

ESTIMATIVAS DAS TEMPERATURAS MÉDIAS DAS MÍNIMAS MENSAIS E  
ANUAL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Estimate of the Monthly and Annual Means of the Minimum  
Temperatures of the State of Espirito Santo

Leandro Roberto Feitoza\*, José Altino Scárdua\*, Gilberto Chohaku  
Sediyama\*\* e Samuel Silva Valle\*

RESUMO

Foram estudados quatro modelos matemáticos para as estimativas das temperaturas médias das mínimas mensais e anual, no Estado do Espírito Santo para os locais desprovidos de Estações Meteorológicas. As análises de regressões múltiplas foram efetuadas com dados de temperaturas médias das mínimas mensais e testaram-se equações envolvendo, além da latitude e altitude, os parâmetros longitude e/ou distância da costa. Os modelos foram desenvolvidos para o Estado como um todo, para a região litorânea e para a região continental. Para esta região pode-se utilizar o modelo que encerra as variáveis altitude, latitude e longitude nos meses de setembro a abril e estimativa anual, e o modelo que inclui as variáveis altitude e latitude de nos meses de maio a agosto. Para a região litorânea a variação da temperatura média das mínimas não pode ser explicada pelos efeitos combinados da altitude e latitude ou altitude, latitude e longitude. Entretanto nos locais desprovidos de estações, pode-se usar as equações que encerram as variáveis latitude e distância da costa.

SUMMARY

Four mathematical models were studied in this paper to estimate the mean minimum monthly and annual temperatures for locations with no meteorological stations in the State of Espirito Santo. The multiple regression analysis were carried out with the mean monthly observed temperatures data and were adjusted equations involving besides latitude and altitude the longitude or distance from the coast.

---

\* Respectivamente Pesquisadores e Técnico Agrícola do Setor de Climatologia - EMCAPA, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

\*\* Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

The models were developed for the State of Espírito Santo as a whole for the coastal area (40 km from the coast and elevations lower than 200 m), and for the continental region.

For the continental region one can use the equations containing altitude, latitude and longitude to estimate the mean minimum temperatures from September thru April and for annual mean temperature. For the months of May thru August one can use equations based on latitude and altitude.

For the coastal area the variation of the mean minimum temperatures can not be explained by the combined effects of the altitude and latitude, or altitude, latitude and longitude. However, for locations with no meteorological station, equations containing latitude and distance from the coast can be used.

## INTRODUÇÃO

A escassez de dados meteorológicos dificulta sobremaneira a execução e a precisão nos trabalhos cartográficos de zoneamento agroclimático em muitas regiões do País. As temperaturas estimadas facilitam a definição das condições térmicas regionais e tornam-se fator imprescindível nesses estudos.

No Estado do Paraná, com exceção da faixa litorânea, PINTO & ALFONSI (4) correlacionaram temperaturas médias das mínimas com os fatores geográficos altitude e latitude e encontraram coeficientes de determinação entre 0,66 e 0,87 para o conjunto de equações estimativas.

Para o Estado de Santa Catarina, com exceção da região litorânea com altitudes inferiores a 40 metros ESTEFANEL et alii (1) indicam que 83 a 92% da variação das temperaturas médias das mínimas mensais e anual é devido às diferenças de altitude e de longitude.

No Rio Grande do Sul, ESTEFANEL et alii (2) verificaram que o efeito combinado da altitude e da latitude explicaram 73 a 93% da variação das temperaturas médias das mínimas no Estado, com exceção da faixa litorânea para a qual as equações não são válidas.

Em razão da deficiência de estações meteorológicas com dados normais, no Estado do Espírito Santo, são apresentados, neste trabalho, equações estimativas das médias das temperaturas mínimas mensais e anual através de correlações com os fatores latitude, altitude, longitude e/ou continentalidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperaturas médias mínimas do ar à sombra, para a execução do presente trabalho, são de 36 locais situados entre a Serra da Mantiqueira, Serra das Vertentes, Serra do Espinhaço, Serra Negra, Serra da Noruega e o Oceano Atlântico. Os referidos dados foram obtidos no 4º, 5º e 6º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (Tabela 1).

