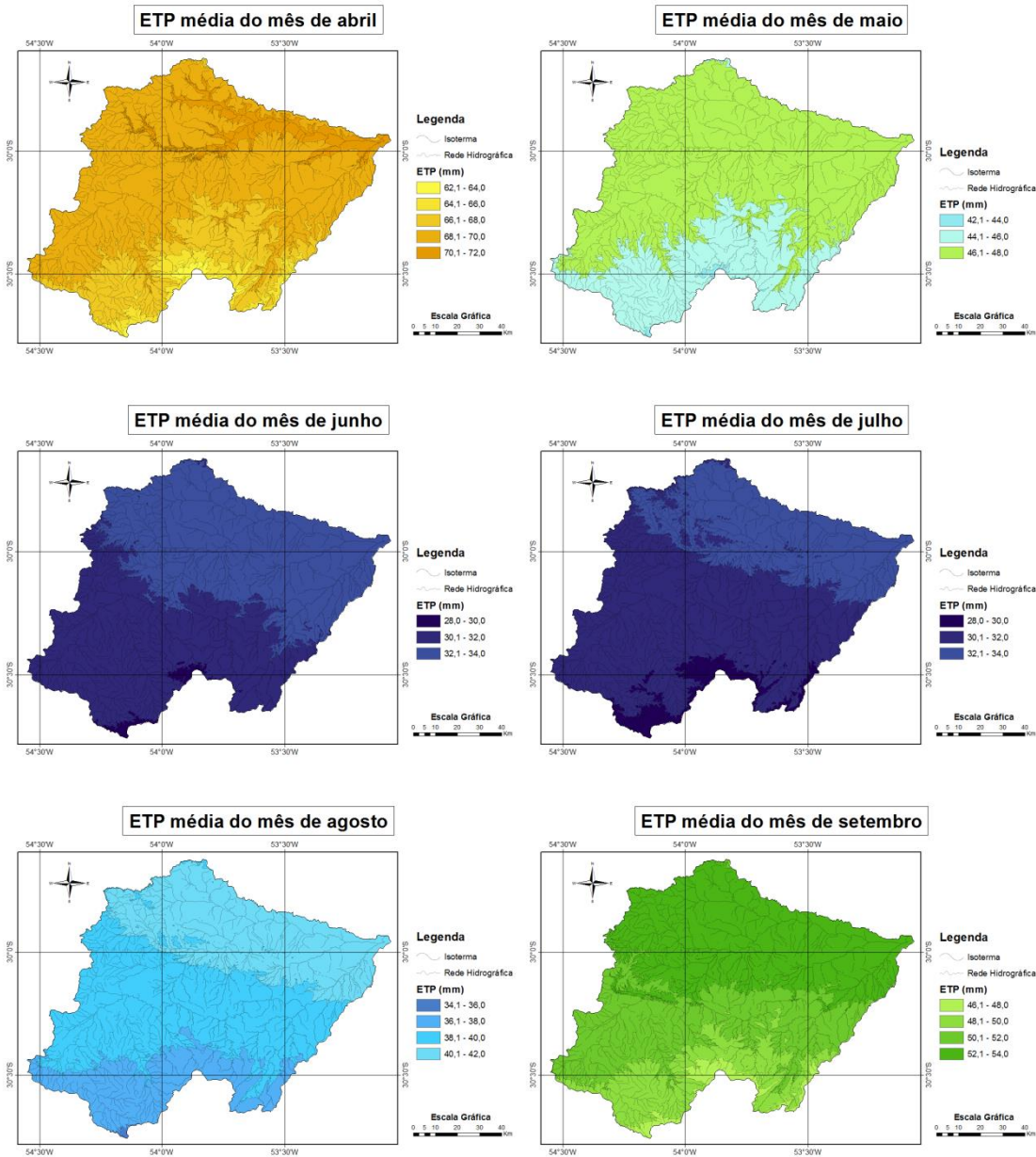
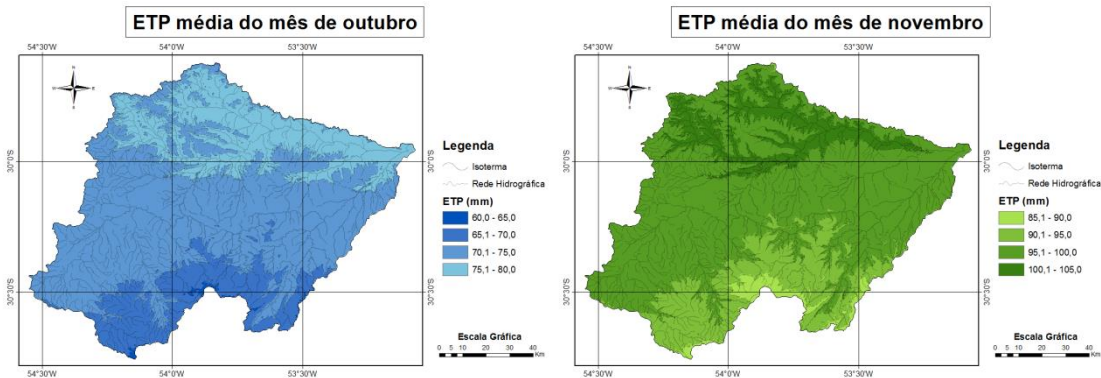


Figura 2. Representação espacial da evapotranspiração potencial (ETP) média dos meses de abril a setembro, na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul.



