



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Caracterização de variabilidade e mudanças da Evapotranspiração de Referência nas províncias Artemisa e Mayabeque de Cuba <sup>1</sup>**



*Esteban Choque Conde<sup>2</sup>; Ranses José Vázquez Montenegro<sup>3</sup>; Ramilos Rodrigues de Brito<sup>4</sup>; Rodrigo Máximo Sánchez Román<sup>5</sup>; João Francisco Escobedo<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Pesquisa desenvolvida no marco do Projeto de Cooperação Científica Internacional Brasil-Cuba, programa CAPES/MES

<sup>2</sup>Estudante Doutorado FCA-UNESP, Pesquisador UNSXX Bolívia, telefone 14981100059, e-mail: condesteban@hotmail.com

<sup>3</sup>Especialista em Meteorologia Agrícola & SIG, Instituto de Meteorologia La Habana, Cuba

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Doutorando Irrigação e Drenagem, FCA-UNESP Botucatu, Brasil

<sup>5</sup>Dr. em Engenharia Agrícola, UNESP, Professor FCA-UNESP Botucatu, Brasil

<sup>6</sup>Dr. em Física, Prof. Adjunto livre docente FCA-UNESP Botucatu, Brasil

**RESUMO:** A pesquisa foi desenvolvida no âmbito do projeto de cooperação científica internacional Brasil e Cuba, com objeto de identificar os níveis de Variabilidade e Mudanças Climáticas e seu impacto na Produção Agropecuária nas Províncias de Artemisa e Mayabeque de Cuba. A caracterização de variabilidade e as mudanças da Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ) constituem-se de grande necessidade para gerar margem de confiança na programação e disponibilidade de água para irrigação das culturas locais. O estudo visa à estimativa da  $ET_0$ , mediante a equação Penman-Monteith, mesmo a modelagem temporal da geostatística com base nos dados climáticos das estações Güira de Melena, Bauta e Batabanó das províncias Artemisa e Mayabeque. Em consequência os resultados da interpolação dos dados temporais reportaram mínimas tendências de acréscimo em Güira de Melena com  $0,0274 \text{ mm dia}^{-1}$  e Bauta com  $0,0138 \text{ mm dia}^{-1}$ , e decréscimo em Batabanó com  $0,0007 \text{ mm dia}^{-1}$ , cifras que atribuem-se a consequência da estabilidade dos padrões de uso de solo, sem avanços da fronteira agrícola e conservação das áreas florestais, mesmo as mínimas mudanças climáticas. Porém, o comportamento de intervalos temporais caracterizada mediante a análise de variância da geostatística, gerou valores de F (Güira de Melena 4,6849, Bauta 4,7291 e Batabanó 4,8182) resultado que segundo a  $F_\alpha = 3,0$  ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade) todos ficam acima da referência, por quanto resultam significativos, ou, seja tem comportamentos variáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:**  $ET_0$ , Geoestatística, Modelagem

### **Characterization the Variability and change the Reference Evapotranspiration in Provinces Artemisa and Mayabeque of Cuba**

**ABSTRACT:** The research was conducted under the project international scientific cooperation Brazil and Cuba, with the object of identifying the Change variability and Climate levels and its Impact on Agricultural Production in the provinces of Artemisa and Mayabeque Cuba. The study aims to estimate  $ET_0$  by the Penman-Monteith equation, even the temporal modeling Geostatistics based climate information of stations Güira de Melena, Bauta and Batabanó of Artemisa and Mayabeque provinces. As a result of the temporal interpolation of the data reporting results in minimal increase trends Güira de Melena to  $0.0274 \text{ mm day}^{-1}$  and Bauta to  $0.0138 \text{ mm day}^{-1}$ , and a decrease in Batabanó to  $0.0007 \text{ mm day}^{-1}$ , figures that attaches itself consequence of the stability of land use standards without advances in agricultural frontier and conservation of forest areas, even minimal climate change. However, time intervals of behavior characterized by the analysis of variance of geostatistics, generated F values (Güira de Melena 4.6849, Bauta 4.7291 and Batabanó 4.8182) result according to  $F_\alpha = 3.0$  ( $\alpha = 5\%$  probability) all are above the reference, how would significantly, O has behaviors is variable. In short, agriculture is less vulnerable to climate change, however, need to consider some uncertainty in the availability of water for irrigation.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



**KEY WORDS:**  $ET_0$ , Geostatistics, Modeling

## INTRODUÇÃO

O conceito da Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ) introduz-se para estudar a demanda da Evapotranspiração das culturas (ET) em geral, independentemente do tipo e desenvolvimento da cultura, e das práticas de manejo. Relacionar a ET a uma superfície específica permite contar com uma referência à qual pode-se relacionar a ET de outras superfícies. Além disso, elimina-se a necessidade de definir um nível de ET para cada cultura e período de crescimento. Podem-se comparar valores medidos ou estimados de  $ET_0$  em diferentes localidades ou em diferentes épocas do ano (Allen et al., 2006).