As análises de regressão múltipla foram efetuadas com dados de temperaturas médias das mínimas mensais e anuais e foram testados os quatro modelos estatísticos, apresentados a seguir:

- a)  $Y_i = a_0 + a_1 X_{1i} + a_2 X_{2i} + e_i$
- b)  $Y_i^+ = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + b_3 X_{3i} + e_i^+$
- c)  $Y_i^* = c_0 + c_1 X_{1i} + c_2 X_{2i} + c_3 X_{4i} + e_i^*$
- d)  $Y_i^- = d_0 + d_1 X_{1i} + d_2 X_{4i} + e_i^-$

onde  $Y_i$ ,  $Y_i^+$ ,  $Y_i^*$  e  $Y_i^-$  representam a temperatura média mensal e/ou anual calculada,  $X_{1i}$  a latitude do lugar em minutos;  $X_{2i}$  a altitude do lugar em metros;  $X_{3i}$  a longitude do lugar em minutos;  $X_{4i}$  a distância da costa em quilômetros e  $e_i$ ,  $e_i^+$ ,  $e_i^*$  e  $e_i^-$  os termos de erro aleatório que se pressupõe normais e independentemente distribuídos com médias zero e variâncias constantes.

Os três primeiros modelos (a, b e c) foram testados para a região litorânea e para a região continental, com dados de 14 e 25 estações respectivamente. O modelo que encerra a latitude e a distância da costa (modelo 1) foi testado, apenas, para a região costeira.

Considerou-se como região litorânea aquela compreendida na faixa dos 40 quilômetros da costa e localizada em áreas inferiores a 200 metros de altitude e, como continental, aquelas superiores a essa altitude, e toda a área situada além da faixa costeira de 40 quilômetros, de acordo com FEITOZA et alii (3).

A escolha do modelo foi baseada no valor e na significância dos coeficientes de determinação corrigidos, avaliados pelo teste de "F" e na significância dos coeficientes de regressão testados pelo teste "t" de Student, admitindo-se significâncias ao nível de até 10% de probabilidade.

Tabela 1. Estações meteorológicas utilizadas para o desenvolvimento das equações estimativas de temperaturas médias das mínimas, respectivas coordena das geográficas e período de observação.

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	DISTÂNCIA COSTA (Km)	PERÍODO DE OBSERVAÇÃO
Angra dos Reis-RJ	23º 01'	44º 19'	2	0,5	1931-1970
Araras-RJ	22º 21'	43º 11'	820	41,0	1944-1970
Barreirinhos-RJ	22º 27'	44º 50'	757	69,0	1953-1974
Carmo-RJ	21º 55'	42º 37'	341	95,0	1931-1970
Cabo Frio-RJ	22º 53'	42º 02'	2	0,5	1931-1970
Campos-RJ	21º 45'	41º 20'	11	34,0	1931-1970
Itaperuna-RJ	21º 11'	41º 53'	127	91,0	1931-1960
Macaé-RJ	22º 21'	41º 48'	3	0,5	1931-1970
Nova Iguaçu-RJ	22º 46'	43º 27'	20	19,0	1951-1967
Pinheiral-RJ	22º 31'	44º 00'	385	45,0	1931-1970
Pirai-RJ	22º 38'	43º 54'	386	31,0	1941-1970
Resende-RJ	22º 29'	44º 28'	439	54,0	1931-1970
Rio D'Ouro-RJ	22º 37'	43º 28'	127	30,0	1931-1970
Santa Cruz-RJ	22º 55'	43º 41'	35	5,0	1922-1970
Santa Maria Madalena-RJ	21º 59'	42º 01'	620	50,0	1931-1970
São Pedro-RJ	22º 38'	43º 33'	179	32,0	1931-1970
Santo Antonio de Padua-RJ	21º 32'	42º 12'	94	100,0	1931-1970
Teresópolis-RJ	22º 27'	42º 56'	874	30,0	1931-1970
Teresópolis-Pq-Nacional-RJ	22º 27'	42º 56'	959	30,0	1943-1970
Univ. Rural - Km 47-RJ	22º 46'	43º 41'	33	22,0	1941-1970
Vassouras-RJ	22º 24'	43º 40'	446	57,0	1931-1970
Volta Redonda-RJ	22º 29'	44º 05'	418	48,0	1943-1967
Cachº de Itapemirim-ES	20º 51'	41º 07'	34	32,5	1931-1970
Conceição da Barra-ES	18º 34'	39º 43'	4	0,5	1931-1960
Linhares-ES	19º 24'	40º 04'	28	30,0	1960-1976
Mendes da Fonseca-ES	20º 23'	41º 03'	950	60,0	1956-1976
Vitória-ES	20º 19'	40º 20'	31	0,5	1931-1970
Caratinga-MG	19º 48'	42º 09'	609	148,0	13 anos
Catagüeses-MG	21º 23'	42º 42'	169	143,0	10 anos
Conc. do Mato Dentro-MG	19º 02'	43º 26'	657	345,0	1931-1960
Itabira-MG	19º 37'	43º 13'	826	292,0	1931-1960
Itambacuri-MG	18º 02'	41º 42'	320	292,0	1949-1953
Muriae-MG	21º 08'	42º 22'	240	138,0	1931-1960
Santos Dumont-MG	21º 27'	43º 33'	908	145,0	1931-1960
Ubã-MG	21º 07'	42º 57'	349	180,0	1931-1960
Caravelas-BA	17º 44'	39º 15'	4	0,5	1932-1960