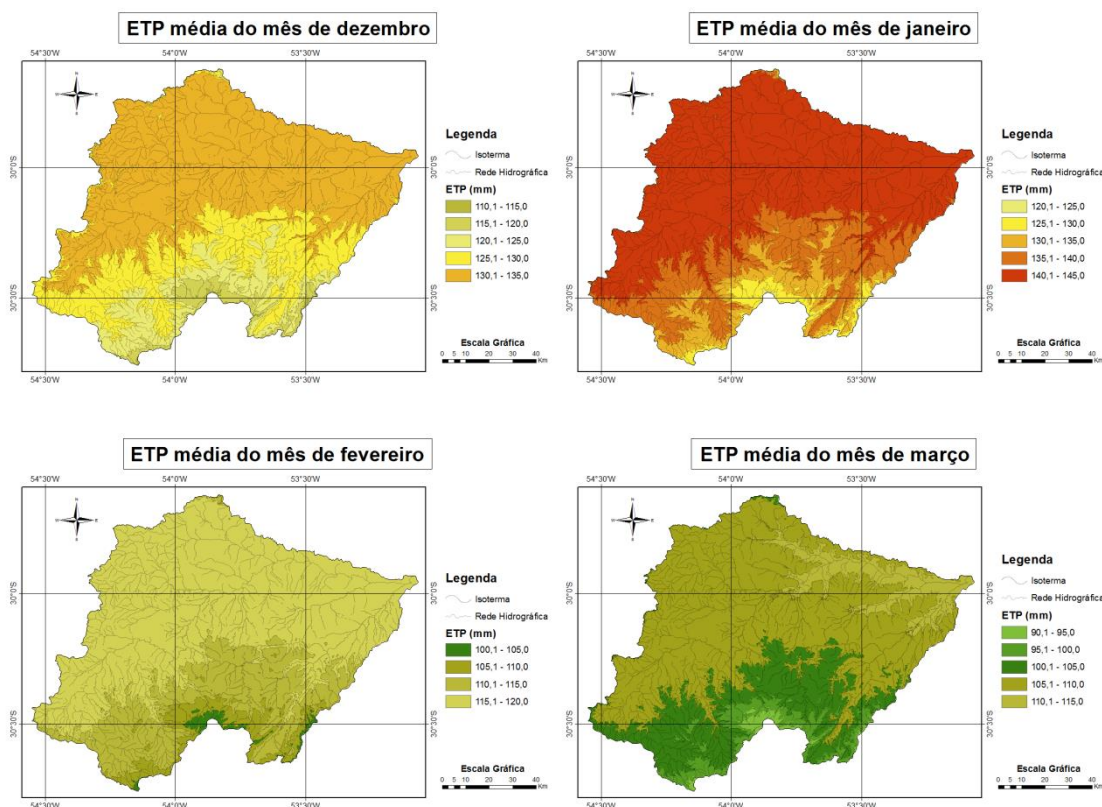


Figura 3. Representação espacial da evapotranspiração potencial (ETP) média dos meses de outubro a março, na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul.

Para todos os meses do ano, os valores médios mais elevados ocorrem na região da Depressão Central, parte norte da bacia hidrográfica, área de menor altitude e latitude e os mais baixos nas áreas de maior altitude e latitude, como na região da Serra do Sudeste e do Rebordo do Planalto, com altitude mais elevada. Isto ocorre também com a temperatura do ar como pode ser constatado nas cartas da distribuição espacial das temperaturas médias mensais para o estado do Rio Grande do Sul no trabalho realizado por Wrege *et al.* (2013), ao destacar-se a bacia hidrográfica do rio Vacacaí.

Para mesmas diferenças de altitudes, as variações de ETP na área da bacia hidrográfica são maiores nos meses mais quentes do ano. Nestes meses, o condicionamento da altitude na espacialização da ETP é mais importante do que nos meses mais frios, como se constata nas figuras 2 e 3. Assim foi possível traçar isolinhas de mesma ETP com amplitude mais elevadas e, ainda, delimitar um maior número de áreas com diferentes valores de ETP. Isto se deve, possivelmente, em função da maior dinâmica, nesses meses, da advecção regional, sendo que, nos meses mais frios predomina a advecção global. Segundo Rosenberg *et al.* (1983), a advecção regional compreende o recebimento, por convecção, do ar quente e seco da própria região e a advecção global é função das massas de ar provenientes de outras regiões, podendo ser polares, tropicais, continentais ou marítimas.

A variação espacial da ETP anual na bacia hidrográfica é semelhante àquela dos valores médios mensais: os valores médios mais elevados ocorrem na região da Depressão Central, área de menor altitude e localizada na parte norte da bacia hidrográfica, e os menores nas áreas de maiores altitudes, como na Serra do Sudeste situada na parte sul da bacia hidrográfica. Nos meses mais quentes do ano, quando é maior a influência da altitude, ocorrem valores mais baixos na área ao sul da bacia hidrográfica e no Rebordo do Planalto.