As técnicas geoestatísticas de estimativa, baseadas no estudo da estrutura de variabilidade espacial, mesmo temporal, são superiores aos estimadores clássicos, por que permite o cálculo do erro associado às estimativas, chamado variância de krigagem. Ainda conforme Allen et al. (2006), a krigagem é o procedimento que permite calcular os ponderadores para uma dada configuração amostral, com mínima variância de krigagem. A krigagem é feita após a conclusão dos estudos geoestatísticos, os quais poderão inclusive indicar a não aplicação deste método, caso o comportamento da variável regionalizada for totalmente aleatório. Os estudos geoestatísticos levam à definição de um modelo de variograma, que servirá para inferir os valores de variância e covariância a serem utilizados pelos métodos geoestatísticos de interpolação (Brookers, 1991).

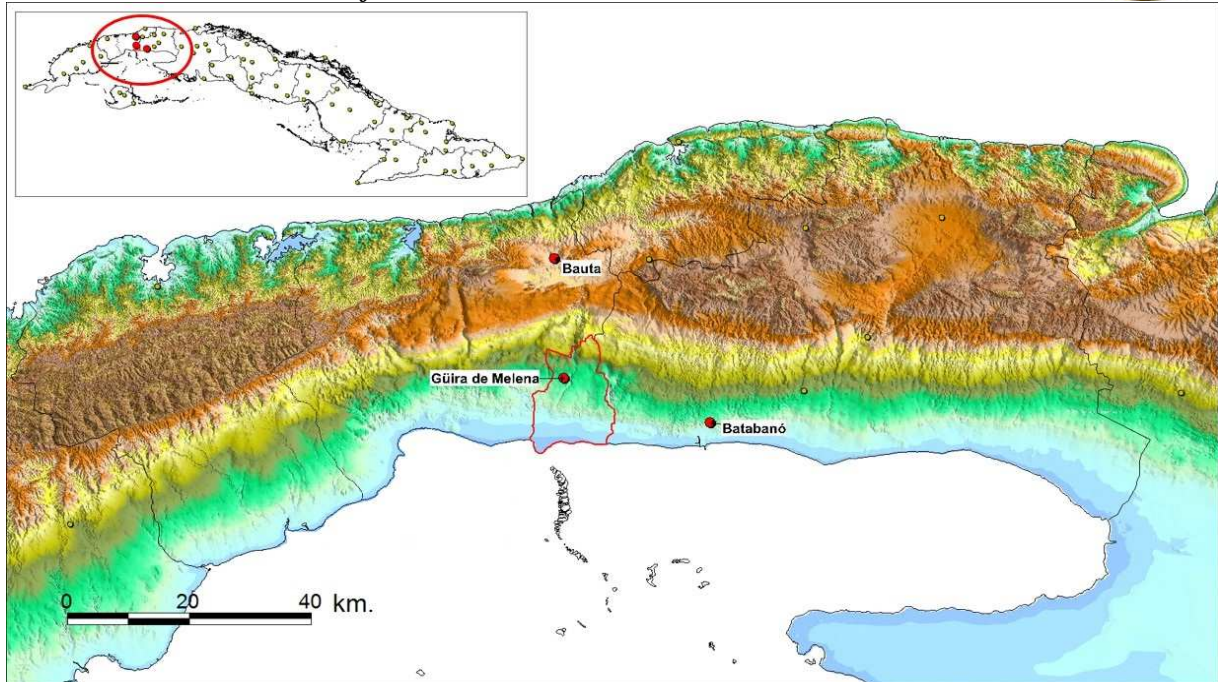
De acordo com Ribeiro Junior (1995), o processo de krigagem se diferencia dos outros métodos de interpolação pela forma de atribuição de pesos aos valores amostrais, já que neste método não se utiliza a distância euclidiana entre os pontos, mas sim uma "distância estatística" que expressa tanto a distância como a estrutura de variabilidade (semivariância ou covariância). Não apenas a distância dos vizinhos ao ponto a ser estimado é considerada, mas também as distâncias entre os mesmos têm influência na distribuição dos pesos. Assim, os vizinhos agrupados têm importância individual relativamente menor do que aqueles isolados.