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 e 3 apresentam-se as equações de regressão e os respectivos coeficientes de determinação dos modelos ajustados para a região continental. Aqueles que encerram o parâmetro longitude ou distância da costa apresentaram-se melhor ajustados para os meses de setembro e abril. Os dois modelos explicam de maneira satisfatória a variação dos dados de temperaturas médias das mínimas na região continental, mas levando-se em consideração, que as variáveis latitude e distância da costa apresentam-se em alto grau de multicolinearidade e os dados de longitude são de obtenção mais simples, deve-se evitar nesta região o modelo que emprega a distância da costa e latitude. Nos meses de maio a agosto obteve-se melhor ajuste com o modelo que inclui a altitude e a latitude.

Na Tabela 4 apresentam-se as equações de regressão ajustadas para a região litorânea e os respectivos coeficientes de determinação, quando foram incluídas no modelo somente as variáveis latitude e distância da costa. A maioria das diferenças entre o observado e o calculado são inferiores a 0,6°C e em se tratando de estimativa de temperatura média extrema permite-se usar as referidas equações para locais desprovidos de estações. Para os meses de fevereiro e outubro, mesmo estando melhor ajustadas apresentam-se com baixa confiabilidade conforme critério pré-estabelecido neste trabalho quanto aos testes de "F".

Observa-se nas Tabelas 4 e 5, que o modelo que emprega as variáveis altitude, latitude e distância da costa, de acordo com as condições pré-estabelecidas quanto ao valor e significância dos coeficientes de determinação corrigidos avaliados pelo teste de "F", e significância dos coeficientes de regressão, testados pelo teste "t" de Student, apresenta em todos os meses e na estimativa anual, ajuste menos satisfatório que os modelos que empregam apenas a latitude e distância da costa. Observou-se também que a variação da temperatura média das mínimas nesta região não pode ser explicada pelos efeitos combinados da altitude e latitude ou latitude e longitude.

As equações específicas para a região continental e para a região litorânea dão menores diferenças entre o observado e o estimado do que aquelas desenvolvidas para o Estado como um todo, também testadas neste trabalho. O presente fato vem evidenciar que o desenvolvimento de equações próprias para as regiões do continente e litoral dão melhores resultados nas estimativas.

Tabela 2. Equações de regressão para estimar as temperaturas médias das mínimas mensais e anual, em função da altitude (X<sub>2</sub>) e latitude (X<sub>1</sub>), na região continental do Estado do Espírito Santo.

	EQUAÇÕES DE REGRESSÕES		R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
$\hat{Y}_{jan}$ = 19,1397	+ 0,00190668 X <sub>1</sub> ns	- 0,00538569 X <sub>2</sub> *	90,55%*	91,34%*
$\hat{Y}_{fev}$ = 19,9636	+ 0,00145112 X <sub>1</sub> ns	- 0,00573457 X <sub>2</sub> *	86,32%*	87,46%*
$\hat{Y}_{mar}$ = 21,2762	+ 0,00007404 X <sub>1</sub> ns	- 0,00562919 X <sub>2</sub> *	89,44%*	90,32%*
$\hat{Y}_{abr}$ = 21,4225	- 0,00165183 X <sub>1</sub> ns	- 0,00559580 X <sub>2</sub> *	86,82%*	87,92%*
$\hat{Y}_{mai}$ = 16,7134	+ 0,00009406 X <sub>1</sub> ns	- 0,00566719 X <sub>2</sub> *	80,65%*	82,26%*
$\hat{Y}_{jun}$ = 15,1255	+ 0,00006559 X <sub>1</sub> ns	- 0,00595405 X <sub>2</sub> *	80,09%*	81,75%*
$\hat{Y}_{jul}$ = 13,7979	+ 0,00055666 X <sub>1</sub> ns	- 0,00598268 X <sub>2</sub> *	79,36%*	81,08%*
$\hat{Y}_{ago}$ = 12,5083	+ 0,00216455 X <sub>1</sub> ns	- 0,00614228 X <sub>2</sub> *	79,42%*	81,13%*
$\hat{Y}_{set}$ = 17,8050	- 0,00046438 X <sub>1</sub> ns	- 0,00559872 X <sub>2</sub> *	84,60%*	85,89%*
$\hat{Y}_{out}$ = 24,1412	- 0,00389898 X <sub>1</sub> **	- 0,00542147 X <sub>2</sub> *	89,65%*	90,51%*
$\hat{Y}_{nov}$ = 27,4717	- 0,000576814 X <sub>1</sub> *	- 0,00552481 X <sub>2</sub> *	91,59%*	92,29%*
$\hat{Y}_{dez}$ = 25,8982	- 0,00387941 X <sub>1</sub> **	- 0,00526515 X <sub>2</sub> *	90,37%*	91,18%*
$\hat{Y}_{ano}$ = 19,6212	- 0,00081801 X <sub>1</sub> ns	- 0,00565021 X <sub>2</sub> *	88,72%*	89,66%*