Na comparação das áreas com diferentes valores de evapotranspiração potencial delimitadas na bacia hidrográfica do rio Vacacaí com aquelas mapeadas para o estado do Rio Grande do

Sul (WREGGE *et al.*, 2013) e a Região Sul do Brasil (WREGGE *et al.*, 2011), observa-se que, no primeiro caso, obteve-se um maior número de áreas com mesmos valores de evapotranspiração potencial. Este detalhamento é importante para a quantificação das disponibilidades agroclimáticas das bacias hidrográficas.

Pela distribuição e magnitude dos valores médios da soma mensal de ETP na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí induz-se que o maior potencial climático para o crescimento dos vegetais ocorre na região da Depressão Central, área de menor altitude. Entretanto, tendo em vista que a variabilidade das séries históricas dos dados de precipitação pluviométrica registrados nesta bacia hidrográfica é elevada (SILVEIRA *et al.*, 2012), o risco de ocorrência de deficiências hídricas nesta região também é maior. Isto pode ser constatado em Buriol *et al.* (1980), ao comparar a porcentagem de meses e a intensidade dos valores de deficiências e excessos hídricos ocorrentes nas estações meteorológicas de Santa Maria e Cachoeira do Sul, situadas na região da Depressão Central, com aquela observada para Caçapava do Sul, localizada na região da Serra do Sudeste.

4. CONCLUSÕES

Na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul, a variação espacial da evapotranspiração potencial média mensal, nos meses de outubro a março é condicionada principalmente pela altitude e nos meses de maio a setembro pela latitude e continentalidade; os valores mais elevados ocorrem na Depressão Central, região de menor altitude e latitude e os mais baixos, na Serra do Sudeste, consequência da maior altitude e latitude; e a diferença entre os valores extremos, para cada mês do ano, é maior nos meses mais quentes, em função principalmente da maior amplitude espacial da temperatura do ar.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. *et al.* **Cropevapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 174p. (FAO Irrigation and drainage paper nº 56).
- ARAÚJO, L. C. de **Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1930, 100p.
- BERLATO, M. A.; MOLION, L. C.B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: IPAGRO, Secretaria da Agricultura, 1981, 95p. (Boletim Técnico nº 70).
- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. Estimativa da evapotranspiração potencial mensal e anual do estado do Rio Grande do Sul em função da altitude, latitude e longitude. **Rev. Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 5, n.3, p. 181-192, 1975.
- BURIOL, G. A. *et al.* Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10, suplemento, p. 1-141, 1980.
- CAMARGO, A. P. de Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.21, p.163-203, 1962.
- CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Uma Revisão Analítica da Evapotranspiração Potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, 125-137, 2000.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R. Coordenadas geográficas na estimativa das temperaturas máxima e média decendiais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2448-2456, 2008.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, v.12, n.2, p 303-307, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Balanco hídrico do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1972. 94 p. e mapas.

DORFMAN, R. **Crítérios de avaliação de alguns métodos de estimativa da evapotranspiração potencial**. Porto Alegre, UFRGS, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. P. 130 (Dissertação de Mestrado em Hidráulica Aplicada, 1977).

FERREIRA, M. *et al.* Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 1, n. 4, p. 31-52, 1971.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do estado do rio grande do sul segundo a classificação climática de köppen e Thornthwaite. **DisciplinarumScientia. Série: Ciências Exatas**, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

MEDEIROS, S. L. Avaliação de métodos de estimativa as evapotranspiração de referência para a região mesoclimática de Santa Maria-RS. **Revista Brasileira da Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 105-109, 1998.

MIRANDA, E. E. de (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: ago. 2013.

MOTA, F. S. da *et al.* **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: EMBRAPA/IPEAS/Secretaria da Agricultura-RS, 1974, 122p. (Circular nº 50).

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate: the biological environment**. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1983. 495p.

SILVEIRA, P. da C. **Precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí, RS**. Santa Maria, 2012, 57 fls. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Santa Maria, RS, 2012.

THORNTON, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, Nova Jersey, n. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTON, C. W.; WILM, H. G. **Report of the Commite on evapotranspiration and transpiration, 1943-1944**. Washington, D. C.: Transactions of the American Geophysical Union, 1944. p. 686-693.

ULIANA, E. M.; SILVA, J. G. F. da; MARTINS, C. A. da S. Estimativa da evapotranspiração potencial da interbacia do rio Piraquê-Açu. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA – 18 a 21 de Julho de 2011– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

WREGGE, M. S. *et al.* Evapotranspiração potencial. In: MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. de (org.). **Atlas climático do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CEMETRS/FEPAGRO. 2013. 185p. Disponível em: <www.cemet.rs.gov.br/area/7/Atlas_Climático>. Acesso em: outubro de 2013.

WREGGE, M. S. *et al.* **Atlas climático da Região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011, 333p.