O objeto do estudo é identificar os níveis de Variabilidade e Mudanças Climáticas e seu impacto na Produção Agropecuária nas Províncias de Artemisa e Mayabeque de Cuba, determinando a Evapotranspiração de Referência ( $ET_0$ ) pela equação Penman-Monteith e a modelagem do comportamento das variáveis temporais, por meio de krigagem ordinária geoestatística. Para isto, a  $ET_0$  é calculada com dados climáticos de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e insolação, dos períodos 1983-2012, fornecidos por Instituto de Meteorologia da República de Cuba (INSMET, 2015).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da Região de Estudo

A área de estudo é situada no território cubano, um arquipélago com uma superfície de 110.922 km<sup>2</sup>. Politicamente Cuba está dividido em 16 Províncias, dos quais a área de pesquisa aglutina as províncias de Artemisa e Mayabeque, áreas nas que encontra-se a bacia hidrográfica Güira de Melena, considerada como a principal fonte de abastecimento de água e como zona importante na produção agrícola. O estudo está baseado na utilização dos dados climáticos das estações meteorológicas de Güira de Melena, Bauta e Batabanó situadas nas províncias anteriormente indicadas (Figura 1).



**Figura 1.** Localização das estações meteorológicas base (Güira de Melena, Bauta, e Batabanó).

Para efeitos de escala, as distâncias que separam as estações meteorológicas são: 22 km de Bauta até Güira de Melena, 23 km de Güira de Melena até Batabanó, e 38 km de Batabanó até Bauta respectivamente. E suas posições geográficas da localização de ditas estações são as que mostram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Localização geográfica das estações meteorológicas, com coordenadas em graus decimais.

Província	Estação Meteorológica	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Artemisa	Güira de Melena	-82,51	22,78	10,00
Artemisa	Bauta	-82,53	22,96	65,00
Mayabeque	Batabanó	-82,28	22,71	7,18

Fonte: INSMET Cuba, 2015.

### Estimativa da Evapotranspiração de Referência

Na estimativa da  $ET_0$ , foi utilizada a equação de Penman-Monteith do Boletim 56 da FAO, sendo o método padrão para o cálculo da  $ET_0$  de dados meteorológicos. Segundo Allen et al. (2006) esta equação, foi desenvolvida utilizando a definição da cultura de referência como uma cultura hipotética, com uma altura de 0,12 m, e uma resistência de superfície de  $70 \text{ sm}^{-1}$  e um albedo de 0,23, o que representaria a evapotranspiração de um gramado verde, de altura constante, em perfeito crescimento ativo, cobrindo por inteiro a área do solo e sem déficit de água. A equação é:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que:  $ET_0$  = Evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $Rn$  = saldo de radiação ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $G$  = fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $T$  = temperatura média diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );  $U_2$  = velocidade média diária do vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );  $e_s$  = pressão de saturação do vapor média diária (kPa);  $e_a$  = pressão

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

atual de vapor média diária (kPa);  $\Delta$  = declividade da curva de pressão de vapor no ponto correspondente a temperatura (kPa °C<sup>-1</sup>);  $\gamma$  = constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

A estimativa do saldo de radiação ( $R_n$ ) foi calculada mediante o método indireto da equação de Angstrom, os coeficientes para o efeito forem de  $a = 0,22$  e  $b = 0,56$ , fornecidos por INSMET (2015) consideradas como calibrações padrão, válida para toda as estações meteorológicas de Cuba, por suas condições climáticas e ecossistêmicas homogêneas.

**Análise geoestatístico e krigagem ordinária**

A aplicação da geoestatística na interpolação dos dados de  $ET_0$  foi desenvolvida em base nas análises do variograma experimental do modelo gaussiano expresso segundo a Equação 2.

$$\gamma(h) = \left( \frac{1}{2N(h)} \right) \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

Em que:  $\gamma(h)$  = é o valor do variograma estimado para a distância  $h$ ;  $N(h)$  = número de pares de pontos;  $Z(x_i)$  = valor da variável no ponto  $x$ ;  $Z(x_i + h)$  = valor da variável no ponto  $x + h$ .

Posterior ao variograma foi feito o krigagem, que é um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no tempo, a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes pelo variograma. Trata-se, em último caso, de um método de estimativa por médias móveis (Landim, 2006).

A variável  $ET_0$  é representada por  $Z$ , em  $n$  pontos distintos, com coordenadas representadas pelo vetor  $x$ . Assim, tem-se um conjunto de valores  $\{Z(x_i), i=1, \dots, n\}$ , onde  $x_i$  identifica uma posição em duas dimensões representada pelos pares de coordenadas  $(x_i, y_i)$ . Supondo que seu objetivo é estimar o valor de  $Z$  no ponto  $x_0$ . O valor desconhecido de  $Z(x_0)$  pode ser estimado a partir de uma combinação linear dos  $n$  valores observados, adicionado a um parâmetro  $\lambda_0$  (Journel e Huijbregts, 1978).

$$Z_{(x_0)}^* = \lambda_0 + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_{(x_i)} \quad (3)$$

Em que:  $Z^*(x_0)$  = valor estimado para o local  $x$  não amostrado;  $Z(x_i)$  = valores obtidos por amostragem no campo; e  $\lambda_i$  = pesos associados ao valor medido na posição  $x_i$ .