\*,\*\* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

ns Não significativo aos níveis pré-estabelecidos.

R<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> Coeficientes de determinação corrigidos e não corrigidos, respectivamente.

Tabela 3. Equações de regressão para estimar as temperaturas médias das mínimas mensais e anual, em função da altitude ( $X_2$ ), latitude ( $X_1$ ) e longitude ( $X_3$ ), na região continental do Estado do Espírito Santo.

	EQUAÇÕES DE REGRESSÕES			$\bar{R}^2$	$R^2$
$\hat{Y}_{jan} = 8,0896$	- 0,00046526 $X_1$ ns	- 0,00557645 $X_2$ *	+ 0,00550781 $X_3$ **	92,768*	93,668*
$\hat{Y}_{fev} = 6,1957$	- 0,00150421 $X_1$ ns	- 0,00597226 $X_2$ *	+ 0,00686248 $X_3$ **	89,188*	90,548*
$\hat{Y}_{mar} = 9,6625$	- 0,00256696 $X_1$ ns	- 0,00582968 $X_2$ *	+ 0,00578873 $X_3$ **	91,668*	92,708*
$\hat{Y}_{abr} = 10,6126$	- 0,00397220 $X_1$ ***	- 0,00578242 $X_2$ *	+ 0,00538807 $X_3$ ***	88,548*	89,978*
$\hat{Y}_{mai} = 11,7209$	- 0,00097761 $X_1$ ns	- 0,00575338 $X_2$ *	+ 0,00248849 $X_3$ ns	80,188*	82,658*
$\hat{Y}_{jun} = 8,7802$	- 0,00129645 $X_1$ ns	- 0,00606359 $X_2$ *	+ 0,00316276 $X_3$ ns	79,808*	82,328*
$\hat{Y}_{jul} = 10,3048$	- 0,00019315 $X_1$ ns	- 0,00604299 $X_2$ *	+ 0,00174112 $X_3$ ns	78,588*	81,258*
$\hat{Y}_{ago} = 9,3845$	+ 0,00149402 $X_1$ ns	- 0,00619621 $X_2$ *	+ 0,00155703 $X_3$ ns	78,588*	81,268*
$\hat{Y}_{set} = 9,3039$	- 0,00228918 $X_1$ ns	- 0,00574548 $X_2$ *	+ 0,00423732 $X_3$ ns	85,288*	87,128*
$\hat{Y}_{out} = 14,7239$	- 0,00592042 $X_1$ *	- 0,00558405 $X_2$ *	+ 0,00469394 $X_3$ **	91,098*	92,208*
$\hat{Y}_{nov} = 19,2065$	- 0,00754229 $X_1$ *	- 0,00566750 $X_2$ *	+ 0,00411971 $X_3$ ***	92,628*	93,548*
$\hat{Y}_{dez} = 16,3677$	- 0,00592517 $X_1$ *	- 0,00542968 $X_2$ *	+ 0,00475039 $X_3$ **	92,038*	93,038*
$\hat{Y}_{ano} = 11,1693$	- 0,00263224 $X_1$ ns	- 0,00579612 $X_2$ *	+ 0,00421277 $X_3$ ns	89,618*	90,918*

\*,\*\*,\*\*\* Significativo ao nível de 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente.

ns Não significativo aos níveis pré-estabelecidos.

$\bar{R}^2$  e  $R^2$  Coeficientes de determinação corrigidos e não corrigidos, respectivamente.

Tabela 5. Equações de regressão para estimar as temperaturas médias das mínimas mensais e anual, em função da latitude (X<sub>1</sub>), altitude (X<sub>2</sub>) e distância da costa (X<sub>3</sub>), na região litorânea do Estado do Espírito Santo.