Expresso, em notação matricial, se tem as equações (4) e (5):

$$A\lambda = b, \text{ A despejar } \lambda \text{ se tem:}$$

$$\lambda = A^{-1}b \quad (4)$$

Em que:  $A$  = a matriz das variâncias dos valores amostrados envolvidos na estimativa de  $Z^*(x_0)$ ;  $b$  = a matriz coluna das variâncias entre os valores amostrados e o ponto a ser estimado;  $\lambda$  = a matriz coluna que contém os pesos  $\lambda_i$ . As matrizes  $A$ ,  $b$  e  $\lambda$  são:



*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

$$A = \begin{bmatrix} \gamma(x_1, x_1) & \gamma(x_1, x_2) & \gamma(x_1, x_n) & 1 \\ \gamma(x_2, x_1) & \gamma(x_2, x_2) & \gamma(x_2, x_n) & 1 \\ \gamma(x_n, x_1) & \gamma(x_n, x_2) & \gamma(x_n, x_n) & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} \gamma(x_1, x_n) \\ \gamma(x_2, x_n) \\ \gamma(x_n, x_n) \\ 1 \end{bmatrix} \quad \lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_n \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Observações:

A matriz  $A$  é simétrica e possui diagonal principal igual a zero, ou igual ao valor do efeito pepita.

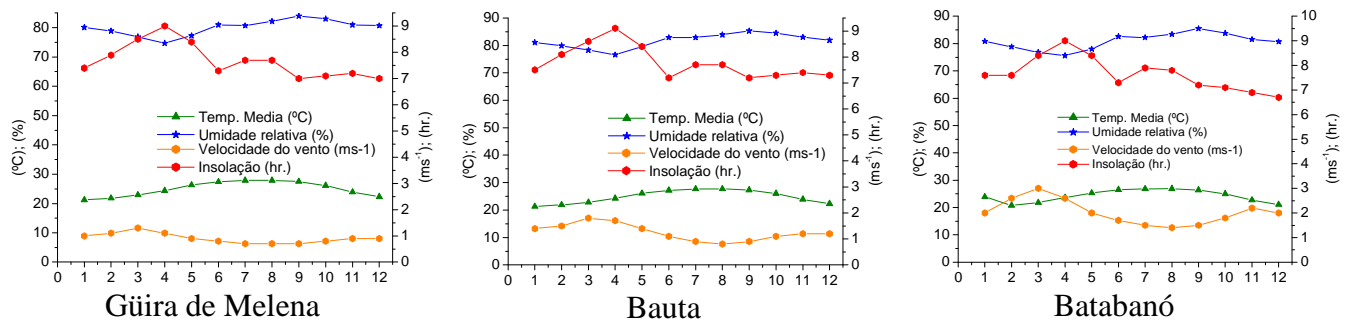
Os valores 1 que aparecem nas matrizes  $A$  e  $b$  são consequência do multiplicador de Lagrange.

O sistema deve ser resolvido para cada estimativa  $Z^*$  e para cada variação do número de amostras envolvidos na estimativa, motivo pelo qual os programas GS+ e Surfter facilitam sua estimativa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Descrição das condições climáticas

Segundo a classificação de Köppen, modificada, na maior parte de Cuba o clima predominante é do tipo climatropical ( $Aw$ ), com estação seca no inverno. Por sua posição geográfica, Cuba encontra-se situada numa latitude muito próxima à Trópico de Câncer, o que condiciona a recepção de altos valores de radiação solar durante todo o ano, determinando o caráter quente de seu clima. Além disso, situa-se na fronteira entre as zonas de circulação tropical e extratropical, recebendo a influência de ambas com caráter estacional. Na temporada que vá aproximadamente de novembro até abril, as variações do tempo e o clima se fazem mais notáveis, com mudanças bruscas no tempo diário, associados a passo de sistemas frontais, influência anticiclônica de origem continental e de centros de baixas pressões extratropicais (INSMET, 2015).



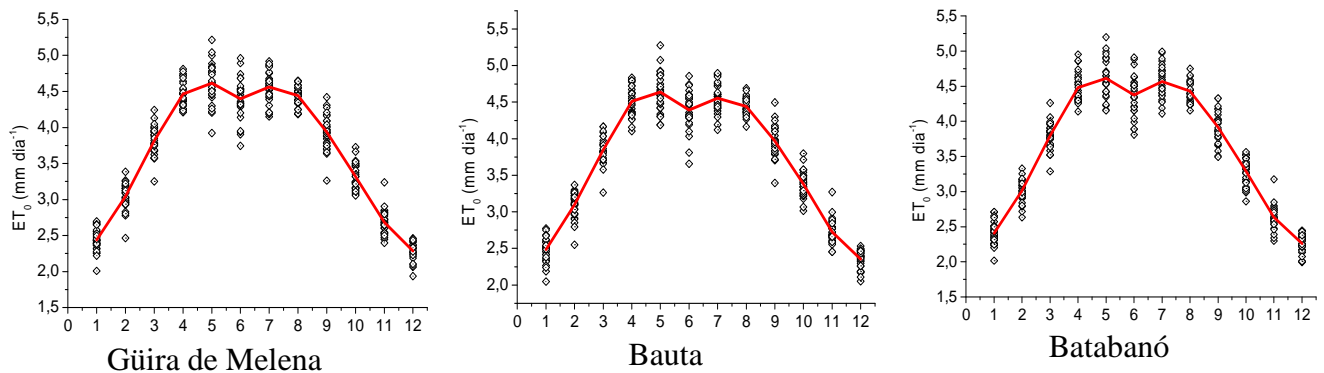
**Figura 2.** Comportamento anual das variáveis climáticas mensais de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e insolação, de 30 anos históricos.

Por conseguinte, as variáveis climáticas da Figura 2 refletem as distintas variações como amostragem do território cubano, com ligeiras semelhanças, devido a suas condições ecossistêmicas homogêneas, mostrando comportamentos anuais, das variáveis climáticas de temperatura média do ar com maiores reportes nos meses de junho – outubro de até 28°C, mesmo que a umidade relativa com médias mais altas de até 84%, porém, a velocidade do vento comporta-se inversamente, com mínima média de 0,7 m s<sup>-1</sup>, tendo a insolação média de 7 horas dia<sup>-1</sup>.

### Evapotranspiração de Referência (ET<sub>0</sub>)

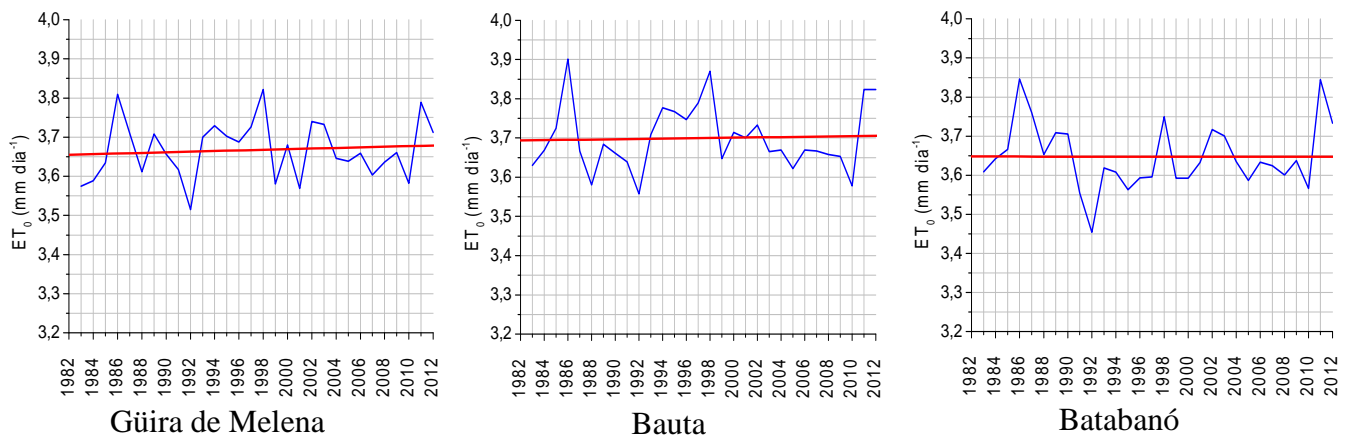
A ET<sub>0</sub> é fortemente influenciada pela temperatura do ar e pela umidade relativa, pois quanto maior temperatura e a umidade relativa, maior será a demanda atmosférica por água, por exemplo, durante a temporada quente (verão) conta-se com menores horas de insolação devido a presença de

nebulosidade na atmosfera, com leves velocidades dos ventos, porém com altas temperaturas e altas umidades relativas, em consequência com altos níveis de  $ET_0$ , Figura 3.



**Figura 3.** Comportamento da  $ET_0$  médias mensais, baseados na interpolação de dados históricos.

Segundo Solano et. al. (2003b), os valores máximos e mínimos de  $ET_0$  nas condições geográficas de Cuba produzem-se nas zonas costeiras e as montanhas, respectivamente. Os autores realizaram análises para cada mês do ano e encontraram que os valores mais baixos produzem-se no inverno, coincidindo com os inícios e metade do período pouco chuvoso (novembro e dezembro). Dezembro apresenta os valores mais baixos onde à posição do sol, alcança o máximo de declinação á sul, o que determina a aparição de magnitudes mais baixas de radiação solar incidente e, por tanto uma diminuição na taxa diária de  $ET_0$ . Os maiores valores médio de  $ET_0$  produzem-se entre abril e agosto, o final do período com poucas precipitações.