EQUAÇÕES DE REGRESSÕES					R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>
$\hat{Y}_{jan} = 22,3265$	- 0,00026762 X <sub>1</sub> ns	- 0,00311417 X <sub>2</sub> ns	- 0,0228781 X <sub>3</sub> ns		30,28%***	46,37%***
$\hat{Y}_{fev} = 21,3730$	+ 0,00061602 X <sub>1</sub> ns	- 0,00296744 X <sub>2</sub> ns	- 0,0231783 X <sub>3</sub> ns		18,12%ns	37,01%ns
$\hat{Y}_{mar} = 22,3353$	- 0,00034955 X <sub>1</sub> ns	- 0,00226836 X <sub>2</sub> ns	- 0,0386841 X <sub>3</sub> **		39,99%**	53,84%**
$\hat{Y}_{abr} = 23,5589$	- 0,00240677 X <sub>1</sub> ns	- 0,00018588 X <sub>2</sub> ns	- 0,0526542 X <sub>3</sub> **		47,63%**	59,71%**
$\hat{Y}_{mai} = 23,3435$	- 0,00368907 X <sub>1</sub> ns	+ 0,00195901 X <sub>2</sub> ns	- 0,0587241 X <sub>3</sub> **		43,56%**	56,59%**
$\hat{Y}_{jun} = 22,9694$	- 0,00439477 X <sub>1</sub> ns	+ 0,00477230 X <sub>2</sub> ns	- 0,0639293 X <sub>3</sub> **		45,52%**	58,09%**
$\hat{Y}_{jul} = 20,8790$	- 0,00330367 X <sub>1</sub> ns	+ 0,00446128 X <sub>2</sub> ns	- 0,0675523 X <sub>3</sub> **		39,31%**	53,31%**
$\hat{Y}_{ago} = 19,7293$	- 0,00212845 X <sub>1</sub> ns	+ 0,00358001 X <sub>2</sub> ns	- 0,0576528 X <sub>3</sub> **		40,00%**	53,85%**
$\hat{Y}_{set} = 20,2043$	- 0,00159430 X <sub>1</sub> ns	- 0,00070989 X <sub>2</sub> ns	- 0,0455206 X <sub>3</sub> **		31,63%***	47,41%***
$\hat{Y}_{out} = 21,0160$	- 0,00131814 X <sub>1</sub> ns	- 0,00098238 X <sub>2</sub> ns	- 0,0469855 X <sub>3</sub> ns		14,90%ns	34,54%ns
$\hat{Y}_{nov} = 24,9126$	- 0,00371206 X <sub>1</sub> *	- 0,00404817 X <sub>2</sub> ns	- 0,0291872 X <sub>3</sub> ns		48,17%**	60,13%**
$\hat{Y}_{dez} = 23,0105$	- 0,00139080 X <sub>1</sub> ns	- 0,00244416 X <sub>2</sub> ns	- 0,0352360 X <sub>3</sub> *		37,46%***	51,89%***
$\hat{Y}_{ano} = 22,3540$	- 0,00216224 X <sub>1</sub> ns	- 0,00014275 X <sub>2</sub> ns	- 0,0442845 X <sub>3</sub> **		41,73%**	55,18%**

\*, \*\*, \*\*\* Significativo ao nível de 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente.

ns Não significativo aos níveis pré-estabelecidos.

R<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> Coeficientes de determinação corrigidos e não corrigidos, respectivamente.



**CONCLUSÕES**

De acordo com a análise dos resultados, pode-se concluir que:

1) Para a região continental pode-se utilizar nos meses de setembro a abril e estimativa anual o modelo que encerra as variáveis altitude, latitude e longitude e nos meses de maio a agosto o que inclui as variáveis altitude e latitude.

2) Na região litorânea permite-se, nos locais desprovidos de estações, o uso das equações que encerram as variáveis latitude e distância da costa.

**LITERATURA CITADA**

1. ESTEFANEL, V.; BURIOL, G.A.; FERREIRA, M.; PIGNATARO, I.A.B. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anuais do Estado de Santa Catarina. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, 4(3):195-216. 1974.
2. ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M.; BURIOL, G.A.; PINTO, H.S. - Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, 3(1/4):1-20, 1973.
3. FEITOZA, L.R.; SCÁRDUA, J.A.; SEDIYAMA, G.C.; OLIVEIRA, L. M. de; VALLE, S.S. - Estimativas das temperaturas médias mensais e anual do Estado do Espírito Santo. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, 9(3):279-291, 1979.
4. PINTO, H.A. & ALFONSI, R.R. - Estimativa das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais no Estado do Paraná em função de altitude e latitude. São Paulo, Instituto Geográfico da U.S.P. 1972, 20p. (Ciências da Terra, Caderno 23).