**Figura 4.** Linha de tendências de comportamentos de  $ET_0$ , feito pelo modelo de regressão linear simples.

A interpolação e projeção de tendência do horizonte anual da  $ET_0$  no período de 30 anos históricos da Figura 4, foram feita a través do método da regressão linear simples, onde verificou-se mudanças ascendentes em Güira de Melena  $0,0274 \text{ mm dia}^{-1}$  e Bauta  $0,0138 \text{ mm dia}^{-1}$ , e descendente em Batabanó com  $0,0007 \text{ mm dia}^{-1}$ , em geral tendentes a um comportamento horizontal. Devido à ocorrência dos padrões de uso de solo e a permanência das áreas florestais, consequência da população cubana no período socialista mostrarem baixos índices de crescimento, inclusive descendentes a partir do 2007 para frente (<http://countrymeters.info/pt/Cuba>, 2015). Produto das políticas nacionais, que segundo Planos et al. (2013) Cuba desde a década dos anos 80 até 90 caracterizou-se por uma agricultura intensiva e, desde a década dos 90 o país experimentou uma profunda rescisão, resultado da

caída de seus principais subministradores, a desapareição do Campo Socialista do Este, além disso, o bloqueio por Estados Unidos, como efeito a relativa estabilidade da agricultura.

### **Ajuste de Variograma e krigagem ordinária**

Os parâmetros de variograma segundo Tabela 2 se têm bons ajustes: O Efeito pepita ( $C_0$ ) segundo Valente (1989), reflete a variação de pequena escala não detectada pela amostragem, devido à presença de erros de medida. Sendo assim, os dados não apresentam erros significativos de medição, já que todas as estações mostram valores com tendência ao zero, o Patamar ( $C_0+C$ ) topo onde se estabiliza a tendência e, a partir da qual as variáveis são independentes, e adquirem diferentes valores, o Alcance ( $A_0$ ) é relativamente superior de até 3,53 meses em Bauta. Estes intervalos expressam o tempo máximo de influência da variável em estudo, após esse tempo, as amostras tornam-se independente, não sendo mais caracterizada a dependência ou proporção temporal (Cambardella et al., 1994).

**Tabela 2.** Parâmetros do variograma obtido por krigagem ordinária para a distribuição da  $ET_0$ , pelo modelo gaussiano

Estações meteorológicas	$C_0$	$C_0+C$	$A_0$	$r^2$	SQR
Güira de Melena	0,025	0,871	3,49	0,977	0,0187
Bauta	0,027	0,832	3,53	0,979	0,0160
Batabanó	0,024	0,891	3,47	0,977	0,0200

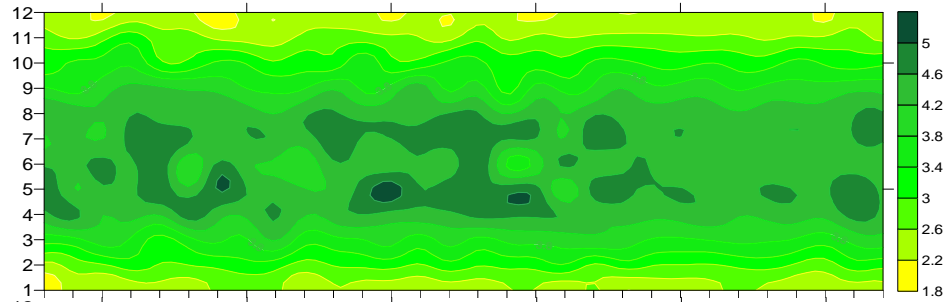
$C_0$  Efeito pepita; ( $C_0+C$ ) Patamar;  $A_0$  Alcance;  $r^2$  Coeficiente de determinação; SQR Soma do quadrado dos resíduos.

Mesmo o ajuste do modelo, os dados de SQR geram melhores ajuste por encontrar-se em geral próximos ao zero, e os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) próximos ao 1. O estudo tem conjunto de dados mensais e anuais de intervalos regulares, que são suficientes para a realização de estimativas a través da interpolação.

A Figura 5 mostra a interpolação da variável  $ET_0$  feito mediante a krigagem ordinária, mapeada em duas dimensões: nas abscissas ficam os anos (1983-2012), e nas ordenas os meses (12 meses), as legendas dos mapeamentos indicam que os maiores  $ET_0$  ficam no mês junho e os menores em dezembro e janeiro.

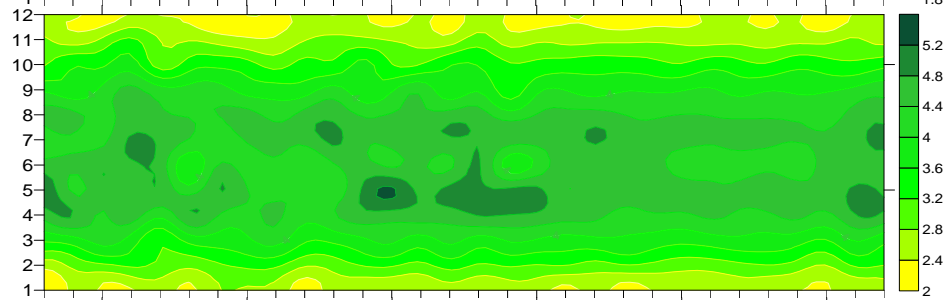
**Estação Güira de Melena:**

País Cuba,  
Província Artemisa  
Longitude: -82,51°  
Latitude: 22,78°  
Altitude: 10,00 m



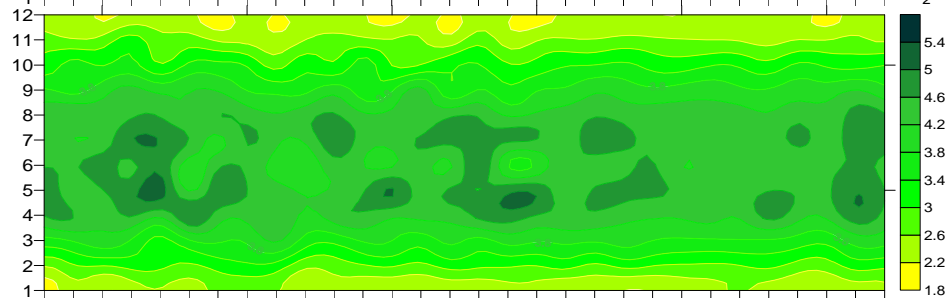
**Estação Bauta:**

País Cuba,  
Província Artemisa  
Longitude: -82,53°  
Latitude: 22,96°  
Altitude: 65,00 m



**Estação Batabanó:**

País Cuba,  
Província Mayabeque  
Longitude: -82,28°  
Latitude: 22,71°  
Altitude: 7,18 m



**Figura 5.** Modelagem do comportamento temporal da  $ET_0$  em duas dimensões, feito pelo krigagem ordinária, com legendas expressadas em (mm día<sup>-1</sup>).

Um modelo que classifica o grau de dispersão da variável em estudo ( $ET_0$ ) é a Análise de variância. Este modelo separa e estudam as diferentes causas de variação nos dados experimentais (Zambello e Mischan, 2006), num experimento de caráter geostatístico, os dados experimentais ficam estruturados num modelo experimental de regressão, com três variáveis de estudo, que som os eixos de coordenadas ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ). No presente experimento, nos eixos  $x$  e  $y$  ficam os anos e meses, e no eixo  $z$  a variável de estudo  $ET_0$ . O resultado final de cada experimento é determinar o  $F$  calculado, que é um indicador de toma de decisões, como mostra-se a continuação:



**Tabela 3.** Prova de Análise de variância da  $ET_0$ , feita pelo modelo experimental de regressão

Fonte	gl	Soma de quadrados	Quadrados médios	F
<b>Güira de Melena</b>				
Regressão	2	6,8411	3,4206	4,6849*
Resíduo	357	260,6528	0,7301	
Total	359	267,4940		
<b>Bauta</b>				
Regressão	2	6,6074	3,3037	4,7291*
Resíduo	357	249,3969	0,6986	
Total	359	256,0042		
<b>Batabanó</b>				
Regressão	2	7,2368	3,61840	4,8182*
Resíduo	357	268,1028	0,75099	
Total	359	251,4546		

\* Significativo, *ns* não significativo, com F ( $\alpha$ : 5%,  $gl_1$ : 2,  $gl_2$ : 357), adaptada de Pearson, E.S. & Hartley, H.O. Biometrika, Tables for Statisticians, Cambridge Un. Press, 1956.

O resultado da prova da análise de variância gerou os valores de F para cada localidade (Tabela 3), e conforme a um valor de  $F_\alpha$  ( $\alpha$ : 5%,  $gl_1$ : 2,  $gl_2$ : 357) = 3,0; indicam que todas localidades situam-se na posição de “Significativo”. Entendendo que valores de  $F > F_\alpha$  são significativos à  $\alpha = 5\%$ , de probabilidade, em outros termos, as variáveis significativas indicam comportamento heterogêneo ou disperso.

#### Auto validação

Segundo Davis (1987), a validação cruzada ou auto validação, é um método adequado para definir a exatidão da krigagem como interpolador. Segundo Landim (2006), a validação cruzada, porém, não prova que o modelo escolhido é o mais correto, mas sim que o mesmo não é inteiramente incorreto. A melhor verificação, então, é aquela resultante do confronto entre os valores estimados e a realidade de campo; para o efeito é levado em consideração os valores de  $\beta_0$  (próximo a 0),  $\beta_1$ ,  $r^2$  (próximo a 1) e SE (próximo a 0) presentes na Tabela 4.

**Tabela 4.** Análise de validação cruzada da  $ET_0$

Estação	$\beta_1$	SE	$r^2$	$\beta_0$
Güira de Melena	0,988	0,014	0,934	0,05
Bauta	0,995	0,013	0,946	0,03
Batabanó	0,990	0,013	0,942	0,04

SE Erro padrão ou Erro Reduzido;  $\beta_0$  coeficiente linear;  $\beta_1$  coeficiente angular;  $r^2$  coeficiente de ajuste ou determinação.

Os ajustes de interpolação ficarem melhores, pelo fato de que os dados estimados são muito próximos dos dados atuais ou reais, se tornando quase perfeita, por seus reportes de SE,  $\beta_0$  próximos a 1 e  $\beta_1$ ,  $r^2$  próximos a 0, comprovando que a krigagem ordinária é um bom interpolador.

## CONCLUSÕES

As tendências da  $ET_0$  nas localidades Güira de Melena, Bauta e Batabanó das províncias Artemisa e Mayabeque mostraram comportamentos horizontais, sem mudanças no tempo, devido a decorrência dos padrões de uso do solo, consequência das políticas nacionais do sistema socialista, período em que a população cubana não mostrou índices de crescimento ascendentes ao contrário descendentes desde o ano



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

2007 para frente. Por tanto estas tendências não apresentam riscos de disponibilidade de água para irrigação das culturas, mesmo o abastecimento de água para a cidade de La Habana.

As variáveis  $ET_0$  das localidades indicadas no precedente, conforme análise geoestatística reportou valores de F significativos, por quanto indicam que seus comportamentos são heterogêneos ou dispersos no tempo. Assim pode-se concluir que, os de comportamento heterogêneos são menos confiáveis que aqueles heterogêneos com fins de planejamento para a disponibilidade de água para irrigação.

## AGRADECIMENTO

Nosso agradecimento ao programa CAPE/MES, o projeto de Cooperação Científica Internacional Brasil-Cuba, por seu patrocínio da presente pesquisa. A equipe interdisciplinar de INSMET, a Faculdade de Geografia da Universidade de La Habana e a programa de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem da Faculdade de Agronomia da UNESP Botucatu.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del Cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riegos y Drenajes. Food & Agriculture Org. 2006. 322 p.

BROOKERS, P. I. A geostatistical primer. Londres: World Scientific. 1991.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAR, J. M. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 1994.

COUNTRY METERS, População de cuba. <<http://countrymeters.info/pt/Cuba>>. Acesso em: 31 maio 2015.

DAVIS, B.M. Uses and abuses of cross validation in geostatistics. Mathematical Geology. New York. V. 19. n. 3. P. 241-248. 1987.

INSMET. Instituto de Meteorología de la República de Cuba. disponível <[www.insmet.cu](http://www.insmet.cu)>. Acesso em: 10 feb. 2015.

JOURNEL, A.; HUIJBREGTS, C. Mining Geostatistics. London: Academic Press. 1978.

LANDIM, P. Sobre Geoestatística e Mapas. Obtenido de Terrae Didática: disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica>>. Acesso em: 2 feb. 2015, 2006.

PLANOS, E., VEGA R., A. GUEVARA. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencias, Medio Ambiente y tecnología. Promera edição, 2013. ISBN: 978-959-300-039-0. Editorial AMA. 2015. La Habana, Cuba 430 pp.

RIBEIRO JÚNIOR, P.J. Método Geoestatístico no estudo da Variabilidade espacial do parâmetros de solo. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1995. 99p.



## **XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### ***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***



SOLANO, O., MENÉNDEZ, C., VÁZQUEZ, R., MENÉNDEZ, J. Zonificación de la evapotranspiración de referencia en Cuba. Atlas Agrometeorológico de Disponibilidades Hídricas para una Agricultura de Secano. La Habana, Cuba, Instituto de Meteorología. 2003b.

VALENTE, J. M. G. P. Geomatemática – Lições de Geoestatísticas. Ouro Preto. Ed Fundação Gorceix, 1989, 8v.

ZAMBELLO DE PINHO, S., & MISCHAN, M. M. Experimentação agronômica. Botucatu: UNESP. 2006.